

Universidade Federal do Rio de Janeiro

**DISTRIBUIÇÃO, ABUNDÂNCIA RELATIVA E  
ESTRUTURA POPULACIONAL DE *Isognomon bicolor* (ADAMS, 1845)  
NO LITORAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, BRASIL**



**André Breves Ramos**

**2004**

**DISTRIBUIÇÃO, ABUNDÂNCIA RELATIVA E  
ESTRUTURA POPULACIONAL DE *Isognomon bicolor* (ADAMS, 1845)  
NO LITORAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, BRASIL**

**André Breves Ramos**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Museu Nacional, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Zoologia)

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Andrea de O. R. Junqueira

**Rio de Janeiro**

**Março de 2004**

**DISTRIBUIÇÃO, ABUNDÂNCIA RELATIVA E  
ESTRUTURA POPULACIONAL DE *Isognomon bicolor* (ADAMS, 1845)  
NO LITORAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, BRASIL**

**Aluno: André Breves Ramos**

**Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Andrea de Oliveira Ribeiro Junqueira**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Museu Nacional, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Zoologia).

Aprovada por:

Prof. \_\_\_\_\_

(Presidente da Banca)

Prof. \_\_\_\_\_

Prof. \_\_\_\_\_

Prof. \_\_\_\_\_

Prof. \_\_\_\_\_

Rio de Janeiro

Março de 2004

## FICHA CATALOGRÁFICA

Breves, André Ramos

Distribuição, abundância relativa e estrutura populacional de *Isognomon bicolor* (ADAM, 1845) no litoral do estado do Rio de Janeiro, Brasil

André Breves Ramos. Rio de Janeiro: UFRJ, MN, 2004.

i-xiv, 1-110 “f.”.

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Andrea de Oliveira Ribeiro Junqueira

Dissertação (mestrado), UFRJ, Museu Nacional, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), 2004

Referências Bibliográficas: (Geral) 10-16, (Cap. 1) 67-72, (Cap. 2) 106-109 “f.”.

1. Abundância Relativa. 2. Estrutura Populacional. 3. *Isognomon bicolor*

I. Junqueira, Andrea de Oliveira Ribeiro.

II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional,  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia).

III. Mestrado

**A minha família que tanto amo e aos meus amigos (as),  
dedico minhas conquistas e alegrias!!!**

## AGRADECIMENTOS

- À minha orientadora Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Andrea de Oliveira Ribeiro Junqueira sou extremamente grato pela sua orientação, por seus ensinamentos, apoio, dedicação e amizade. Nunca esquecerei o incentivo que me deu para que eu fizesse o curso de mestrado no Museu Nacional. Certamente, até hoje, esta foi a melhor escolha profissional que fiz;
- Ao Prof. Dr. Sérgio Henrique Gonçalves da Silva e a Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Helena Passeri Lavrado pelas oportunidades oferecidas no Laboratório de Benthos (IB-UFRJ) e pela inestimável ajuda nos trabalhos de campo e laboratório;
- Ao Prof. Dr. Sérgio H. G. S., por inúmeras vezes ter permitido a minha hospedagem em sua casa em Angra dos Reis, indispensável a grande parte do meu trabalho de campo;
- À Venina pela hospedagem em sua casa em Arraial do Cabo, para o trabalho de campo no inverno e à minha querida amiga Luciana Grantom (Lú) pela hospedagem em sua casa também em Arraial, no verão;
- A todos que ajudaram nas prazerosas coletas de campo no Rio de Janeiro, em Angra dos Reis e em Arraial do Cabo, em especial ao Gustavo, à Guta, à Bárbara, ao Binho, à Luciana (Lú) e ao Felipe Skinner (obrigado pela foto também);
- À todos os queridos companheiros do Laboratório de Benthos da UFRJ pelo carinho, amizade e trocas de informações;
- À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Tereza M. Széchy (UFRJ), pela identificação das algas e discussões sobre este trabalho, sempre com bom humor e boa vontade;
- A Dr<sup>ª</sup>. Eliane Omena pela identificação dos poliquetos e pelo ajuda incondicional nas análises estatísticas e revisão do manuscrito;

- Aos doutorandos Paulo Marcio e Júlio, do Laboratório de Malacologia (MN-UFRJ), pela identificação dos moluscos;
- Ao mestrando Leandro Monteiro pela identificação da esponja-do-mar e pela amizade;
- Ao MSc. Luciano Rapagnã pela foto de *I. bicolor*, tantas vezes usada nos encontros científicos e pela bibliografia emprestada;
- A coordenação (Profª. Dra. Márcia), aos funcionários (Anete, Tadeu e “Bigode”) e ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Zoologia do Museu Nacional da UFRJ, por terem possibilitado a minha formação profissional;
- Aos professores que deram suas contribuições nos seminários de mestrado, em especial ao Abílio Gomes, a Norma Salgado, ao Guilherme Muricy e ao Renato Ventura;
- Aos integrantes dos Laboratórios de Carcinologia, Malacologia, Equinodermata, Porifera e Celenterados do Museu Nacional pela gostosa convivência;
- Aos colegas com quem dividi diversos momentos prazerosos no dia a dia, em especial ao Celso, Tiago e Patrícia, Flávia, Alexandre Pimenta, Ozório e André;
- A todos os alunos, professores e coordenadores do Programa de Educação de Adultos da FIOCRUZ, em especial à Beth, à Inês, à Márcia e à Edinéia, pelo incentivo e confiança no meu trabalho. Mais uma etapa começa agora!!!;
- Ao Dr. Marco Antônio Saldanha pelo apoio nos momentos difíceis da minha vida e especialmente e pela maravilhosa análise;
- À Fabiana A. Porto e sua família pelo incentivo ao longo da minha pesquisa;
- A PETROBRÁS, empresa de enorme importância e responsabilidade no Brasil, pelo financiamento desta pesquisa. Sou grato principalmente a MSc. Ana Paula da Costa Falcão pelo papel de Supervisora e ao Sr. Irapuã Quadros Oliveira pela agilidade nos processos.

## ÍNDICE

Resumo Geral.....	xi-xii
Abstract Geral.....	xiii-xiv
Introdução Geral.....	1-8
Objetivo Geral.....	9
Referências Bibliográficas.....	10-15

### **Capítulo 1: Distribuição e abundância relativa de *Isognomon bicolor* (Adams, 1845) em costões rochosos do litoral do estado do Rio de Janeiro, Brasil**

Resumo.....	17
Abstract.....	18
Introdução.....	19-21
Objetivos.....	22
Hipótese.....	22
Área de estudo.....	23-27
Material e Métodos.....	28-30
Resultados.....	30-59
1. Distribuição geográfica de <i>I. bicolor</i> .....	30-31
2. Composição das Comunidades nas Três Áreas.....	31-39
3. Abundância Relativa dos Principais Táxons nas Três Áreas.....	39-46
a) Variação Temporal.....	39-41
b) Variação Espacial.....	42-46
4. Variação Temporal da Distribuição Vertical dos Táxons.....	46-52

5. Estrutura das Comunidades nas Três Áreas.....	53-59
5.1 – Diversidade.....	53
5.2 – Similaridade.....	54-55
5.3 – Ordenação.....	55-59
Discussão.....	59-66
Referências Bibliográficas.....	67-72
Anexos.....	73-77

**Capítulo 2: Variação temporal da estrutura populacional de *Isognomon bicolor* (Adams, 1845) em três áreas do litoral do estado do Rio de Janeiro, Brasil**

Resumo.....	79
Abstract.....	80
Introdução.....	81-83
Objetivos.....	83
Hipótese.....	83
Área de estudo.....	84-88
Material e Métodos.....	89-91
Resultados.....	92-100
1. Densidade Média de <i>Isognomon bicolor</i> .....	92-93
2. Mortalidade dos indivíduos de <i>I. bicolor</i> .....	93
3. Estrutura de Tamanho de <i>I. bicolor</i> .....	94-100
Discussão.....	101-105
Referências Bibliográficas.....	105-109
Conclusões Finais.....	110

## RESUMO GERAL

### Distribuição, Abundância Relativa e Estrutura Populacional de *Isognomon bicolor* (Adams, 1845) no litoral do estado do Rio de Janeiro, Brasil

André Breves Ramos

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Andrea de Oliveira Ribeiro Junqueira:

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) do Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas

O bivalve invasor *Isognomon bicolor* vem ocupando uma ampla faixa em costões rochosos do litoral do estado do Rio de Janeiro e tem aparentemente causado alterações nas comunidades nativas. Este trabalho tem como objetivos determinar a distribuição geográfica de *I. bicolor* no litoral do estado do Rio de Janeiro, comparar a sua estrutura populacional entre três áreas e relacionar a sua abundância relativa à estrutura das comunidades em cada área. Também foi investigada a variação temporal da abundância relativa, da distribuição vertical e da estrutura populacional de *I. bicolor*. As coletas foram realizadas no inverno de 2002 e no verão de 2003 na Ilha do Brandão (Angra dos Reis), na Ponta da Fortaleza (Arraial do Cabo) e na Praia Vermelha (Rio de Janeiro). Nesta última, também foi realizada uma coleta no inverno de 2003. De norte ao sul do estado do Rio de Janeiro *I. bicolor* foi observado, ocorrendo em fendas e agregados em coespecíficos, no médiolitoral. Dentre as áreas estudadas, a menor cobertura de *I. bicolor* foi registrada na Ilha do Brandão, nas duas estações do ano, o que pode estar relacionado à maior diversidade biológica encontrada. Outros fatores como a menor disponibilidade de alimento e a competição podem estar envolvidos. A maior cobertura de *I. bicolor* e a menor diversidade na Praia Vermelha podem estar relacionadas à eutrofização desta área. Nas três áreas estudadas, a densidade média de indivíduos de *I. bicolor* foi extremamente alta, tendo atingido cerca de 800 indivíduos por 100 cm<sup>2</sup>. Na Praia Vermelha e na Ponta da Fortaleza, o número de indivíduos vivos foi muito maior do que o número de mortos, mas na Ilha do Brandão o

número de mortos foi extremamente alto. Isto pode estar relacionado à presença e dominância nesta área de *Petaloconchus* sp., outro possível molusco bioinvasor, que forma um recife e cria um ambiente inóspito à presença dos indivíduos de *I. bicolor* que ocorrem entre e/ou sobre eles. Os indivíduos coletados na Praia Vermelha são os que possuem o maior tamanho máximo e médio, sendo os indivíduos da Ilha do Brandão, os que possuem o menor tamanho máximo e médio. Nestas duas áreas, foram encontrados menos recrutas em comparação com a Ilha do Brandão, onde a moda ficou nas classes de tamanho menores. A hipótese mais provável para explicar o maior número de recrutas na Ilha do Brandão é que *Petaloconchus* sp fornece um substrato que favorece o assentamento de larvas e a fixação dos indivíduos impede que estes se desprendam. Entretanto, *Petaloconchus* sp. parece funcionar como uma armadilha, porque apesar de mais indivíduos de *I. bicolor* recrutarem, poucos conseguem crescer e se desenvolver.

Palavras-Chave: *Isognomon bicolor*, espécie invasora, molusco bivalve, estrutura populacional, costão rochoso

Rio de Janeiro

Março de 2004

## GENERAL ABSTRACT

### Distribution, Relative Abundance and Population Structure of *Isognomon bicolor* (Adams, 1845) on the coast of Rio de Janeiro, Brazil

André Breves Ramos

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Andrea de Oliveira Ribeiro Junqueira:

Abstract Geral da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) do Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas

The exotic bivalve *Isognomon bicolor* is found in large densities on the rocky shores of the Rio de Janeiro state and is apparently altering the native community. The aim of this study was to establish the geographic distribution of *I. bicolor* on the coast of Rio de Janeiro state, to compare population structure among three different areas and to verify the relationship of its relative abundance with the community structure in each area. The temporal variation of relative abundance, vertical distribution and population structure of *I. bicolor* were also investigated. Samples were taken in winter (2002) and summer (2002-03) at Ilha do Brandão (Angra dos Reis), Ponta da Fortaleza (Arraial do Cabo) and Praia Vermelha (Rio de Janeiro). In Praia Vermelha, samples were also taken in the following winter (2003). From north to south in Rio de Janeiro state, *I. bicolor* was found in the intertidal zone, inhabiting cracks and in aggregation with conspecifics. Among the study areas, a lower coverage of *I. bicolor* was found in Ilha do Brandão which can be related to the high diversity of this area. Other factors such as food supply and competition can also explain the lower coverage of *I. bicolor*. A higher coverage of *I. bicolor* and a lower diversity in Praia Vermelha can be due to the eutrophication of this area. All the sampled areas presented a high density of *I. bicolor*, reaching 800 individuals per 100 cm<sup>2</sup>. The number of live individuals was similar to the number of dead individuals at Praia Vermelha and Ponta da Fortaleza, but in Ilha do Brandão the number of dead individuals was

extremely high. This can be related to the presence and dominance of *Petaloconchus* sp. in this area. This is probably another exotic mollusk, that builds a reef structure and creates a inhospitable habitat to *I. bicolor* that live inside or within it. The individuals sampled at Praia Vermelha presented the highest maximum and medium sizes, whereas the individuals collected at Ilha do Brandão presented the lowest maximum and medium size. There was a lower number of recruits of *I. bicolor* in these areas than in Ilha do Brandão, where a mode was found in the lower size classes. The most reasonable hypothesis to explain the highest number of recruits in Ilha do Brandão is that *Petaloconchus* sp. provides a substrate that enhances settlement of larvae and the attachment of individuals. Although *Petaloconchus* sp. acts as a trap. It enhances recruitment of more individuals but only a few can grow and develop within it.

## INTRODUÇÃO GERAL

Ao longo de toda a história da humanidade, os oceanos tiveram grande importância como rota de transporte para o comércio entre os povos e para grandes conquistas, além de servirem como uma importante fonte de recursos naturais.

Atualmente, com a globalização e o aumento do comércio exterior entre os países, tem-se intensificado o transporte e as atividades marítimas em todo o mundo e, dessa forma, reduzido ou eliminado as barreiras criadas pela história geológica e biológica da Terra (Silva *et al.*, 2002). Os oceanos abrigam milhares de organismos, que podem ser transportados involuntariamente de um local a outro, incrustados no casco dos navios e através da água contida em tanques de lastro no seu interior (Carlton & Geller, 1993; Pierce *et al.*, 1997). Em todo o mundo, a aquicultura também tem permitido a introdução de diversos organismos, principalmente devido às fazendas marinhas de moluscos (Naylor *et al.*, 2001). Não menos importantes são as plataformas de petróleo, que têm comprovadamente servido como via de introdução de espécies em novos ambientes, inclusive no Brasil (Paula, 2001).

As introduções biológicas mediadas pelos homens são conhecidas ou pelo menos supostas há bastante tempo, mas a taxa de dispersão dos organismos tem sido dramaticamente aumentada (Occhipinti-Ambrogi & Savini, 2003). Apesar da importância dos diferentes mecanismos de dispersão variarem espacial e temporalmente, o movimento global da água de lastro de navios, parece ser, atualmente, o principal vetor de transferência de espécies (Ruiz *et al.*, 1997). Estima-se hoje que, anualmente, cerca de 10 bilhões de toneladas de água de lastro são transportadas entre as regiões do globo, sendo que diariamente milhares de espécies podem ser transportadas (Carlton & Geller, 1993). Com isso, a biota marinha do planeta está sendo rapidamente homogeneizada, aumentando

a distribuição de espécies fora de sua extensão natural (Lodge, 1993; Silva *et al.*, 2002). Uma visão mais ampla deste assunto (Lodge, 1993), sugere que, as constantes mudanças na distribuição das espécies são uma importante força de estruturação de comunidades naturais. Inclusive, em escalas menores (de décadas a anos), os limites de distribuição de várias espécies podem se modificar como resultado de alterações climáticas e interações biológicas. Desta forma, as invasões biológicas podem ser consideradas comuns na natureza, e não devem ser vistas em geral, como eventos anormais (Lodge, 1993).

Vários estudos (Chapman & Carlton, 1991; Berman & Carlton, 1991; Carlton & Geller, 1993; Tavares & Mendonça, 1996; Pierce *et al.*, 1997; Reise *et al.*, 1999; Paula, 2001) demonstraram que organismos dos mais variados grupos taxonômicos (como exemplos: protistas, dinoflagelados, poliquetas, crustáceos, cnidários, moluscos gastrópodes e bivalves, peixes, etc), têm sido introduzidos em ambientes onde antes não existiam. Alguns autores incluem os moluscos entre os grupos mais transportados intencional ou não intencionalmente (Carlton & Geller, 1993; Naylor *et al.*, 2001), sendo estes excelentes exemplos para se examinar as mudanças em ecossistemas marinhos, principalmente, pela combinação de um longo registro fóssil, arqueológico e histórico (Carlton, 1999) e o seu potencial para afetar dramaticamente as comunidades nativas (Crooks, 1998).

Algumas espécies não indígenas (NIS), também conhecidas como espécies não nativas, introduzidas, exóticas ou alienígenas, além de chegarem nos novos ambientes, se reproduzem rapidamente e causam alterações ecológicas, como por exemplo o domínio do espaço e monopólio dos recursos de energia, além da transmissão de parasitas e doenças aos seres humanos, através da cadeia alimentar ou por exposição direta. A estas espécies, pode ser atribuído o conceito de invasoras ou nocivas.

As espécies invasoras podem ser consideradas como uma ameaça à biodiversidade, visto que o seu crescimento acentuado pode causar o desaparecimento de espécies nativas. No novo ambiente, geralmente estão livres de inimigos naturais (parasitas, predadores especializados, etc) que poderiam normalmente controlar a sua abundância. O resultado é uma densidade populacional extremamente alta destas espécies.

Todas as espécies introduzidas têm sido constantemente tratadas como anormalidades ecológicas e como nocivas aos ambientes aquáticos (Lafferty, 1996; Crooks, 1998; Grosholz *et al.*, 2000; Occhipinti-Ambrogi & Savini, 2003). Estas caracterizações são compreendidas, visto a rápida dispersão e o intenso impacto de algumas espécies introduzidas, como por exemplo, *Dreissena polymorpha* Pallas, 1771 e *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857). Na região dos Grandes Lagos dos EUA e em lagunas no Sul do Brasil, respectivamente, o mexilhão zebra (*D. polymorpha*) e o mexilhão dourado (*L. fortunei*), vêm causando prejuízos econômicos na ordem de centenas de milhões de dólares e danos ecológicos surpreendentes, como o declínio na densidade de outros moluscos e o deslocamento e a asfixia de bivalves nativos (Griffiths *et al.*, 1991; Mansur *et al.*, 2003).

O progresso nos estudos ecológicos sobre as invasões pode ser essencial para a compreensão dos fatores determinantes da dinâmica das comunidades (Lodge, 1993), e tem grande importância, pois as invasões biológicas têm sido consideradas como um dos principais fatores responsáveis por alterações ecológicas operando em escala global (Ruiz & Hewitt, 2002). Geralmente, toda espécie exótica estabelecida produz algum impacto sobre a comunidade nativa. Quando organismos introduzidos não causam problemas ecológicos óbvios, eles pelos menos confundem os estudos biogeográficos e evolutivos (Pierce *et al.*, 1997). Além disso, as estimativas do potencial de impacto podem aumentar, com mais investimentos nas pesquisas sobre estas espécies. A predação e as mudanças em

um habitat são os mais freqüentes mecanismos de impacto citados para as espécies invasoras (Crooks, 1998; Grosholz *et al.*, 2000), sendo a predação, a mais importante causa de extinção de espécies nativas (Lodge, 1993). A dificuldade de documentar a competição e outras interações entre os organismos, pode subestimar os efeitos destas espécies.

Uma maior importância tem sido dada à vulnerabilidade das comunidades às espécies invasoras (Lodge, 1993; Levine, 2000; Ruiz & Hewitt, 2002; Occhipinti-Ambrogi & Savini, 2003). Alguns estudos descritivos e não experimentais têm considerado que os ecossistemas submetidos a estresse freqüente ou distúrbios naturais e/ou antropogênicos são mais susceptíveis às invasões biológicas. No entanto, poucas pesquisas têm obtido dados empíricos sobre a capacidade de uma comunidade mais saudável e com maior diversidade de espécies representar um impedimento natural à bioinvasão (Stachowicz, *et al.*, 1999; Levine, 2000; Hector *et al.*, 2001). Deve-se ter cautela em interpretar o risco de invasão em função de características dos ambientes, pois embora possa haver algum suporte empírico para a relação existente entre os distúrbios e as invasões, outros fatores envolvidos impossibilitam o estabelecimento de uma relação de causa e efeito (Levine, 2000; Ruiz & Hewitt, 2002). As introduções podem ocorrer em habitats poluídos ou perturbados, talvez pelo fato destes serem maiores centros de atividades humanas e mais propágulos/larvas serem liberados(as) nestes ambientes (Ruiz *et al.*, 1997). Além disso, as bioinvasões também ocorrem em ambientes preservados (Carlton, 1987; 1989).

Os ecologistas até então não têm conseguido prever os resultados de uma invasão ou de um evento de introdução. Entretanto, acredita-se que uma espécie invasora é mais propícia a obter sucesso em uma comunidade com baixa diversidade do que em uma comunidade rica em espécies (Stachowicz, *et al.*, 1999; Ruiz & Hewitt, 2002). A diversidade tende a aumentar a resistência das comunidades em escalas mais próximas e

locais, entretanto em escalas maiores, as áreas mais diversas também tendem a ter uma maior incidência de organismos invasores (Levine, 2000; Shea & Chesson, 2002).

Várias espécies cosmopolitas e de origem incerta, que não podem ser seguramente lançadas na categoria de introduzidas, são chamadas de espécies criptogênicas. Este termo, cunhado por Carlton em 1982, enquadra as espécies que não são comprovadamente nativas ou introduzidas (Carlton, 1996). Diversos critérios biogeográficos, históricos, ecológicos, biológicos, evolutivos e genéticos para objetivamente determinar se uma espécie é nativa ou introduzida ou se deve permanecer na categoria de criptogênica (Cranfield *et al.*, 1998). Portanto, não considerar as espécies criptogênicas pode subestimar o número de invasões (Carlton, 1996).

Trabalhos realizados em alguns costões rochosos do estado do Rio de Janeiro e circunvizinhanças (Ihering, 1897; Oliveira, 1947; Fernandes, 1981; Lavrado, 1992; Migoto *et al.*, 1993), jamais registraram a presença de nenhum bivalve da família Isognomonidae. Já na metade da década de 90 (Junqueira, comunicação pessoal), foram feitas observações de densas populações de bivalves do gênero *Isognomon* ocupando uma ampla faixa da zona entre-marés de costões rochosos, onde eram tradicionalmente encontrados os bivalves *Perna perna* (Linnaeus, 1758), *Brachidontes solisianus* (Orbigny, 1846) e *Crassostrea rizophorae* (Guilding, 1828), e o cirripédio *Tetraclita stalactifera* (Lamarck, 1818).

Desde a década de 70, alguns autores registraram o encontro de *Isognomon alatus* Gmelin, 1791 para o Brasil, inicialmente restringindo-se ao Atol das Rocas (Matthews & Kempf, 1970; Rios, 1970, 1975, 1985; Abbott, 1974) e posteriormente ampliando sua distribuição do sudeste ao sul (Tarasconi, 1989; Rios, 1994). Entretanto, o material testemunho referente ao registro de Rios (1994) para o litoral de São Paulo a Santa Catarina, bem como o material coletado por Matthews & Kempf (1970) no Atol das Rocas não foram localizados por Domaneschi & Martins (2002) em extensa revisão sobre a

ocorrência da espécie no Brasil. Apenas o material coletado por Tarasconi (1989) em Santa Catarina foi examinado, constatando-se ser *Isognomon bicolor* e não *I. alatus*, como publicado pelo autor. Após a utilização de extensa literatura específica, do exame das coleções de museus e do estudo da anatomia descritiva e funcional dos indivíduos do gênero *Isognomon* coletados em costões rochosos de diversas localidades brasileiras, Domaneschi & Martins (2002), comprovaram a nova ocorrência de *I. bicolor* para o Brasil e afirmaram que a família Isognomonidae é representada, no litoral brasileiro, apenas por *I. bicolor*. Segundo estes mesmos autores, *I. bicolor* teria sido sistematicamente confundido com *I. alatus*.

Apesar das antecedentes confusões taxonômicas e dificuldades em identificar a espécie de *Isognomon* que ocorre no Brasil, a utilização de ampla bibliografia e a análise cuidadosa dos exemplares do Museu Nacional da UFRJ e dos indivíduos que ocorrem no litoral do Estado do Rio de Janeiro, indicam que a espécie tratada no presente estudo é *I. bicolor*. Inclusive, alguns trabalhos (Siung, 1980; Domaneschi & Martins, 2002) demonstram que os maiores indivíduos de *I. alatus* atingem um comprimento de até 90 mm, bem superior aos maiores indivíduos de *I. bicolor* observados na costa brasileira (Domaneschi & Martins, 2002; Rocha, 2002). Além disso, *I. alatus* ocorre principalmente nas raízes submersas de *Rhizophora mangle* (Thomas & Dangeubun, 1994), enquanto *I. bicolor* tem sido observado principalmente na zona entre-marés de substratos consolidados (Domaneschi & Martins, 2002; Rocha, 2002; Rapagnã, 2004).

Para a taxonomia das espécies, a morfologia é um dos conjuntos de características das espécies mais empregados até hoje e, portanto, a variação dos caracteres morfológicos de *I. bicolor*, como a sua concha bastante irregular, certamente constitui um problema para a sua taxonomia (Domaneschi & Martins, 2002). Além disso, a densidade de indivíduos e as características físico-químicas de cada local, dentre outros fatores ambientais, podem

influenciar diferenças entre populações de *I. bicolor* (Rapagnã, 2004). Estes fatos certamente contribuem para dificultar a distinção entre *I. bicolor* e *I. alatus*.

A ocorrência de *I. bicolor* no litoral brasileiro pode ser resultado de uma introdução involuntária via plataformas de petróleo (veja Anderson, 2002), cascos de embarcações e/ou água de lastro, tendo em vista o grande número de navios que freqüentemente aportam na costa, ou, menos provavelmente, do aumento da distribuição espacial desta espécie, em consequência de modificações climáticas globais. Rocha (2002), também sugere que em Arraial do Cabo, esta espécie tenha sido introduzida involuntariamente por uma destas vias citadas acima, pois nesta região há um tráfego razoável de navios estrangeiros e freqüentemente plataformas são trazidas para reparos.

Como já observado em estudos recentes (Rocha, 2002; Ferreira-Silva, 2004; Rapagnã, 2004), *I. bicolor* ocorre tardiamente no processo de sucessão em costões naturais, tendo efetivamente aparecido nas comunidades investigadas mais de um ano após o início dos experimentos. O aparecimento tardio também é esperado para outros bivalves marinhos, que normalmente necessitam de condições que facilitem sua entrada no costão (Dayton, 1975 *apud* Rocha, 2002). Além disso, os organismos que conseguem estabelecer-se, podem servir de substrato para o recrutamento de coespecíficos. Estes fatos sugerem que, por isso houve uma demora na detecção de *I. bicolor* nos costões em que foi introduzido, e que após a colonização dos primeiros indivíduos a sua densidade aumentou rapidamente.

Atualmente, *I. bicolor* se distribui no Atlântico Oeste, desde a Flórida até Santa Catarina, no Brasil (Domaneschi & Martins, 2002). A localidade tipo de *I. bicolor* é a Jamaica (Adams, 1845), no Mar do Caribe, para a qual existe ampla bibliografia que descreve a presença desta espécie (Abbott, 1974; Alvarez F., M. A., 1998; Moreno-Forero, 1998), dentre outras do gênero *Isognomon*. Sobre a presença de *I. bicolor* no Oceano

Pacífico, Keen (1958) fez referência ao mesmo, fixado em rochas e a outros objetos, na costa norte da Baixa Califórnia ao Chile, assumindo que não havia diferenças distinguíveis entre o material do Atlântico e do Pacífico. Posteriormente, esta mesma autora (Keen, 1971), considerou que havia diferenças entre o *Isognomon* do oeste do Oceano Pacífico e o material coletado no norte do Oceano Atlântico. Entretanto, mais recentemente, Coan *et al.* (2000), não cita a presença de *I. bicolor* nas localidades da costa oeste da América do Norte, apesar das espécies do mesmo gênero descritas por este autor, serem morfologicamente semelhantes à *I. bicolor*. Em 2002, Mike Cefola, um coletor de moluscos, também descreveu a presença de *I. bicolor* em Singapura, na Ásia (não publicado).

As várias evidências citadas indicam que *I. bicolor* é uma espécie introduzida em águas brasileiras e é invasora, pois tem aparentemente causado alterações na estrutura das comunidades nativas de costões rochosos do litoral do estado do Rio de Janeiro. O objetivo deste trabalho é determinar a distribuição geográfica de *I. bicolor* no litoral do estado do Rio de Janeiro, além de em três áreas ecologicamente distintas e geograficamente distantes, determinar a sua estrutura populacional e relacionar a sua distribuição vertical e abundância relativa com a estrutura das comunidades de cada área.

## OBJETIVOS GERAIS

- 1) Determinar a distribuição geográfica de *Isognomon bicolor* no litoral do estado do Rio de Janeiro;
- 2) Descrever a distribuição vertical de *I. bicolor* e dos demais táxons presentes na zona do médiolitoral dos costões rochosos, em três áreas distintas no litoral do estado do Rio de Janeiro;
- 3) Comparar a abundância relativa de *I. bicolor* entre as três áreas e relaciona-las com a estrutura das comunidades;
- 4) Comparar a estrutura populacional de *I. bicolor* entre estas três áreas no litoral do estado do Rio de Janeiro;
- 5) Determinar a variação temporal da distribuição vertical, da abundância relativa e da estrutura populacional de *I. bicolor* nestas três áreas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, R. T. 1974. American Seashells. 2 ed. Van Nostrand Reinhold. 663p.
- ADAMS, C. B. 1845. Specierum Novarum Conchyliorum in Jamaica Repertorium, synopsis. Proceedings of the Boston Society of Natural History. Taken from the Society's Records. 17 pp.
- ALVAREZ F., M. A. 1998. Shallow water molluscs (Gastropoda y Pelecypoda) from Cayos Cochinos Biological Reserve, Honduras. Moluscos (Gastropoda y Pelecypoda) de aguas someras, Reserva Biológica de Cayos Cochinos, Honduras. Revista de Biología Tropical. 46: 103-107
- ANDERSON, L. 2002. Evaluation of Oil and Gas Plataforms on the Louisiana Continental Shelf for Organisms with Biotechnology Potential. Coastal Marine Institute.. Louisiana State University. <http://cmi.lsu.edu/reports/Q302/17809.pdf>
- BERMAN, J. & CARLTON, J. T. 1991. Marine invasion processes – Interations between native and introduced marsh snails. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 150 (2): 267-281
- CARLTON, J. T. 1987. Patterns of transoceanic marine biological invasions in the Pacific Ocean. Bulletin of Marine Science. 41: 452-465
- CARLTON, J. T. 1989. Man's role in changing the face of the ocean: biological invasions and implications for conservation of nearshore environments. Con. Biol. 3: 265-273
- CARLTON, J. T. 1996. Biological Invasions and Cryptogenic Species. Ecology. vol 77 (6), 1653-1655
- CARLTON, J. T. 1999. Molluscan invasions in marine and estuarine communities. Malacologia. 41 (2): 439-454

- CARLTON, J. T. & GELLER, J. B. 1993. Ecological roulette – The global transport of nonindigenous marine organisms. 261 (5117): 78-82
- CHAPMAN, J. W. & CARLTON, J. T. 1991. A test of criteria for introduced species – The global invasion by the isopod *Synidotea laevidorsalis* (Miers, 1881). Journal of Crustacean Biology. 11 (3): 386-400
- COAN, E. V., SCOTT, P. V. & BERNARD, F. R. 2000. Bivalve Seashells of Western North America. Marine Bivalve Mollusks from Arctic Alaska to Baja California. Santa Barbara Museum of Natural History. 764 pp.
- CRANFIELD, H. J., GORDON, D. P., WILLAN, R. C., MARSHALL, B. A., BATTERSHILL, C. N., FRANCIS, M. P., NELSON, W. A., GLASBY, C. J., READ, G. B. 1998. Adventive marine species in New Zealand. NIWA Technical Report 34. 48 p.
- CROOKS, J. A. 1998. Habitat alteration and community-level effects of an exotic mussel, *Musculista senhousia*. Marine Ecology Progress Series. Vol. 162: 137-152
- DOMANESCHI, O. & MARTINS, C. M. 2002. *Isognomon bicolor* (C. B. Adams) (Bivalvia, Isognomonidae): primeiro registro para o Brasil, redescritção da espécie e considerações sobre a ocorrência e distribuição de *Isognomon* na costa brasileira. Revta. Bras. Zool. 19(2): 601-610
- FERNANDES, F. C. 1981. Aspectos Biológicos e Ecológicos do Mexilhão *Perna perna* (Linné, 1758) da Região de Cabo Frio – Brasil. Tese apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, USP. 91pp.
- FERREIRA-SILVA, M. A. G. 2004. Sucessão ecológica na faixa de *Isognomon bicolor* (Adams, 1845) (Mollusca: Bivalvia) em regiões com diferentes graus de eutrofização no litoral do estado do Rio de Janeiro. Monografia de Bacharelado em Biologia Marinha. Instituto de Biologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 60 pp.

- GRIFFITHS, R. W., SCHLOESSER, D. W., LEACH, J. H. & KOVALAK, W. P. 1991. Distribution and dispersion of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in the Great Lakes region. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 1381-1388
- GROSHOLZ, E. D., RUIZ, G. M., DEAN, C. A., SHIRLEY, K. A., MARON, J. L. & CONNORS, P. G. 2000. The impacts of a nonindigenous marine predator in a California Bay. *Ecology*. 81 (5): 1206-1224
- HECTOR, A., DOBSON, K., MINNS, A., BAZELEY-WHITE, E. & LAWTON, J. H. 2001. Community diversity and invasion resistance: An experimental test in a grassland ecosystem and a review of comparable studies. *Ecological Research*. 16: 819-831
- IHERING, H. 1897. A ilha de São Sebastião. *Revta. Mus. Paulista*, 2: 129-171
- KEEN, M. A. 1958. *Sea Shells of Tropical West America: Marine Mollusks from Lower California to Colombia*. 1ª Edição
- KEEN, M. A. 1971. *Sea Shells of Tropical West America: Marine Mollusks from Lower California to Colombia*. 2ª Edição
- LAFFERTY, K. D. & KURIS, A. M. 1996. Biological Control of Marine Pests. *Ecology*. vol 77 (7), 1989-2000
- LAVRADO, H. P. 1992. Seleção de presas pelo gastrópodo *Thais haemastoma* (L.) na região de Arraial do Cabo, RJ. Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Campinas. pp.
- LEVINE, J. M. 2000. Species diversity and Biological Invasions: Relating Local Process to Community Pattern. *Science*. vol. 288: 852-854
- LODGE, D. M. 1993. Biological Invasions: Lessons for Ecology. *Tree*. vol 8 (4) 133-137
- MANSUR, M. C. D., SANTOS, C. P., DARRIGRAN, G., HEYDRICH I., CALLIL C. T. & CARDOSO F. R. 2003. Primeiros dados quali-quantitativos do mexilhão-

- dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker), no Delta do Jacuí, no Lago Guaíba e na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. *Revista Brasileira de Zoologia*. vol 20 (1), 75-84
- MATTHEWS, H. R. & KEMPF, M. 1970. Moluscos marinhos do norte e nordeste do Brasil. II – Moluscos do Arquipélago de Fernando de Noronha (com algumas referências ao Atol das rocas). *Arq. Ciênc. Mar.* 10 (1): 1-53
- MIGOTO, A. E., TIAGO, C. G. & MAGALHÃES, A. R. M. 1993. Malacofauna marinha da região costeira do Canal de São Sebastião, SP, Brasil: Gastropoda, Bivalvia, Polyplacophora e Scaphopoda. *Bol. Inst. Oceanográfico, São Paulo*, 41 (1/2): 13-27
- MORENO-FORERO, S. K., NAVAS, G. R. & SOLANO, D. O. 1998. Cryptobiota associated to dead *Acropora palmata* (Scleractinia: Acroporidae) coral, Islã Grande, Colombian Caribbean. *Invemar*. 58-66
- NAYLOR, R. L., WILLIAMS, S. L. & STRONG, D. R. 2001. Aquaculture – A Gateway for Exotic Species. *Science*. vol 294. 1655-1656
- OCCHIPINTI-AMBROGI, A. & SAVINI, D. 2003. Biological invasions as a component of global change stressed marine ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*. vol 46, 542-551
- OLIVEIRA, L. P. H. 1947. Distribuição geográfica da fauna e flora da Baía de Guanabara. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. vol 45, 709-735
- PAULA, A. F. 2001. Abundância e distribuição espacial do coral invasor *Tubastrea* na Baía da Ilha Grande, RJ e o registro de *T. tagusensis* e *T. coccinea* para o Brasil. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia. Área de Concentração em Ecologia, UERJ. 87 pp.

- PIERCE, R. W., CARLTON, J. T., CARLTON, D. A. & GELLER, J. B. 1997. Ballast water as a vector for tintinnid transport. *Marine Ecology Progress Series*. 149 (1-3): 295-297
- RAPAGNÃ, L. C. 2004. Estudo da estrutura das Populações dos Bivalves *Isognomon bicolor* (C. B. Adams, 1845), *Perna perna* (Linnaeus, 1758) e *Pinctada imbricata* (Röding, 1798) nos Costões Rochosos de Arraial do Cabo, RJ, Brasil. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Marinha da Universidade Federal Fluminense, RJ. 81 pp.
- REISE, K., GOLLASCH, S. & WOLFF, W. J. 1999. Introduced marine species of North Sea coasts. *Helgoländer Meeresunters*. 52, 219-234
- RIOS, E. C. 1970. Coastal Brazilian seashells. Rio Grande, Fundação Cidade do Rio Grande, Museu Oceanográfico de Rio Grande, 255 p.
- \_\_\_\_\_ 1975. Brazilian marine mollusks iconography. Rio Grande, Fundação Universidade de Rio Grande, 255 p.
- \_\_\_\_\_ 1985. Seashells of Brazil. Rio Grande, Fundação Universidade de Rio Grande, 328 p.
- \_\_\_\_\_ 1994. Seashells of Brazil. 2. ed. Rio Grande, Fundação Universidade de Rio Grande, 368 p.
- ROCHA, F. M. 2002. Recrutamento e sucessão de uma comunidade bentônica de mesolitoral dominada pela espécie invasora *Isognomon bicolor* (Bivalvia: Isognomonidae) C. B. Adams, 1748 em dois costões rochosos submetidos a diferentes condições de batimento de ondas. Dissertação de Mestrado em Ecologia. Instituto de Biologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 87 pp.

- RUIZ, G. M., CARLTON, J. T., GROSHOLZ, E. D. & HINES, A. H. 1997. Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: Mechanisms, extent, and consequences. *American Zoologist*. 37 (60): 621-632
- RUIZ, G. M. & HEWITT, C. L. 2002. Toward understanding patterns of coastal marine invasions: a prospectus. *Invasive Aquatic Species of Europe*. 529-547
- SEA, K. & CHESSON, P. 2002. Community ecology theory as a framework for biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution*. vol. 17 (4): 170-176
- SILVA, J. S. V., FERNANDES, F. C., LARSEN, K. T. S. & SOUZA, R. C. C. L. 2002. Água de Lastro: Ameaça aos Ecossistemas. *Ciência Hoje*. vol 32 (182), 39-43
- SIUNG, A. M. 1980. Studies on the biology of *Isognomon alatus* Gmelin (Bivalvia: Isognomonidae) with notes on its potencial as a commercial species. *Bulletin of Marine Science*. 30 (1): 90-101
- STACHOWICZ, J. J., WHITLATCH, R. B. & OSMAN, R. W. 1999. Species Diversity and Invasion Resistance in a Marine Ecosystem. *Science*. 286: 1577-1579
- TARASCONI, J. C. 1989. Novos registros de moluscos marinhos para o litoral de Santa Catarina. *Inf. Soc. Brasil. Malacol*. 96: 12-16
- TAVARES M. & MENDONÇA Jr, J. B. 1996. *Charybdis hellerii* (A. Milne Edwards, 1867) (Brachyura: Portunidae), eighth nonindigenous marina decapod recorder from Brazil. *Crustacean Research*, 25: 151-157
- THOMAS, M. L. H. & DANGEUBUN, J. C. 1994. The Breeding and Secondary Production of the Flat-Tree-Oyster *Isognomon alatus* (Gmelin, 1791) in Trotts-Pond, Bermuda. *Journal of Shellfish Research*. vol 13 (2), 507-511

## **CAPÍTULO 1**

### **DISTRIBUIÇÃO E ABUNDÂNCIA RELATIVA DE *Isognomon bicolor* (ADAMS, 1845) EM COSTÕES ROCHOSOS DO LITORAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, BRASIL**

Breves, A. R.\* & Junqueira, A. O. R.\*

\* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Marinha, CCS, Bloco A, Laboratório de Bentos, Sala 089, Rua Brigadeiro Trompowiski, CEP 21941-590, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Palavras-Chaves: distribuição geográfica, abundância relativa, distribuição vertical, *Isognomon bicolor*, médiolitoral, costão rochoso e estrutura da comunidade.

## RESUMO

O bivalve invasor *Isognomon bicolor* vem ocupando uma ampla faixa dos costões rochosos do litoral do estado do Rio de Janeiro. Este trabalho tem como objetivos determinar a distribuição geográfica de *I. bicolor* no estado e comparar a sua distribuição vertical e abundância em relação aos demais táxons presentes, entre três áreas distintas. Além disso, pretende-se relacionar a abundância de *I. bicolor* com a estrutura das comunidades destas áreas, sendo também investigada a variação temporal da abundância e da distribuição vertical. As coletas foram realizadas no inverno de 2002 e verão de 2003 na Ilha do Brandão (Angra dos Reis), na Ponta da Fortaleza (Arraial do Cabo) e na Praia Vermelha (Rio de Janeiro). Nesta última, também foi realizada uma coleta no inverno de 2003. A abundância relativa de *I. bicolor* e dos demais táxons do médiolitoral foi obtida com a determinação da porcentagem de cobertura dos organismos através do método de interseção. De norte ao sul do estado do Rio de Janeiro, foram observados indivíduos de *I. bicolor*, ocorrendo em fendas e agregados em coespecíficos, no médiolitoral. Foram observadas diferenças no número total de táxons entre as áreas: a Praia Vermelha apresentou 25 táxons, a Ponta da Fortaleza 31 e a Ilha do Brandão 40. A estrutura da comunidade da Ilha do Brandão foi significativamente diferente da Praia Vermelha e da Ponta da Fortaleza. Na Praia Vermelha e na Ponta da Fortaleza, exatamente na porção dos costões onde *I. bicolor* ocorre em maior abundância, *Tetraclita stalactifera*, *Perna perna* e *Brachidontes solisianus* são menos abundantes. Houve diferença significativa na cobertura de *I. bicolor* entre as áreas, sendo no inverno, maior na Praia Vermelha, e no verão, menor na Ilha do Brandão. O menor número de táxons e a maior cobertura de *I. bicolor* na Praia Vermelha podem estar relacionados à eutrofização desta área. Na Ilha do Brandão, a menor cobertura de *I. bicolor* nas duas estações do ano pode estar relacionada à maior diversidade biológica. Entretanto, a menor disponibilidade de alimento nesta área oligotrófica e a competição com *Petalonchus* sp, dominante na porção média do médiolitoral, também podem estar envolvidos. Embora na Praia Vermelha tenha sido registrada uma variação na abundância de *I. bicolor* entre o inverno de 2002 e o verão de 2002-03, não foi observada uma grande variação na estrutura das comunidades. Na Ponta da Fortaleza, não houve variação na abundância de *I. bicolor* e na estrutura da comunidade. Já na Ilha do Brandão, houve uma grande variação entre as estações do ano, tanto na abundância de *I. bicolor* quanto na estrutura das comunidades.

## ABSTRACT

The exotic bivalve *Isognomon bicolor* is found in large densities on the rocky shores of the Rio de Janeiro state. The aim of this study was to establish the geographic distribution of this species on the coast of this state and to compare its vertical distribution and abundance in relation with others organisms among three different areas. We also verified the relationship between *I. bicolor* abundance and the community structure in these areas. Temporal variation of abundance and vertical distribution was investigated. Samples were taken in winter (2002) and summer (2002-03) at Ilha do Brandão (Angra dos Reis), Ponta da Fortaleza (Arraial do Cabo) and Praia Vermelha (Rio de Janeiro). In Praia Vermelha, samples were also taken in the following winter (2003). The relative abundance (percentage cover) of *I. bicolor* and other intertidal organisms were estimated by the Intersection method. From north to south in Rio de Janeiro state. *I. bicolor* was found in the intertidal zone, inhabiting cracks and in aggregation with conspecifics. Differences in the total number of taxa among the areas were observed: in Praia Vermelha 25 taxa were found, in Ponta da Fortaleza 31 and in Ilha do Brandão 40. The community structure from Ilha do Brandão was significantly different from Praia Vermelha and Ponta da Fortaleza. In these two areas, exactly on the rocky zone where *I. bicolor* was more abundant, *Tetraclita stalactifera*, *Perna perna* and *Brachidontes solisianus* were less abundant. Significant difference was found in the coverage of *I. bicolor* among areas: in winter it was higher in Praia Vermelha and in summer it was lower in Ilha do Brandão. The lower number of taxa found could be related to the moderate degree of organic pollution of this area. In Ilha do Brandão the lower coverage of *I. bicolor* in both seasons could be related to the higher diversity in this area. However, factors such as food supply and competition with *Petaloconchus* sp., another exotic mollusk, the dominant organism in the mid intertidal, can also explain the lower coverage of *I. bicolor*. Temporal variation in abundance of *I. bicolor* at Praia Vermelha was not related to changes in the community structure. At Ponta da Fortaleza we did not find variations in abundance of *I. bicolor* and neither in the community structure. Only Ilha do Brandão showed temporal variation in the abundance of *I. bicolor* and in the community structure.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, a atenção da comunidade científica está muito voltada à questão da introdução das espécies em novos ambientes, em função dos impactos ecológico e econômico decorrentes da invasão de vários ecossistemas, em todo o planeta por animais e plantas exóticas (Silva *et al.*, 2002).

As introduções biológicas têm sido apontadas como um dos principais responsáveis pelo aparecimento de diversas espécies e por mudanças na estrutura das comunidades nativas (Reise *et al.*, 1999). Geralmente livres de predadores naturais que poderiam controlar a sua abundância, muitas destas espécies podem ser consideradas como uma ameaça à biodiversidade, visto que o seu crescimento acentuado, pode causar o desaparecimento de espécies nativas.

Os oceanos abrigam milhares de organismos que podem ser transportados involuntariamente de um local a outro, incrustados no casco dos navios e através da água contida em tanques de lastro no seu interior (Carlton & Geller, 1993; Pierce *et al.*, 1997). Em todo o mundo, a aquacultura também tem permitido a introdução de diversos organismos, principalmente devido às fazendas marinhas de moluscos (Naylor *et al.*, 2001). Não menos importantes são as plataformas de petróleo, que têm comprovadamente servido como via de introdução de espécies em novos ambientes, inclusive no Brasil (Paula, 2001). Com isso, a biota marinha do planeta está sendo rapidamente homogeneizada, aumentando a distribuição de espécies fora de sua extensão natural (Lodge, 1993; Silva *et al.*, 2002).

O enriquecimento de nutrientes por fontes humanas ou naturais pode afetar significativamente as comunidades marinhas incrustantes, podendo estimular a produção autotrófica ou diminuir a abundância das espécies sensíveis (Rastetter & Cooke, 1979). De

particular interesse, há a hipótese clássica de que comunidades com maior diversidade de espécies são mais resistentes à bioinvasão (Levine, 2000), mas poucos trabalhos têm obtido dados empíricos sobre a capacidade de uma comunidade com maior diversidade e mais saudável ser um impedimento à bioinvasão (Stachowicz *et al.*, 1999; Levine, 2000; Hector *et al.*, 2001). Deve-se ter cautela em interpretar o risco de invasão em função de características dos ambientes, pois as introduções podem ocorrer em habitats poluídos ou perturbados, pelo fato destes serem maiores centros de atividades humanas e mais propágulos/larvas serem liberados (as) nestes ambientes (Ruiz *et al.*, 1997). Além disso, as bioinvasões também ocorrem em ambientes preservados (Carlton, 1987; 1989).

Trabalhos realizados em alguns costões rochosos do estado do Rio de Janeiro e circunvizinhanças (Ihering, 1897; Oliveira, 1947; Fernandes, 1981; Lavrado, 1992; Migoto *et al.*, 1993), jamais registraram a presença de nenhum bivalve da família Isognomonidae. Já na metade da década de 90 (Junqueira, comunicação pessoal), foram feitas observações de densas populações de bivalves do gênero *Isognomon* ocupando uma ampla faixa da zona entre-marés de costões rochosos, onde eram tradicionalmente encontrados os bivalves *Perna perna* (Linnaeus, 1758), *Brachidontes solisianus* (Orbigny, 1846) e *Crassostrea rizophorae* (Guilding, 1828), e o cirripédio *Tetraclita stalactifera* (Lamarck, 1818).

Desde a década de 70, alguns autores registraram o encontro de *Isognomon alatus* Gmelin, 1791 para o Brasil, inicialmente restringindo-se ao Atol das Rocas (Matthews & Kempf, 1970; Rios, 1970, 1975, 1985; Abbott, 1974) e posteriormente ampliando sua distribuição do sudeste ao sul (Tarasconi, 1989; Rios, 1994). Entretanto, o material testemunho referente ao registro de Rios (1994) para o litoral de São Paulo a Santa Catarina, bem como o material coletado por Matthews & Kempf (1970) no Atol das Rocas não foram localizados por Domaneschi & Martins (2002) em extensa revisão sobre a ocorrência da espécie no Brasil. Apenas o material coletado por Tarasconi (1989) em Santa

Catarina foi examinado, constatando-se ser *Isognomon bicolor* e não *I. alatus*, como publicado pelo autor. Após a utilização de extensa literatura específica, do exame das coleções de museus e do estudo da anatomia descritiva e funcional dos indivíduos do gênero *Isognomon* coletados em costões rochosos de diversas localidades brasileiras, Domaneschi & Martins (2002), comprovaram a nova ocorrência de *I. bicolor* para o Brasil e afirmaram que a família Isognomonidae é representada, no litoral brasileiro, apenas por *I. bicolor*. Segundo estes mesmos autores, *I. bicolor* teria sido sistematicamente confundido com *I. alatus*. Atualmente, *I. bicolor* se distribui no Atlântico Oeste, desde a Flórida até Santa Catarina, no Brasil (Domaneschi & Martins, 2002).

A ocorrência de *I. bicolor* no litoral brasileiro pode ser resultado de uma introdução involuntária via plataformas de petróleo (veja Anderson, 2002), cascos de embarcações e/ou água de lastro, tendo em vista o grande número de navios que freqüentemente aportam na costa, ou, menos provavelmente, do aumento da distribuição espacial desta espécie, em consequência de modificações climáticas globais. Rocha (2002), também sugere que em Arraial do Cabo, esta espécie tenha sido introduzida involuntariamente por uma destas vias citadas acima, pois nesta região há um tráfego razoável de navios estrangeiros e freqüentemente plataformas são trazidas para reparos.

As várias evidências citadas indicam que *Isognomon bicolor* é uma espécie introduzida em águas brasileiras e é invasora, pois tem aparentemente causado alterações na estrutura das comunidades nativas de costões rochosos do litoral do estado do Rio de Janeiro. O objetivo deste trabalho é determinar a distribuição geográfica de *I. bicolor* no litoral do estado do Rio de Janeiro, além de em três áreas distintas, determinar a variação temporal da distribuição vertical e da abundância relativa de *I. bicolor* e dos demais táxons presentes na zona do médiolitoral de costões rochosos, relacionando a abundância de *I. bicolor* com a estrutura das comunidades das áreas.

## OBJETIVOS

- 1) Determinar a distribuição geográfica de *Isognomon bicolor* no litoral do estado do Rio de Janeiro
- 2) Descrever a distribuição vertical de *I. bicolor* e dos demais táxons presentes na zona entre-marés dos costões rochosos em três áreas distintas no litoral do estado do Rio de Janeiro
- 3) Comparar a abundância relativa de *I. bicolor*, relacionando-a com a estrutura das comunidades destas três áreas
- 4) Determinar a variação temporal da distribuição vertical e da abundância relativa de *I. bicolor* nas três áreas

## HIPÓTESES

- 1) *Isognomon bicolor* ocorre em toda a extensão do litoral do estado do Rio de Janeiro
- 2) *Isognomon bicolor* é o organismo dominante no médiolitoral dos costões rochosos estudados
- 3) Há uma variação espacial na abundância relativa de *I. bicolor* relacionada à estrutura das comunidades, em particular à diversidade de espécies de cada área
- 4) Há uma variação temporal na distribuição vertical e na abundância relativa de *I. bicolor* nos costões rochosos

## ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi realizado no estado do Rio de Janeiro, localizado entre os paralelos 21°15' e 23°30' de latitude Sul e os meridianos 41° e 44°45' de longitude oeste de Greenwich. O estado do Rio de Janeiro apresenta uma área de aproximadamente 43.910 km<sup>2</sup> e um litoral de 850 km de extensão.

O clima da costa brasileira em geral, e particularmente do estado do Rio de Janeiro, depende da velocidade e da posição das frentes frias vindas do sul do Brasil, correspondentes a zona de baixa pressão formada pelo deslocamento do anticiclone tropical, no sul do Atlântico, e do anticiclone polar, no sudeste da Argentina. Durante a passagem das frentes frias, vento sudoeste e precipitação prevalecem, enquanto o vento leste e a baixa precipitação dominam nos períodos entre as frentes (Valentin, 2001).

Na região de Cabo Frio, a mudança na direção da costa e a proximidade da isóbata de 100 metros, permitem uma topografia que promove o fenômeno da ressurgência, correspondendo a subida de águas profundas e geladas das Águas Centrais do Atlântico Sul (ACAS) (Valentin, 2001). A ressurgência depende de fatores meteorológicos e hidrológicos (Valentin & Kempf, 1977), e dependendo da força do vento e das correntes oceânicas, pode atingir parte do litoral do estado do Rio de Janeiro. A região mais ao sul do Estado, certamente é menos influenciada por este fenômeno, sendo marcada por alta precipitação e águas quentes, oriundas das Águas da Corrente do Brasil.

Nos municípios de Macaé, Búzios, Arraial do Cabo, Cabo Frio, Rio de Janeiro e Parati foram realizadas campanhas de coletas não periódicas nos costões rochosos (Figura 1). Também foram realizados estudos mais detalhados em costões rochosos de três áreas ecologicamente distintas e geograficamente distantes, tendo sido realizadas comparações entre as mesmas (Figura 2).

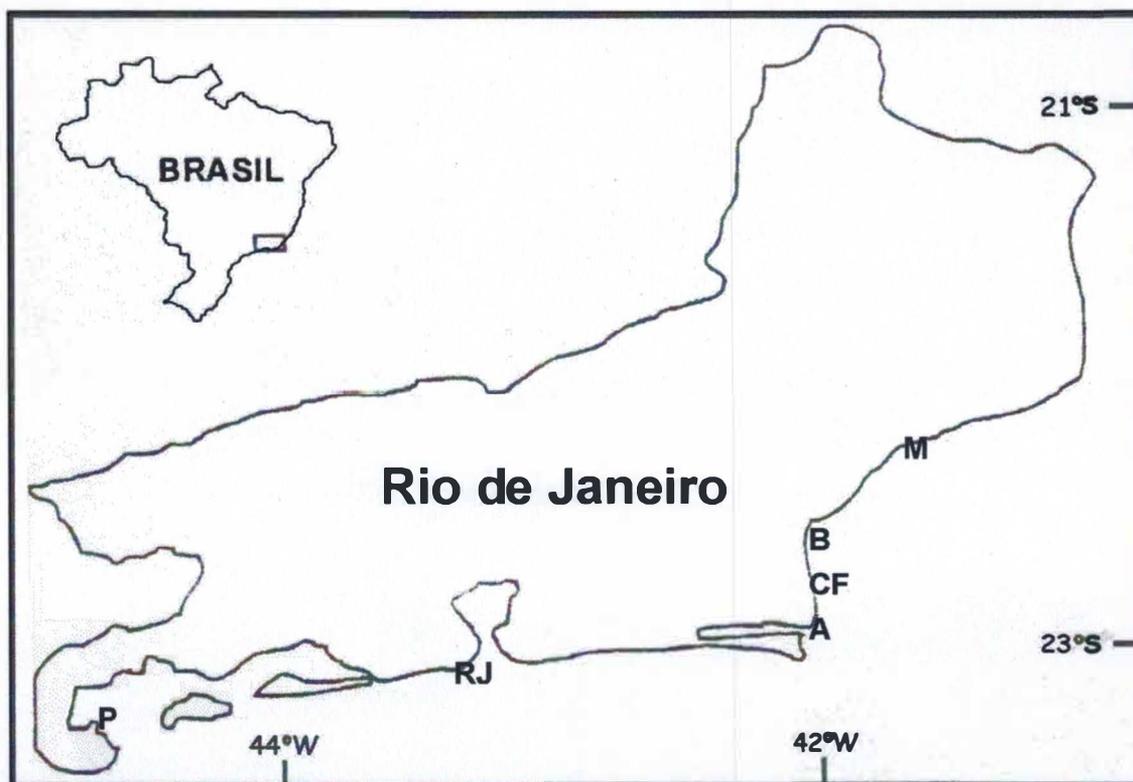


Figura 1: Municípios percorridos no litoral do Estado do Rio de Janeiro (M = Macaé, B = Búzios, A = Arraial do Cabo, CF = Cabo Frio, RJ = Rio de Janeiro e P = Paraty).

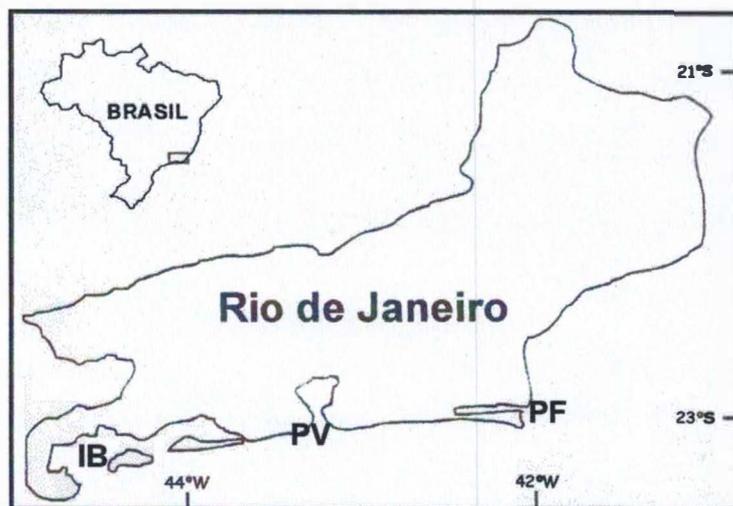


Figura 2: Localização das três áreas de estudo no litoral do Estado do Rio de Janeiro (IB = Ilha do Brandão, PF = Ponta da Fortaleza e PV = Praia Vermelha).

As três áreas de estudo comparadas foram:

**1) Praia Vermelha** – Localizada na Urca, no município do Rio de Janeiro, próxima à entrada da Baía de Guanabara, esta área está situada em uma região sujeita à poluição orgânica e caracterizada por uma moderada eutrofização do corpo d'água, pois geralmente há uma intensa circulação de água nessa área, que dilui a carga poluidora (Mayr & Paranhos, 2000). Junqueira *et al.* (2000) encontraram em uma região adjacente a esta área (Praia do Forte São João, na Urca), valores médios de clorofila “a” de  $13.0 \mu\text{g.l}^{-1}$  e de nitrato de  $4.2 \mu\text{M}$ . As salinidades na superfície da água nestas áreas mais próximas às águas costeiras, variam entre 33 e 34 (Kjerfve *et al.*, 1997). Nesta área, a temperatura média da água encontrada é em torno de  $23.5^\circ\text{C}$  (Junqueira *et al.*, 2000).

O costão estudado eventualmente recebe a ação direta de ondas, tanto nos períodos quando ocorrem as frentes frias quanto entre elas (observações pessoais) (Figura 3).



Figura 3: Aspecto geral do costão rochoso estudado na Praia Vermelha (Rio de Janeiro).

**2) Ponta da Fortaleza** - Localizada no município de Arraial do Cabo, na Enseada do Forno e protegida pela Ilha de Cabo Frio, não há registro de despejo de esgoto nesta área, entretanto, ela pode ser considerada uma área relativamente produtiva, por receber as águas ricas em clorofila “a” e nitratos, da zona de ressurgência do Cabo Frio, nos períodos de maior intensidade da mesma (Rocha, 2002). O valor máximo em torno de  $3.0 \mu\text{g.l}^{-1}$  foi registrado por Rocha (2002), na Ponta da Fortaleza, no mês de Fevereiro. Nas regiões perto do Cabo Frio, altos valores de nutrientes na água são observados, quando as águas da ressurgência ficam residentes por um certo tempo (Valentin & Kempf, 1977). A salinidade média da água varia entre 35 e 36 e a temperatura varia entre 21 e 25° C (Lavrado, 1992).

Como a duração das fases entre as frentes frias varia de poucos dias no inverno à várias semanas no verão, a região do Cabo Frio possui um microclima sazonal e seco, com fortes ventos e frequentes névoas (Valentin, 2001).

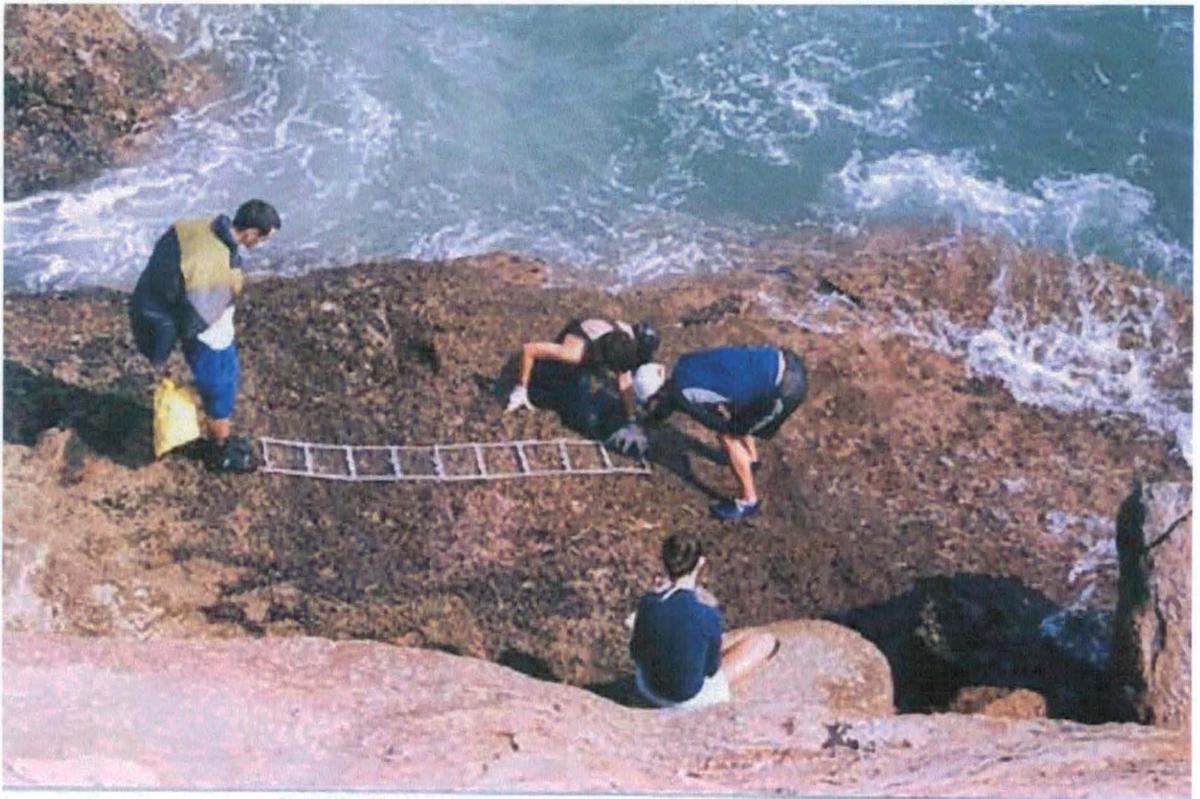


Figura 4: Aspecto geral do costão estudado na Ponta da Fortaleza (Arraial do Cabo).

**3) Ilha do Brandão** – Localizada na Baía da Ilha Grande, no município de Angra dos Reis, no sul do Estado do Rio de Janeiro (22°55' e 23°15' de latitude Sul e os meridianos 44°00' e 44°43' de longitude Oeste), esta área é considerada uma região oligotrófica (Silva *et al.*, 1989), como a maior parte dos ambientes na Baía da Ilha Grande. Regiões adjacentes a esta área de estudo, como a Ilha da Gipóia, são caracterizadas por apresentar salinidades entre 32 e 35 e temperatura entre 24 e 27° C, e valores máximos de clorofila “a” em 1.77  $\mu\text{g.l}^{-1}$  e de nitrato em 1.13  $\mu\text{M}$  (Mayer-Pinto & Junqueira, 2003).

Em relação ao batimento de ondas, esta área sofre uma ação moderada, principalmente na ocasião de entrada das frentes frias. O costão rochoso desta área, também recebe a ação de “marolas” de lanchas e barcos de passeio, principalmente nos períodos de maior circulação destas (observações pessoais) (Figura 5).



Figura 5: Aspecto geral do costão rochoso estudado na Ilha do Brandão (Angra dos Reis).

## MATERIAL E MÉTODOS

### 1. Trabalho de Campo e Laboratório:

De norte a sul do litoral do Estado do Rio de Janeiro, foi realizado o levantamento da ocorrência de *Isognomon bicolor* e a descrição dos seguintes itens, em cada local visitado:

- o tipo de substrato (costão ou matacão) e a faixa examinada (infra, médio ou supralitoral);
- a inclinação do substrato onde ocorre *I. bicolor* (vertical, horizontal);
- a distribuição espacial dos indivíduos de *I. bicolor* (agregados, esparsos);
- ocorrência de *I. bicolor* em fendas ou fora de fendas;
- os organismos mais abundantes nos substratos;
- a aparência da qualidade da água e o batimento de ondas.

Um estudo mais detalhado foi realizado na Praia Vermelha (Rio de Janeiro), na Ponta da Fortaleza (Arraial do Cabo) e na Ilha do Brandão (Angra dos Reis), no inverno de 2002 e no verão de 2002-03. Na Praia Vermelha este estudo também foi realizado no inverno de 2003. Nas três áreas, foi determinada a faixa de ocorrência e estimada a abundância relativa de *I. bicolor* e dos demais táxons (grupos) na zona entre-marés através da porcentagem de cobertura média. Para obtê-la foi utilizado o método não destrutivo proposto por Sutherland (1974), tendo sido posicionados em cada área, 3 transectos verticais e realizada a amostragem com quadrados contíguos de 400 cm<sup>2</sup>, com 50 interseções cada, onde cada interseção correspondeu a 2%. Foram considerados os organismos do estrato superior e o número de quadrados utilizados em cada área, variou de acordo com a inclinação do substrato.

Os organismos observados foram, quando possível, identificados “in situ”, ao nível taxonômico de espécie e aqueles que não puderam ser identificados foram coletados e identificados no Laboratório de Benthos (IB-UFRJ) ou em laboratórios especializados.

## 2. Análise dos Dados

A abundância relativa dos principais grupos de organismos foi obtida utilizando-se as médias de todos os quadrados de cada transecto, sendo obtido o erro padrão das médias calculadas. Os invertebrados marinhos menos abundantes foram categorizados como “Outros Invertebrados” e as macroalgas e cianofíceas como “Algas”.

Foi realizado o teste t de Student, para se comparar a porcentagem de cobertura dos táxons mais abundantes em cada área, entre o inverno de 2002, o verão de 2002-03 e o inverno de 2003, com nível de significância de 0,05.

Comparações da porcentagem de cobertura de *I. bicolor*, *T. stalactifera*, *B. stalactifera*, *C. bisinuatus* e das algas entre a Praia Vermelha, a Ponta da Fortaleza e a Ilha do Brandão, no inverno de 2002 e no verão de 2002-03, foram realizadas através de uma Análise de Variância (ANOVA) unifatorial (Zar, 1996), com o teste de Tukey *a posteriori*. Os dados foram transformados ( $\arcseno \sqrt{x}$ ) para reduzir a heterogeneidade das variâncias, mas mesmo assim, a maioria das variâncias foi heterogênea. Nestes casos, foi decidido então não utilizar uma análise não paramétrica, porque segundo Underwood (1997), este procedimento não resolve o problema causado pela heterogeneidade das variâncias.

Para a determinação do padrão de zonação foi realizada uma análise de classificação para se verificar as semelhanças entre as médias das porcentagens de cobertura dos organismos nos quadrados dos transectos nas três áreas estudadas, no

inverno de 2002 e no verão de 2002-03, utilizando-se o índice de dissimilaridade de Bray-Curtis, pelo método de médias não ponderadas (UPGMA).

Para se comparar a estrutura das comunidades encontradas nas três áreas, quanto a abundância relativa de *I. bicolor* e dos demais táxons, no inverno de 2002 e no verão de 2002-03, foi realizada uma análise multivariada não paramétrica, denominada escalonamento multidimensional (nMDS) (Clarke & Warwick, 2001) e uma análise de classificação, utilizando-se o programa PRIMER 2001. A análise de classificação foi realizada utilizando-se o índice de dissimilaridade de Bray-Curtis, pelo método de médias não ponderadas (UPGMA). *A posteriori* foi realizada uma análise de similaridade (ANOSIM), equivalente a uma análise de variância não paramétrica, para se testar a significância dos grupamentos formados. Também foram obtidas as porcentagens de contribuição de cada espécie para se avaliar a similaridade entre as áreas e as estações do ano. Por último, foi calculado o índice de diversidade de Shannon-Winner ( $H'$ ) e realizada uma ANOVA bifatorial para se comparar a diversidade entre as áreas estudadas e as estações do ano (Zar, 1996).

## RESULTADOS

### 1. Distribuição Geográfica de *Isognomon bicolor* no Estado do Rio de Janeiro

Em praticamente todas as regiões percorridas, de norte ao sul do estado do Rio de Janeiro, foram observados indivíduos de *Isognomon bicolor*. Na maioria das vezes, os indivíduos encontravam-se agregados, nos mais variados ambientes, desde o médiolitoral inferior até o supralitoral, nestes casos em poças de maré ou fendas. Quando investigado o infralitoral dos costões, não foram encontrados indivíduos de *I. bicolor*. *Isognomon bicolor*

foi encontrado em costões rochosos e em matacões, ora fora de fendas, quando em áreas abrigadas e em fendas, quando em áreas mais batidas.

Na maioria dos costões visitados, *I. bicolor* não ocupava densamente a zona entre-marés, ao contrário do que foi observado nas três áreas comparadas neste estudo (Anexo 1).

## 2. Composição das Comunidades nas Três Áreas

Considerando-se as duas estações do ano (inverno de 2002 e verão de 2002-03), foram observadas diferenças no número total de táxons entre as três áreas comparadas: a Praia Vermelha apresentou 25 táxons, a Ponta da Fortaleza 31 e a Ilha do Brandão 40 (Figura 2):

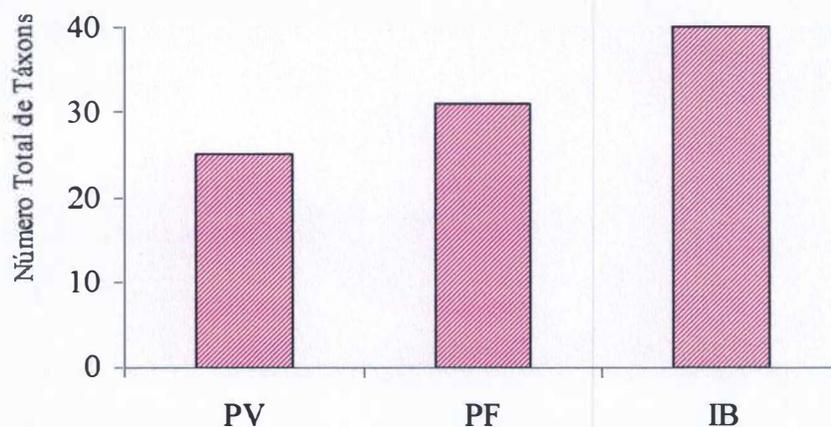


Figura 2: Número total de táxons na Praia Vermelha (PV), na Ponta da Fortaleza (PF) e na Ilha do Brandão (IB).

No inverno, o número total de táxons foi semelhante entre as três áreas estudadas. No verão, as diferenças foram acentuadas: a Praia Vermelha apresentou 17 táxons, menos do que a Ponta da Fortaleza, com 24 e do que a Ilha do Brandão, com 32 (Figura 3).

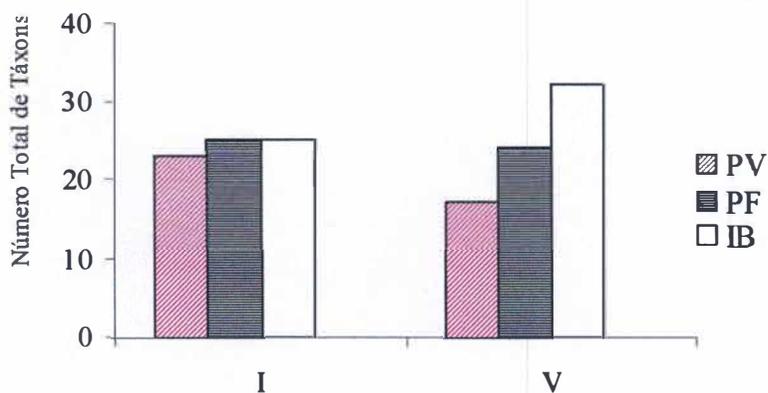


Figura 3: Número total de táxons na Praia Vermelha (PV), na Ponta da Fortaleza (PF) e na Ilha do Brandão (IB), no inverno de 2002 (I) e no verão de 2002-03 (V).

Quanto ao número total de táxons de invertebrados marinhos, as três áreas foram semelhantes. Quanto às algas, a Ilha do Brandão apresentou o dobro do número encontrado na Praia Vermelha, e a Ponta da Fortaleza um número intermediário (Figura 4):

A Praia Vermelha apresentou 15 táxons de invertebrados e 12 de algas (Figura 4). Os grupos taxonômicos de invertebrados foram: Porifera (1 sp.), Anthozoa (2 sp.), Gastropoda (4 sp.), Bivalvia (4 sp.), Cirripedia (2 sp.) e Echinoidea (2 sp.). Já os grupos de algas foram: Cyanophyceae, Chlorophyta (4 sp.), Rhodophyta (2 sp.) e Phaeophyta (2 sp.).

A Ponta da Fortaleza apresentou 14 táxons de invertebrados e 17 de algas (Figura 4). Os grupos taxonômicos de invertebrados foram: Anthozoa (1 sp.), Gastropoda (5 sp.), Bivalvia (4 sp.), Cirripedia (3 sp.) e Echinoidea (1 sp.). Os grupos de algas foram: Cyanophyceae, Chlorophyta (3 sp.), Rhodophyta (8 sp.) e Phaeophyta (5 sp.).

Na Ilha do Brandão foram encontrados 16 táxons de invertebrados marinhos e 24 de algas (Figura 4). Os grupos taxonômicos de invertebrados encontrados foram: Porifera (2 sp.), Anthozoa (1 sp.), Gastropoda (5 sp.), Bivalvia (4 sp.), Cirripedia (2 sp.) e Echinoidea (2 sp.). Já os grupos taxonômicos de algas foram: Cyanophyceae, Chlorophyta (3 sp.), Rhodophyta (12 sp.) e Phaeophyta (9 sp.).

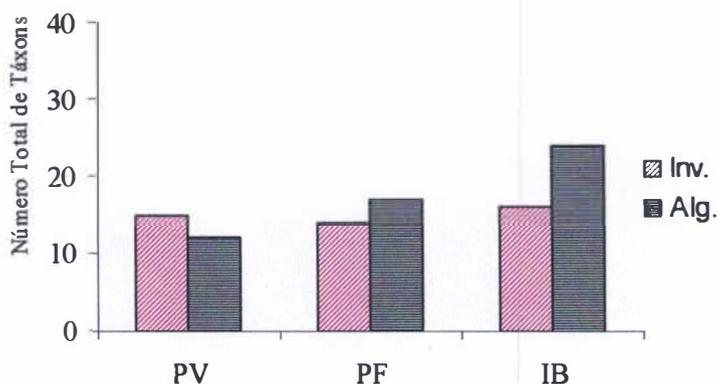


Figura 4: Número total de táxons de invertebrados marinhos (Inv.) e de algas (Alg.) na Praia Vermelha (PV), na Ponta da Fortaleza (PF) e na Ilha do Brandão (IB).

O número total de táxons de invertebrados marinhos encontrados no inverno de 2002, foi semelhante entre a Praia Vermelha e a Ponta da Fortaleza (15 e 14, respectivamente), tendo a Ilha do Brandão apresentado 9 táxons. No verão de 2002-03, foi encontrado um maior número de táxons na Ilha do Brandão. Quanto ao número de algas, tanto no inverno quanto no verão, a Ilha do Brandão apresentou valores superiores à Praia Vermelha, tendo sido encontrado valores intermediários na Ponta da Fortaleza (Figura 5). No inverno de 2003, período estudado apenas na Praia Vermelha, foram observados 15 táxons de invertebrados marinhos e 6 de algas (Tabela 1).

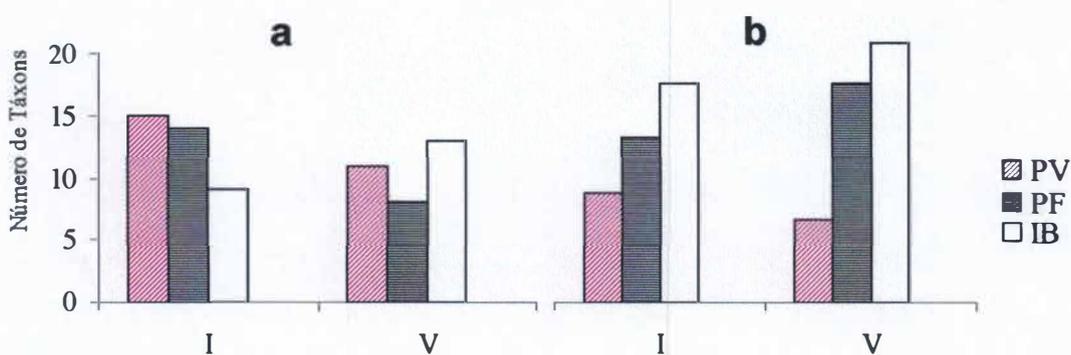


Figura 5: Número de invertebrados marinhos (a) e de algas (b) na Praia Vermelha (PV), na Ponta da Fortaleza (PF) e na Ilha do Brandão (IB), no inverno de 2002 (I) e no verão de 2002-03 (V).

Alguns táxons se restringiram a uma das áreas estudadas e também a uma das estações do ano (inverno ou verão):

O único invertebrado marinho observado exclusivamente na Praia Vermelha foi o ouriço-do-mar da espécie *Arbacia lixula*. Em relação às algas, a rodofícea *Amphiroa beauvoisii* e as clorofíceas *Ulva rigida*, *U. fasciata* e *Chaetomorpha* sp., foram encontradas somente nesta área (Tabelas I e II). Os invertebrados *Hymeniacidon heliophila*, *Modiolus carvalhoi*, *Arbacia lixula* e *Echinometra lucunter* e as algas cianofíceas, *Colpomenia sinuosa*, *Amphiroa beauvoisii* e *Cladophora* sp. foram encontradas somente no inverno. As algas observadas somente no verão, foram *Centroceras clavulatum* e *Jania* sp.. Os outros invertebrados e algas, ocorreram nas coletas do inverno e do verão (Tabela I e II). Os invertebrados *Morula nodulosa*, *Pisania auritula*, *Petalconchus* sp. e *Phragmatopoma* sp. e as algas *Ralfsia expansa* e *Ectocarpales* sp. foram encontrados somente no inverno de 2003 (Tabelas I e II).

Os únicos invertebrados marinhos que se restringiram à Ponta da Fortaleza foram os cirripédios da espécie *Megabalanus coccopoma*. Quanto às algas, as rodofíceas das espécies *Spyridia hypnoides*, *Jania adhaerens* e *Herposiphonia secunda*, a feofíceia *Chnoospora mimica* e as clorofíceas *Codium interstextum*, e *Clodophoropsis membranacea* ocorreram somente nessa área (Tabelas III e IV). Os invertebrados *Bunodosoma caissarum*, *Echinometra lucunter*, *Modiolus carvalhoi*, *Stramonita haemostoma* e *Petalconchus* sp. e alga calcária incrustante foram observados somente no inverno, enquanto que *Ulva lactuca*, *C. membranacea*, *C. clavulatum*, *H. secunda* e *Laurencia* sp., foram observados somente no verão. Os demais invertebrados e algas identificados, ocorreram nas duas estações do ano (Tabelas III e IV).

Os invertebrados que se restringiram à Ilha do Brandão foram a esponja *Haliclona* sp., o gastrópode *Ceritium atratum*, os bivalves *Arca imbricata* e *Chama congregata* e o

ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus*. Quanto às algas, as feofíceas *Padina gimnospora* e *Sphacellaria rigidula*, as rodofíceas *Hypnea musciformis*, *Polisiphonia subtilissima* e *Acanthophora spicifera* e as clorofíceas da espécie *Enteromorpha prolifera* e do gênero *Chondria* ocorreram exclusivamente nessa área (Tabelas V e VI). Os invertebrados *Littorina ziczac*, *A. imbricata* e *C. congregata* ocorreram somente no inverno e *Chthamalus bisinuatus*, *H. heliophila*, *Haliclona* sp., *Aiptsia* sp., *Morula nodulosa*, *C. atratum* e *L. variegatus* foram observados somente no verão. As algas *Jania capilacea*, *Chondracanthus aciculares*, *Hypnea musciformis*, *P. subtilissima*, *S. rigidula* e *S. tribuloides* ocorreram somente no inverno e *E. prolifera*, *Ceramium flacidum*, *C. tenerrium*, *A. spicifera*, *Hypnea spinella*, *Sargassum vulgare*, *Dictyota bartayresiana*, *P. gimnospora* e *Sphacellaria* sp., somente no verão. Os demais invertebrados e algas ocorreram nas duas estações do ano (Tabelas V e VI).

Também foi observado em campo, nas três áreas estudadas, fora dos quadrados amostrados, o bivalve da espécie *Pinctada imbricata* Röding, 1792. Na Ilha do Brandão, também foram observados em campo, mas fora das interseções dos quadrados as rodofíceas *Gelidiella trinitatensis* WR Taylor e *Wrangelia argus* (Montagne) Montagne.

Tabela I: Ocorrência de invertebrados marinhos na Praia Vermelha, no inverno de 2002 (I02), no verão de 2002-03 (V) e no inverno de 2003 (I03). x = presente

<b>Espécies (Invertebrados)</b>	<b>I02</b>	<b>V</b>	<b>I03</b>
<b>Porifera</b>			
<i>Hymeniacidon heliophila</i> (Parker, 1910)	x		
<b>Cnidaria - Anthozoa</b>			
<i>Aiptsia</i> sp.	x	x	
<i>Bunodosoma caissarum</i> Corrêa in Belém, 1987	x	x	x
<b>Mollusca - Gastropoda</b>			
<i>Colisella subrugosa</i> (Orbigny, 1846)	x	x	x
<i>Fissurela clenchi</i> Farfante, 1943	x	x	x
<i>Littorina ziczac</i> (Gmelin, 1791)	x	x	x
<i>Stramonita haemastoma</i> (Linnaeus, 1767)	x	x	x

Continuação da Tabela I:

<b>Espécies (Invertebrados)</b>	<b>I02</b>	<b>V</b>	<b>I03</b>
<b>Mollusca - Gastropoda</b>			
<i>Morula nodulosa</i> (Adams, 1855)			x
<i>Petalococonchus</i> sp.			x
<i>Pisania auritula</i> Link, 1807			x
<b>Mollusca - Bivalvia</b>			
<i>Brachidontes solisianus</i> (Orbigny, 1846)	x	x	x
<i>Isognomon bicolor</i> (Adams, 1845)	x	x	x
<i>Miodolus carvalhoi</i> Klappenbach, 1966	x		
<i>Perna perna</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x
<b>Polychaeta</b>			
<i>Phragmatopoma</i> sp.			x
<b>Crustacea - Cirripedia</b>			
<i>Chthamalus bisinuatus</i> Pilsbry, 1916	x	x	x
<i>Tetraclita stalactifera</i> (Lamarck, 1818)	x	x	x
<b>Echinoidea</b>			
<i>Arbacia lixula</i> (Linnaeus, 1758)	x		
<i>Echinometra lucunter</i> (Linnaeus, 1758)	x		x

Tabela II: Ocorrência de algas na Praia Vermelha, no inverno de 2002 (I02), no verão 2002-03 (V) e no inverno de 2003 (I03). x = presente

<b>Espécies (Algas)</b>	<b>I02</b>	<b>V</b>	<b>I03</b>
<b>Cyanophyta</b>			
<b>Cyanophyceae</b>	x		
<b>Phaeophyta</b>			
<i>Colpomenia sinuosa</i> (Roth)	x		
<i>Ectocarpales</i> sp.			x
<i>Ralfsia expansa</i> (J. Agardh)			x
<b>Rhodophyta</b>			
<i>Amphiroa beauvoisii</i> Lamouroux	x		
<i>Centroceras clavulatum</i> (C. Agardh)		x	x
<i>Jania</i> sp.		x	
<b>Alga calcária incrustante rosa</b>	x	x	
<b>Chlorophyta</b>			
<i>Cladophora</i> sp.	x		
<i>Chaetomorpha</i> sp.	x	x	x
<i>Ulva fasciata</i> Delile	x	x	x
<i>Ulva rigida</i> C. Agardh	x	x	x

Tabela III: Ocorrência de invertebrados na Ponta da Fortaleza (PF), no inverno de 2002 (I02) e no verão de 2002-03 (V). x = presente

<b>Espécies (Invertebrados)</b>	<b>I02</b>	<b>V</b>
<b>Cnidaria - Anthozoa</b>		
<i>Bunodosoma caissarum</i> Corrêa in Belém, 1987	x	
<b>Mollusca - Gastropoda</b>		
<i>Colisella subrugosa</i> (Orbigny, 1846)	x	x
<i>Fissurela clenchi</i> Farfante, 1943	x	x
<i>Littorina ziczac</i> (Gmelin, 1791)	x	x
<i>Petalochonchus</i> sp.	x	
<i>Stramonita haemastoma</i> (Linnaeus, 1767)	x	
<b>Mollusca - Bivalvia</b>		
<i>Brachidontes solisianus</i> (Orbigny, 1846)	x	x
<i>Isognomon bicolor</i> (Adams, 1845)	x	x
<i>Modiolus carvalhoi</i> Klappenbach, 1966	x	
<i>Perna perna</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<b>Crustacea - Cirripedia</b>		
<i>Chthamalus bisinuatus</i> Pilsbry, 1916	x	x
<i>Megabalanus coccopoma</i> (Darwin, 1854)	x	
<i>Tetraclita stalactifera</i> (Lamarck, 1818)	x	x
<b>Echinoidea</b>		
<i>Echinometra lucunter</i> (Linnaeus, 1758)	x	

Tabela IV: Ocorrência de algas na Ponta da Fortaleza, no inverno de 2002 (I02) e no verão de 2002-03 (V). x = presente

<b>Espécies (Algas)</b>	<b>I02</b>	<b>V</b>
<b>Cyanophyta</b>		
Cyanophyceae	x	x
<b>Phaeophyta</b>		
<i>Dictyota cervicornis</i> Kuetzing	x	x
<i>Chnoospora mimica</i> (K. Hering) Papenf	x	x
<i>Colpomenia sinuosa</i> (Roth)	x	x
<i>Ralfsia expansa</i> (J. Agardh)	x	x
<i>Sargassum vulgare</i> C. Agardh	x	x
<b>Rhodophyta</b>		
<i>Amphiroa fragilissima</i> (Linnaeus) Lamouroux	x	x
<i>Centroceras clavulatum</i> (C. Agardh)		x
<i>Herposiphonia secunda</i> (C. Agardh)		x
<i>Jania adhaerens</i> Lamouroux	x	x
<i>Laurencia</i> sp.		x
<i>Spyridia hypnoides</i> (Bory) Papenfuss	x	x
<i>Sphacelaria tribuloides</i> Meneghini	x	x
Alga calcária incrustante rosa	x	

Tabela IV: Ocorrência de algas na Ponta da Fortaleza, no inverno de 2002 (I02) e no verão de 2002-03 (V). x = presente

<b>Espécies (Algas)</b>	<b>I02</b>	<b>V</b>
<b>Chlorophyta</b>		
<i>Cladophoropsis membranacea</i> (C. Agardh) Borgesen		x
<i>Codium intertextum</i> Collins et Hervey	x	x
<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus		x

Tabela V: Ocorrência de invertebrados na Ilha do Brandão, no inverno de 2002 (I02) e no verão de 2002-03 (V). x = presente

<b>Espécies (Invertebrados)</b>	<b>I02</b>	<b>V</b>
<b>Porifera</b>		
<i>Hymeniacidon heliophila</i> (Parker, 1910)		x
<i>Haliclona</i> sp.		x
<b>Cnidaria - Anthozoa</b>		
<i>Aiptisia</i> sp.		x
<b>Mollusca - Gastropoda</b>		
<i>Ceritium atratum</i> (Born, 1778)		x
<i>Littorina ziczac</i> (Gmelin, 1791)	x	
<i>Morula nodulosa</i> (Adams, 1855)		x
<i>Petalococonchus</i> sp.	x	x
<i>Stramonita haemastoma</i> (Linnaeus, 1767)	x	x
<b>Mollusca - Bivalvia</b>		
<i>Arca imbricata</i> Bruguière, 1789	x	
<i>Brachidontes solisianus</i> (Orbigny, 1846)	x	x
<i>Chama congregata</i> Conrad, 1833	x	
<i>Isognomon bicolor</i> (Adams, 1845)	x	x
<b>Crustacea - Cirripedia</b>		
<i>Chthamalus bisinuatus</i> Pilsbry, 1916		x
<i>Tetraclita stalactifera</i> (Lamarck, 1818)	x	x
<b>Echinoidea</b>		
<i>Echinometra lucunter</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Lytechinus variegatus</i> (Lamarck, 1816)		x

Tabela VI: Ocorrência de algas na Ilha do Brandão, no inverno de 2002 (I02) e no verão de 2002-03 (V). x = presente

<b>Espécies (Algas)</b>	<b>I02</b>	<b>V</b>
<b>Cyanophyta</b>		
Cyanophyceae	x	x

Continuação da Tabela VI:

<b>Espécies (Algas)</b>	<b>I02</b>	<b>V</b>
<b>Phaeophyta</b>		
<i>Colpomenia sinuosa</i> (Roth)	x	x
<i>Dictyota bartayresiana</i> Lamouroux		x
<i>Dictyota cervicornis</i> Kuetzing	x	x
<i>Padina gymnospora</i> (Kuetzing) Vickers		x
<i>Ralfsia expansa</i> (J. Agardh)	x	x
<i>Sargassum vulgare</i> C. Agardh		x
<i>Sphacelaria</i> spp.		x
<i>Sphacelaria rigidula</i> Kuetzing	x	
<i>Sphacellaria tribuloides</i> Meneghini	x	
<b>Rhodophyta</b>		
<i>Acanthophora spicifera</i> (Vahl) Borgesen		x
<i>Amphiroa fragilissima</i> (Linnaeus) Lamouroux	x	x
<i>Centroceras clavulatum</i> (C. Agardh) Montagne	x	x
<i>Ceramium flacidum</i> (Kützing) Ardissonne		x
<i>Ceramium tenerrium</i> (Martens) Okamura		x
<i>Chondracantus aciculares</i> (Roth) Fredericq	x	
<i>Jania capilacea</i> Harvey	x	
<i>Laurencia papillosa</i> (C. Agardh) Greville	x	x
<i>Hypnea spinella</i> (C. Agardh) Kuetzing		x
<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) Lamouroux	x	
<i>Polisiphonia subtilissima</i> Mont.	x	
Alga calcária incrustante rosa	x	x
<b>Chlorophyta</b>		
<i>Chondria</i> sp.	x	x
<i>Cladophora vagabunda</i> (Linnaeus) Van Den Hoek	x	x
<i>Enteromorpha prolifera</i> (O. F. Mueller) J. Agardh		x

### 3. Abundância Relativa dos Principais Táxons (Grupos) nas Três Áreas

#### a) Variação Temporal:

Considerando a porcentagem média de cada espécie em todos os quadrados do transecto, *Isognomon bicolor* e *Brachidontes solisianus* foram os organismos dominantes no costão da Praia Vermelha, nos invernos de 2002 e 2003 (Figura 6). No verão de 2002-03, as algas foram dominantes e tiveram um aumento significativo ( $t=-2,2046$ ;  $p=0,0365$ ) em relação ao inverno de 2002, tendo a porcentagem de *I. bicolor* diminuído

significativamente ( $t=4,1452$ ;  $p=0,0003$ ), assim como a porcentagem de *T. stalactifera* ( $t=3,0006$ ;  $p=0,0058$ ). Não houve diferença significativa ( $t=1,7569$ ;  $p=0,0907$ ) na abundância de *I. bicolor* entre o inverno de 2002 e o inverno de 2003, na Praia Vermelha (Figura 6).

Na Ponta da Fortaleza, *Chthamalus bisinuatus* foi a espécie dominante no inverno de 2002, seguido por *I. bicolor*, *Tetraclita stalactifera* e as algas, que apresentaram valores semelhantes. No verão de 2002-03, *I. bicolor* foi dominante, seguido pelas algas (Figura 7). Houve diferença significativa da porcentagem de cobertura de *T. stalactifera* ( $t=2,5806$ ;  $p=0,0132$ ), entre o inverno de 2002 e o verão de 2002-03 (Figura 7).

Na Ilha do Brandão, as algas foram dominantes no inverno, seguidas por *Petalocochus* sp., tendo *I. bicolor* apresentado uma baixa cobertura. No verão de 2002-03, diminuíram significativamente as coberturas de *I. bicolor* ( $t=2,8535$ ;  $p=0,0084$ ) e de *Petalocochus* sp. ( $t=2,7772$ ;  $p=0,0100$ ) e aumentaram significativamente as coberturas de *C. bisinuatus* ( $t=-3,0569$ ;  $p=0,0051$ ) e de algas ( $t=-2,3807$ ;  $p=0,0249$ ) (Figura 8)

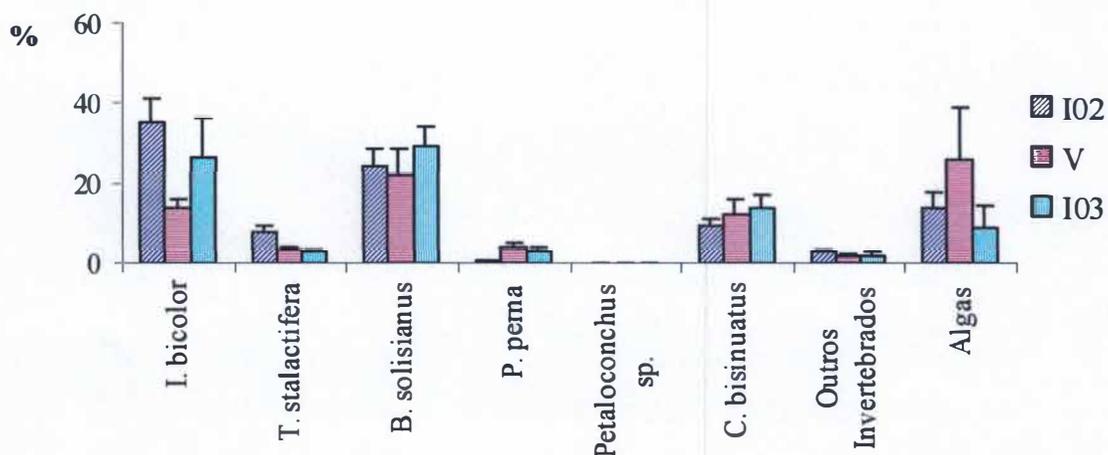


Figura 6: Variação temporal da porcentagem de cobertura média ( $\pm$  erro padrão) dos principais táxons na Praia Vermelha, no inverno de 2002 (I02), no verão de 2002-03 (V) e no inverno de 2003 (I03).

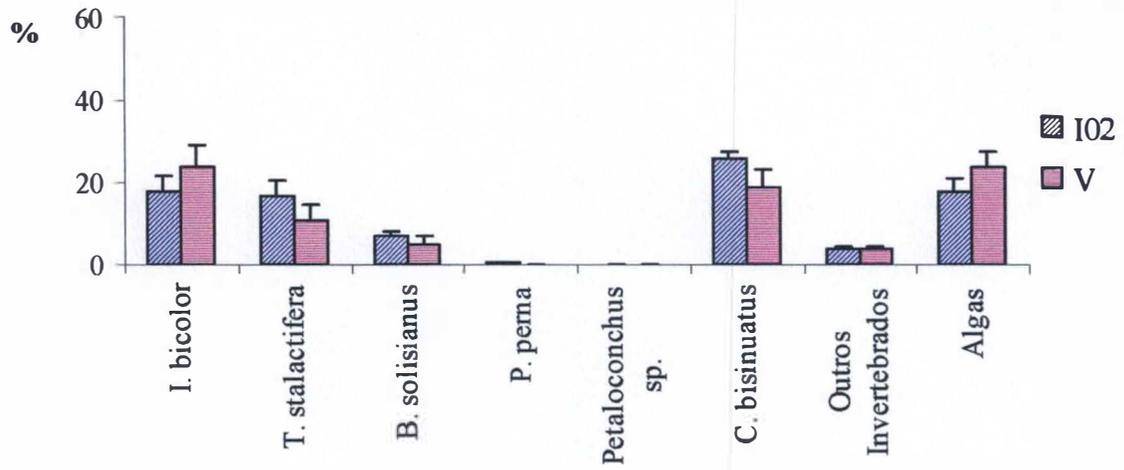


Figura 7: Variação temporal da porcentagem de cobertura média ( $\pm$  erro padrão) dos principais táxons na Ponta da Fortaleza, no inverno de 2002 (I02) e no verão de 2002-03 (V).

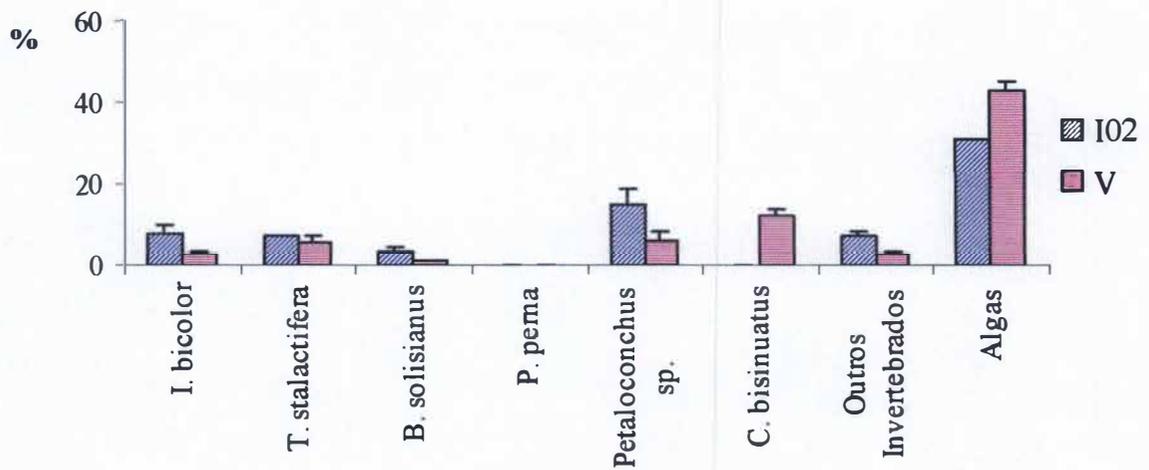


Figura 8: Variação temporal da porcentagem de cobertura média ( $\pm$  erro padrão) dos principais táxons na Ilha do Brandão, no inverno de 2002 (I02) e no verão de 2002-03 (V).

## b) Variação Espacial:

A porcentagem de cobertura média de *Isognomon bicolor* no inverno de 2002 foi significativamente diferente entre as áreas ( $F=6,3414$ ;  $p=0,0026$ ), sendo a Praia Vermelha significativamente diferente da Ilha do Brandão ( $p=0,0024$ ) e da Ponta da Fortaleza ( $p=0,0268$ ). No verão, também houve diferença significativa entre as áreas ( $F=5,3098$ ;  $p=0,0064$ ), sendo a apenas Ilha do Brandão significativamente diferente da Ponta da Fortaleza ( $p=0,0045$ ). Dentre as três áreas estudadas, na Ilha do Brandão foi registrada a menor porcentagem de cobertura de *I. bicolor*, nas duas estações do ano (Figura 9).

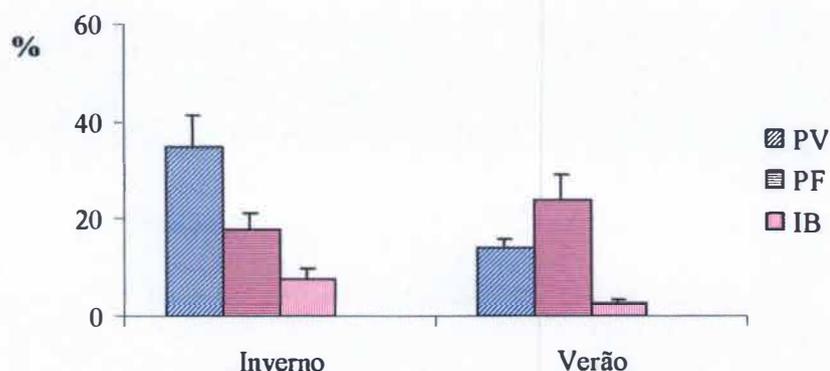


Figura 9: Variação espacial da porcentagem de cobertura média ( $\pm$  erro padrão) de *Isognomon bicolor* na Praia Vermelha (PV), na Ponta da Fortaleza (PF) e na Ilha do Brandão (IB), no inverno de 2002 e no verão de 2002-03.

Quanto a porcentagem de cobertura média de *Brachidontes solisianus*, não houve diferença significativa ( $F=2,3807$ ;  $p=0,0969$ ) entre as áreas, no inverno de 2002. Já no verão de 2002-03, houve diferença significativa entre as áreas ( $F=8,9750$ ;  $p=0,0003$ ), tendo a Praia Vermelha sido significativamente diferente da Ponta da Fortaleza ( $p=0,0055$ ) e da Ilha do Brandão ( $p=0,004$ ) (Figura 10).

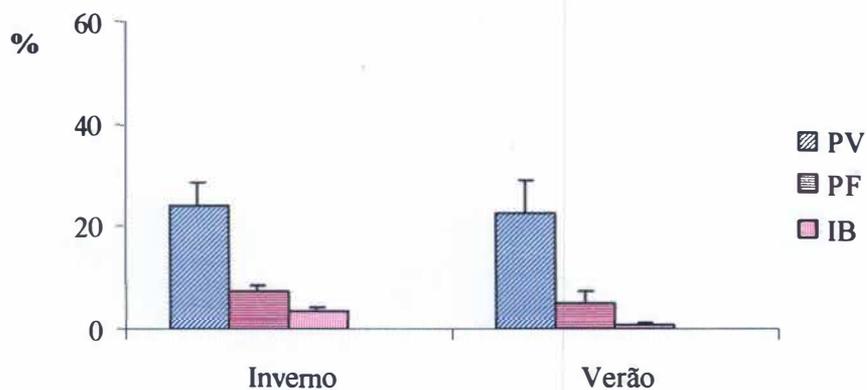


Figura 10: Variação espacial da porcentagem de cobertura média ( $\pm$  erro padrão) de *Brachidontes solisianus* na Praia Vermelha (PV), na Ponta da Fortaleza (PF) e na Ilha do Brandão (IB), no inverno de 2002 e no verão de 2002-03.

A porcentagem de cobertura média de *Petalococonchus* sp. foi significativamente diferente entre as áreas, no inverno de 2002 ( $F=21,9099$ ;  $p=0,0000$ ) e no verão de 2002-03 ( $F=23,3809$ ;  $p=0,0000$ ), sendo a Ilha do Brandão significativamente diferente da Praia Vermelha ( $p=0,0001$ ) e da Ponta da Fortaleza ( $p=0,0001$ ), nas duas estações do ano (Figura 11).

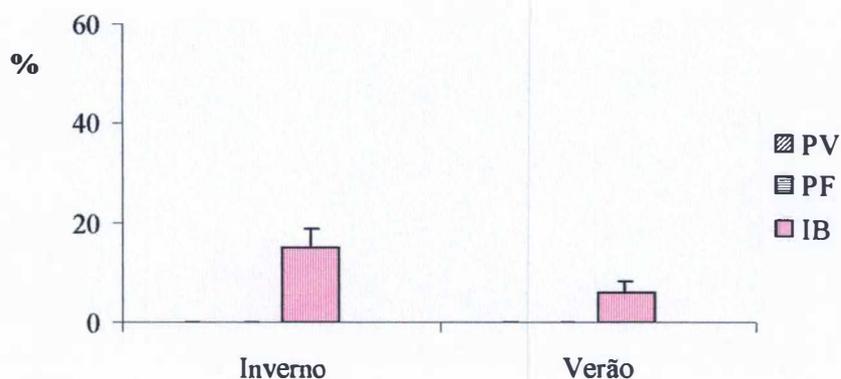


Figura 11: Variação espacial da porcentagem de cobertura média ( $\pm$  erro padrão) de *Petalococonchus* sp. na Praia Vermelha (PV), na Ponta da Fortaleza (PF) e na Ilha do Brandão (IB), no inverno de 2002 e no verão de 2002-03.

No inverno de 2002, a porcentagem de cobertura média de *Perna perna* foi semelhante entre as três áreas estudadas. No verão de 2002-03, houve diferença significativa entre as áreas ( $F=8,4883$ ;  $p=0,0004$ ), sendo a Praia Vermelha significativamente diferente da Ponta da Fortaleza ( $p=0,001$ ) e da Ilha do Brandão ( $p=0,002$ ). Nas duas estações do ano, *P. perna* não ocorreu na Ilha do Brandão (Figura 12).

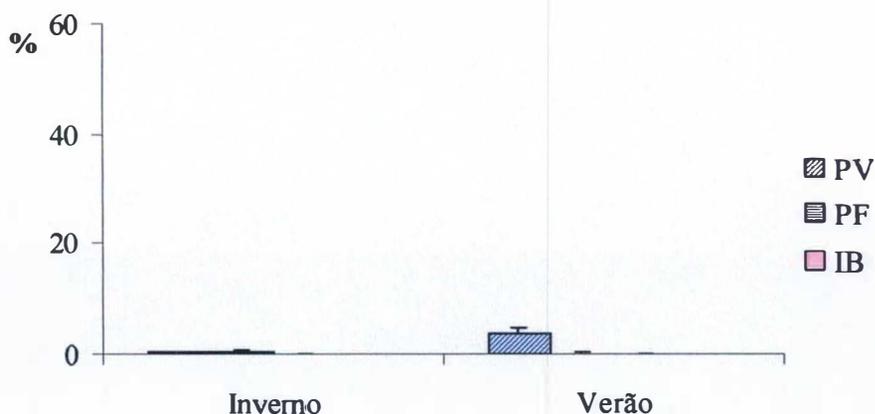


Figura 12: Variação espacial da porcentagem de cobertura média ( $\pm$  erro padrão) de *Perna perna* na Praia Vermelha (PV), na Ponta da Fortaleza (PF) e na Ilha do Brandão (IB), no inverno de 2002 e no verão de 2002-03.

A porcentagem de cobertura média de *Chthamalus bisinuatus* no inverno de 2002 foi significativamente diferente entre as áreas ( $F=12,1489$ ;  $p=0,0000$ ), sendo a Ponta da Fortaleza significativamente diferente da Praia Vermelha ( $p=0,0180$ ) e da Ilha do Brandão ( $p=0,0001$ ). No verão de 2002-03, não houve diferença significativa ( $F=0,9815$ ;  $p=0,3783$ ) entre a Praia Vermelha, a Ponta da Fortaleza e a Ilha do Brandão, quanto a porcentagem de cobertura de *C. bisinuatus* (Figura 13).

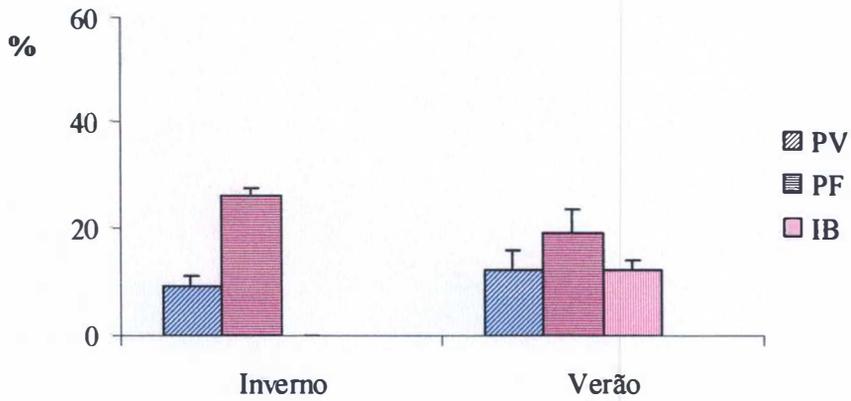


Figura 13: Variação espacial da porcentagem de cobertura média ( $\pm$  erro padrão) de *Chthamalus bisinuatus* na Praia Vermelha (PV), na Ponta da Fortaleza (PF) e na Ilha do Brandão (IB), no inverno de 2002 e no verão de 2002-03.

A porcentagem de cobertura média de *Tetraclita stalactifera* entre as três áreas estudadas foi semelhante no inverno de 2002 e no verão de 2002-03 (Figura 14).

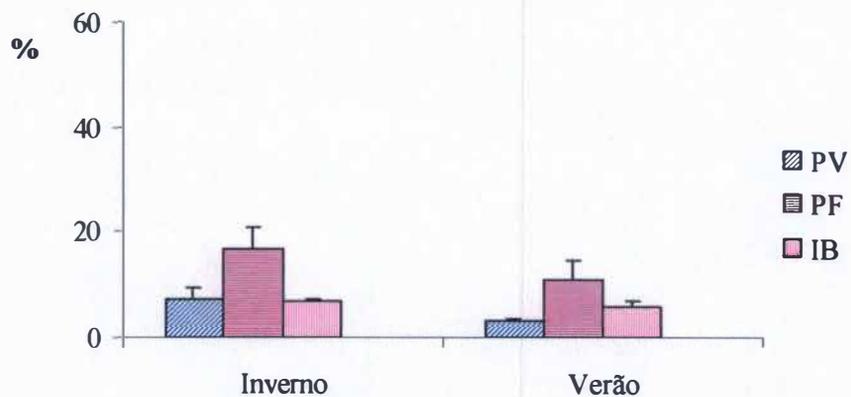


Figura 14: Variação espacial da porcentagem de cobertura média ( $\pm$  erro padrão) de *Tetraclita stalactifera* na Praia Vermelha (PV), na Ponta da Fortaleza (PF) e na Ilha do Brandão (IB), no inverno de 2002 e no verão de 2002-03.

A porcentagem de cobertura média de algas no inverno de 2002 foi significativamente diferente ( $F=3,1361$ ;  $p=0,0477$ ) entre as áreas. No verão de 2002-03, também houve diferença significativa entre as áreas ( $F=3,3582$ ;  $p=0,0387$ ), sendo a Ilha do Brandão diferente da Ponta da Fortaleza, mas semelhante à Praia Vermelha (Figura 15).

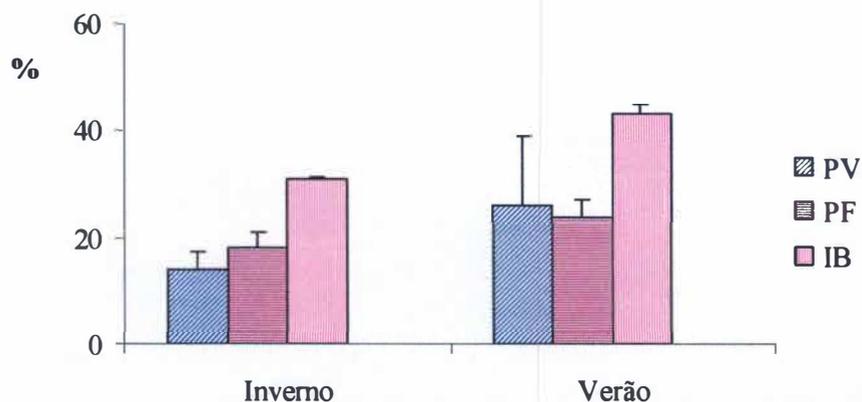


Figura 15: Variação espacial da porcentagem de cobertura média ( $\pm$  erro padrão) de algas na Praia Vermelha (PV), na Ponta da Fortaleza (PF) e na Ilha do Brandão (IB), no inverno de 2002 e no verão de 2002-03.

#### 4. Variação Temporal da Distribuição Vertical dos Táxons/Grupos:

Análises dos dendrogramas gerados com as médias das porcentagens dos organismos nos quadrados dos transectos nas três áreas estudadas, no inverno de 2002 e no verão de 2002-03 (Anexos 2, 3 e 4), indicaram a similaridade entre os quadrados e permitiram separar a zona entre-marés dos costões nas seguintes porções: Médiolitoral superior, médio e inferior e franja do infralitoral (esta última somente na Ponta da Fortaleza). Nas três áreas, os organismos dominantes nos quadrados foram distribuídos nas porções dos costões (Tabelas 7, 8 e 9).

Tabela 7 – Distribuição dos organismos dominantes nas porções do costão da Praia Vermelha, no inverno de 2002 e no verão de 2002-03.

<b>Porção</b>	<b>Inverno</b>	<b>Verão</b>
Mediolitoral superior	Q1 a Q2 <i>Chthamalus bisinuatus</i>	Q1 a Q3 <i>Chthamalus bisinuatus</i>
Mediolitoral médio	Q3 a Q4 <i>Brachidontes solisianus</i> <i>Isognomon bicolor</i> <i>Tetraclita stalactifera</i>	Q4 a Q7 <i>Brachidontes solisianus</i> <i>Isognomon bicolor</i> <i>Tetraclita stalactifera</i>
Mediolitoral inferior	Q5 a Q9 <i>Isognomon bicolor</i> <i>Tetraclita stalactifera</i>	Q8 a Q9 <i>Ulva</i> spp. <i>Isognomon bicolor</i> <i>Perna perna</i>

Tabela 8 – Distribuição dos organismos dominantes nas porções do costão da Ponta da Fortaleza, no inverno de 2002 e no verão de 2002-03.

<b>Porção</b>	<b>Inverno</b>	<b>Verão</b>
Mediolitoral superior	Q1 a Q6 <i>Chthamalus bisinuatus</i>	Q1 a Q6 <i>Chthamalus bisinuatus</i>
Mediolitoral médio	Q7 a Q9 <i>Tetraclita stalactifera</i> <i>Isognomon bicolor</i> <i>Brachidontes solisianus</i>	Q7 a Q9 <i>Isognomon bicolor</i> <i>Tetraclita stalactifera</i> <i>Brachidontes solisianus</i>
Mediolitoral inferior	Q10 a Q14 <i>Isognomon bicolor</i> <i>Tetraclita stalactifera</i>	Q10 a Q15 <i>Isognomon bicolor</i>
Franja do infralitoral	Q15 a Q17 <i>Colpomenia sinuosa</i> <i>Sargassum vulgare</i> <i>Jania adhaerens</i>	Q16 a Q17 <i>Sargassum vulgare</i>

Tabela 9 – Distribuição dos organismos dominantes nas porções do costão da Ilha do Brandão, no inverno de 2002 e no verão de 2002-03.

<b>Porção</b>	<b>Inverno</b>	<b>Verão</b>
Mediolitoral superior	Q1 a Q2 Vazio	Q1 a Q4 <i>Chthamalus bisinuatus</i>
Mediolitoral médio	Q3 a Q6 <i>Petalocochus</i> sp. <i>Tetraclita stalactifera</i> <i>Isognomon bicolor</i>	Q5 a Q6 <i>Centroceras clavulatum</i> <i>Petalocochus</i> sp. <i>Isognomon bicolor</i>
Mediolitoral inferior	Q7 a Q9 <i>Jania adhaerens</i> e <i>Amphiroa fragilissima</i> <i>Laurencia papillosa</i>	Q7 a Q9 <i>Jania adhaerens</i> e <i>Amphiroa fragilissima</i> <i>Laurencia papillosa</i>

Na Praia Vermelha, no inverno de 2002, o mediolitoral médio do costão foi dominado por *B. solisianus*, seguido de *I. bicolor* e *T. stalactifera* e a porção inferior foi dominada por *I. bicolor*, seguido por *T. stalactifera* (Figura 16). No verão, os organismos dominantes no mediolitoral médio foram os mesmos observados no inverno, no entanto o mediolitoral inferior foi dominado pelas algas, principalmente pela clorofíceia *Ulva* spp. (Figura 16).

Na Ponta da Fortaleza, no inverno de 2002, o mediolitoral médio foi dominado por *T. stalactifera*, seguida por *I. bicolor* e *B. solisianus* e o medioinferior por *I. bicolor*, seguido por *T. stalactifera*. A franja do infralitoral foi dominada pelas macroalgas *C. sinuosa*, *S. vulgare* e *J. adhaerens* (Figura 17a). No verão, o mediolitoral médio foi dominado por *I. bicolor*, seguido por *T. stalactifera* e *B. solisianus* e o inferior por *I. bicolor*, seguido por *S. vulgare*. Nesta estação, a franja do infralitoral foi amplamente dominada por *S. vulgare* (Figura 17b).

Na Ilha do Brandão, no inverno de 2002, o mediolitoral médio foi amplamente dominado por *Petalocochnus* sp., seguida por *T. stalactifera* e *I. bicolor*. A porção inferior foi dominada pelas macroalgas, principalmente pelas algas calcárias e por *L. papillosa* (Figura 18). No verão, o mediolitoral superior foi dominado por *C. bisinuatus* e mediolitoral médio pelas macroalgas da espécie *C. clavulatum*, seguida por *Petalocochnus* sp. e *I. bicolor*. A porção inferior foi dominada pelas mesmas macroalgas observadas no inverno (Figura 18).

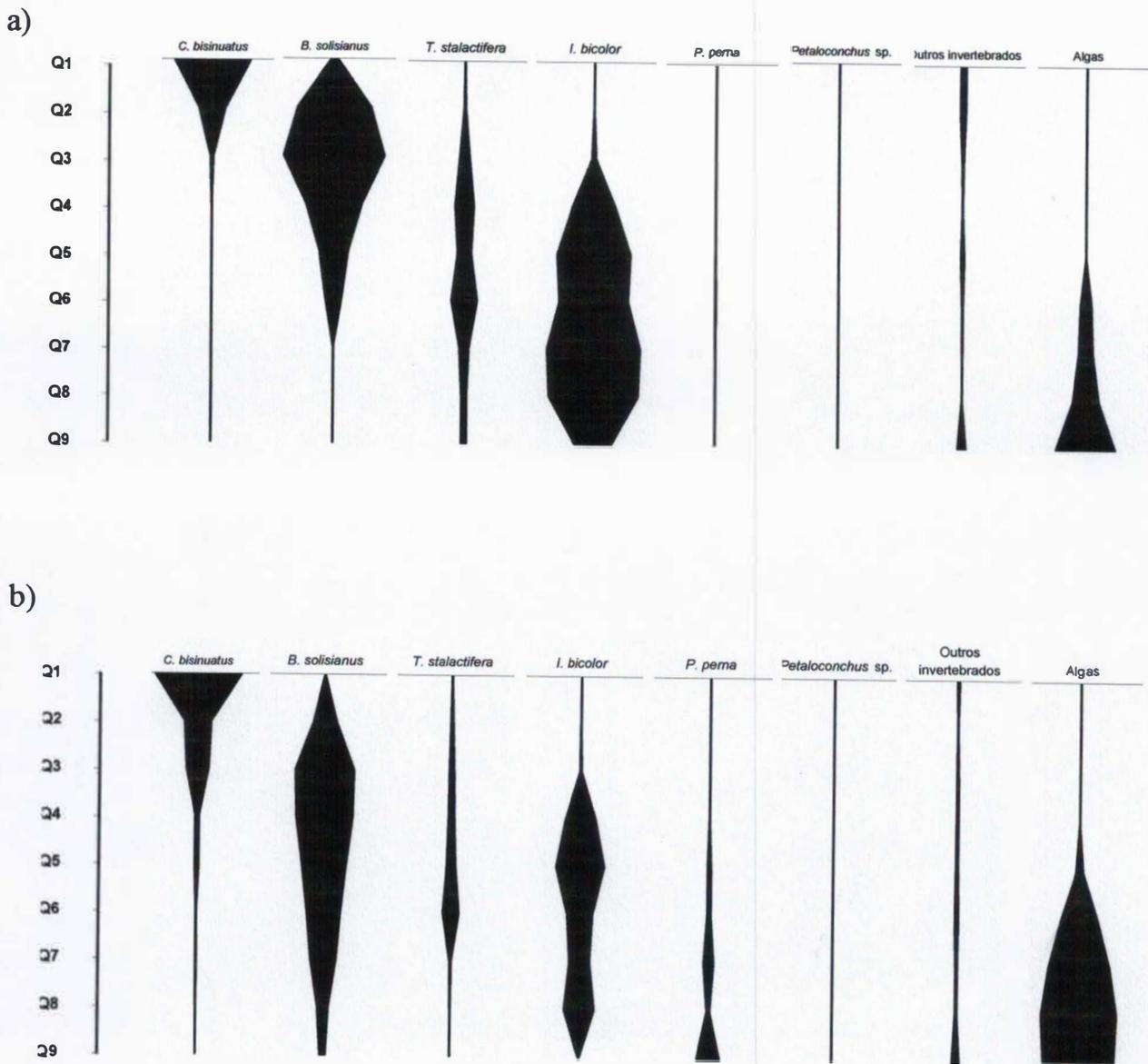


Figura 16 – Padrão de zonação dos principais táxons observados na Praia Vermelha, no inverno de 2002 (a) e no verão de 2002-03 (b). (escala: 10mm=55% de cobertura)

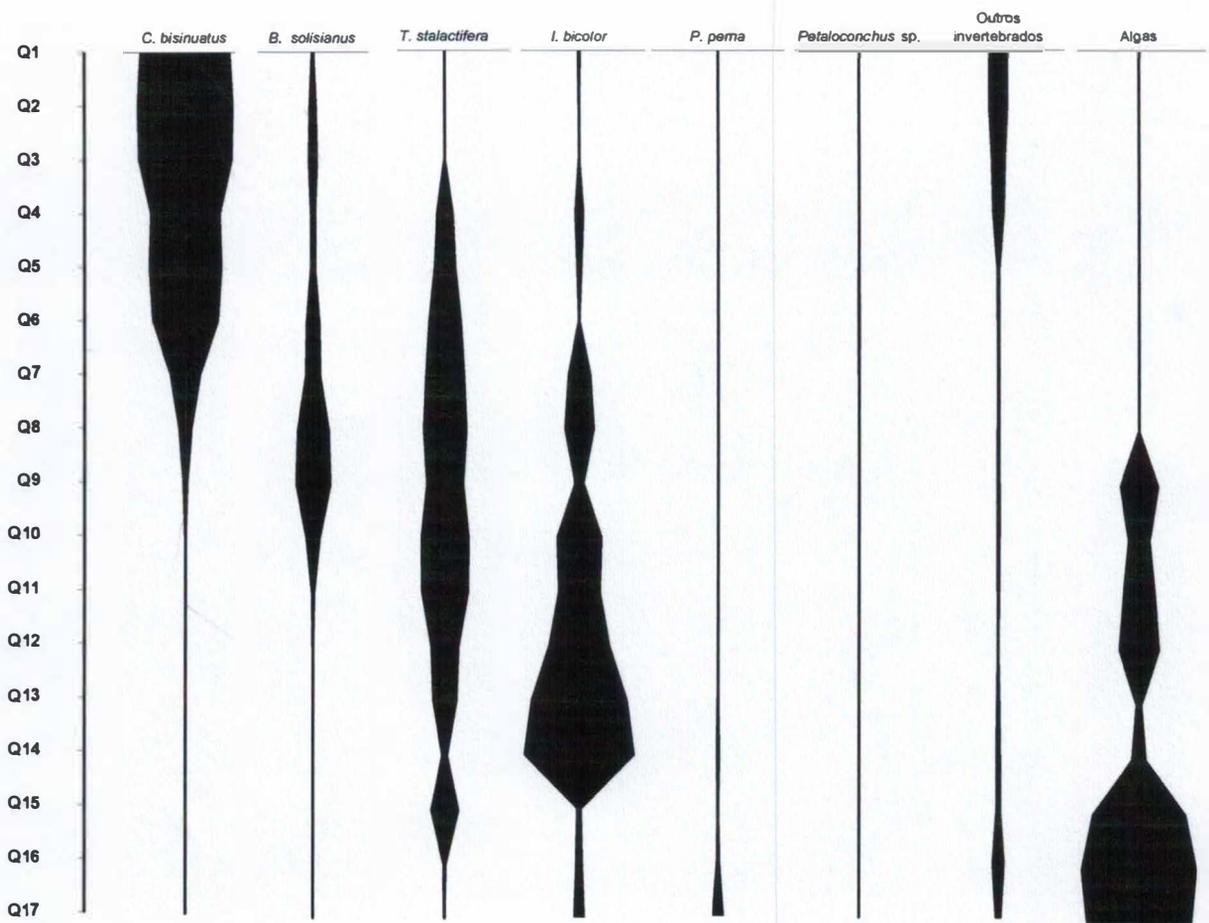


Figura 17a – Padrão de zonação dos principais táxons observados na Ponta da Fortaleza, no inverno de 2002. (escala: 10mm=55% de cobertura)

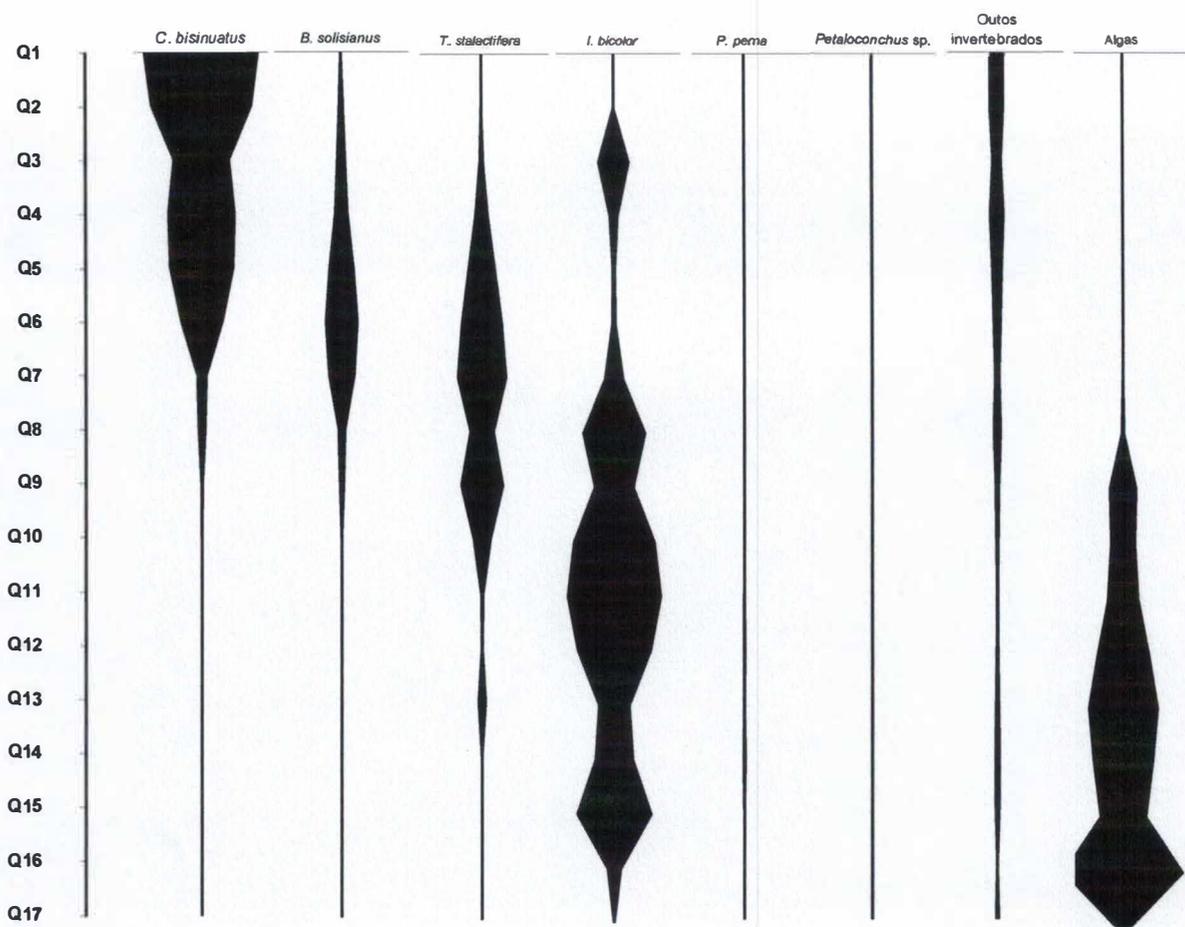


Figura 17b – Padrão de zonação dos principais táxons observados na Ponta da Fortaleza, no verão de 2002-03. (escala: 10mm=55% de cobertura)

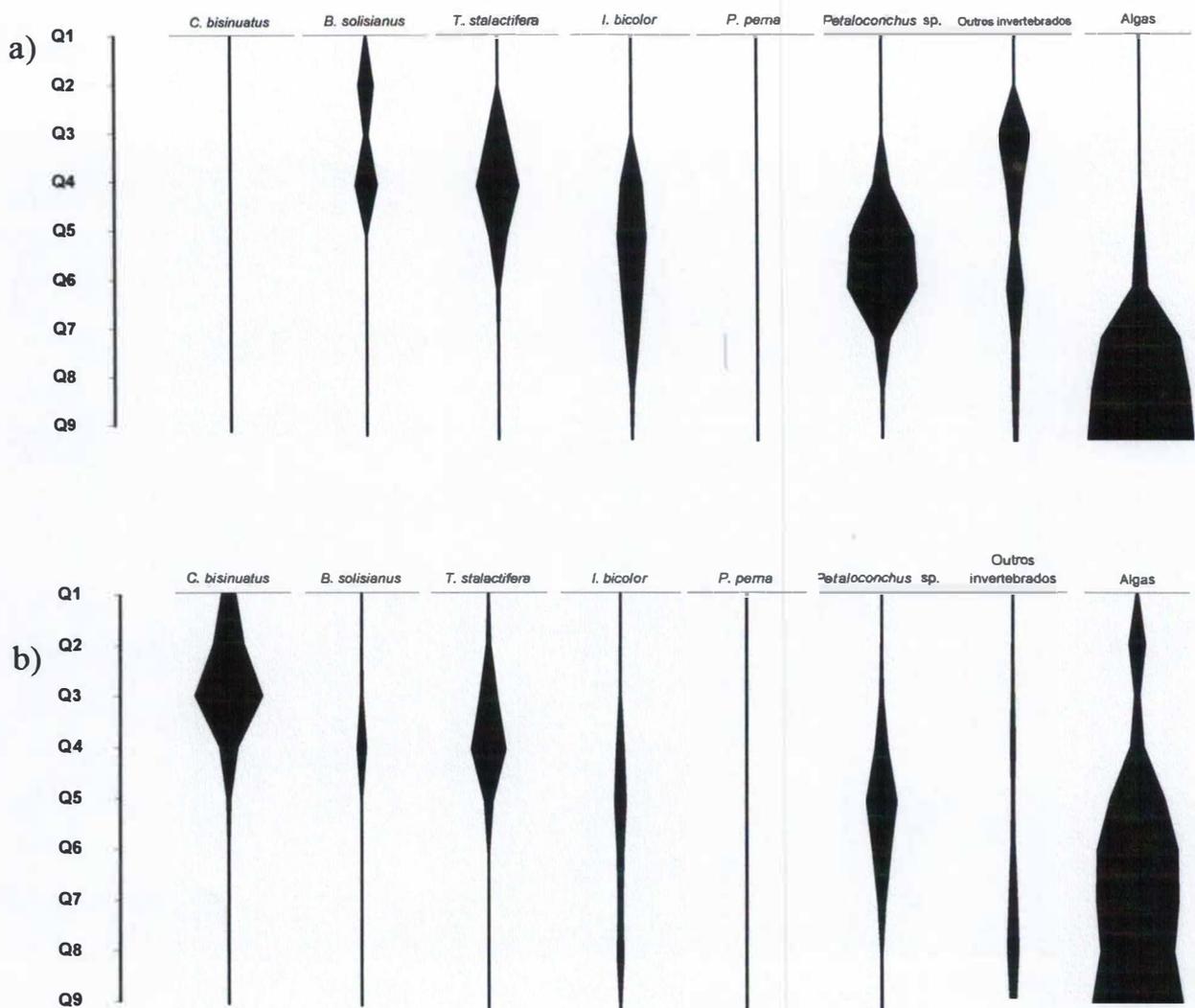


Figura 18 – Padrão de zonação dos principais táxons observados na Ilha do Brandão, no inverno de 2002 (a) e no verão de 2002-03 (b). (escala: 10mm=64% de cobertura)

## 5. Estrutura das Comunidades nas Três Áreas:

### 5.1 – Diversidade

A diversidade média calculada pelo índice de Shannon-Winner foi de 2,36 para a Ilha do Brandão, 1,98 para a Ponta da Fortaleza e de 1,73 para a Praia Vermelha. Houve diferença significativa entre as áreas de estudo ( $F=36,3554$ ;  $p=0,0000$ ), sendo a Praia Vermelha significativamente diferente da Ponta da Fortaleza ( $p=0,0143$ ) e da Ilha do Brandão ( $p=0,0002$ ) e esta última também significativamente diferente da Ponta da Fortaleza ( $p=0,0009$ ). Os resultados mostram que a Praia Vermelha é a área que apresenta a menor diversidade específica e a Ilha do Brandão a maior diversidade (Tabela 10). Não houve diferença significativa entre as estações do ano ( $F=0,0111$ ;  $p=0,9177$ ).

Tabela 10 – Diversidade calculada através do índice de Shannon-Winner ( $H'$ ) para a Ilha do Brandão (IB), Praia Vermelha (PV) e Ponta da Fortaleza (PF), no inverno de 2002 (I) e o verão de 2002-03 (V), em cada transecto (T1, T2 e T3).

Área de Estudo	Estação do Ano	Transectos	$H'$	$H'$ Média dos Três Transectos	$H'$ Média das Áreas de Estudo
IB	I	T1	2,168	2,27	<b>2,36</b>
		T2	2,286		
		T3	2,346		
	V	T1	2,408	2,45	
		T2	2,611		
		T3	2,338		
PV	I	T1	1,767	1,76	<b>1,73</b>
		T2	1,784		
		T3	1,738		
	V	T1	1,473	1,69	
		T2	1,959		
		T3	1,637		
PF	I	T1	2,033	2,02	<b>1,98</b>
		T2	2,076		
		T3	1,966		
	V	T1	1,874	1,93	
		T2	1,89		
		T3	2,032		

## 5.2 – Similaridade

Foram identificados dois grupos principais no dendrograma. Os transectos da Ilha do Brandão, do inverno de 2002 e do verão de 2002-03, ficaram agrupados separadamente e se afastaram dos transectos da Praia Vermelha e da Ponta da Fortaleza. Estas duas áreas apresentaram cerca de 46% de similaridade e foram cerca de 78% distintos da composição da Ilha do Brandão (Figura 19). Estes agrupamentos ocorreram principalmente devido à alta porcentagem de cobertura de *Petalonchus* sp. na Ilha do Brandão e sua praticamente ausência na Praia Vermelha e na Ponta da Fortaleza, e às mais altas porcentagens de cobertura de *Isognomon bicolor* nestas duas últimas áreas.

No dendrograma também pode ser observado que, as diferenças entre as estações do ano foram mais acentuadas na Ilha do Brandão, sendo os transectos do verão apenas 30% similares aos do inverno. *Petalonchus* sp. foi o organismo que mais contribuiu para a similaridade entre os transectos do inverno e *Chthamalus bisinuatus* foi quem mais contribuiu para a similaridade entre os transectos do verão. Dentre as espécies observadas, esta última foi quem mais contribuiu, com 12,36%, para as diferenças entre os transectos do inverno e os transectos do verão, na Ilha do Brandão. Na Ponta da Fortaleza, os transectos do inverno tiveram cerca de 65% de similaridade entre si. A macroalga *Sargassum vulgare* foi quem mais contribuiu para a diferença entre os transectos do inverno e os transectos do verão, na Ponta da Fortaleza. Na Praia Vermelha, não foram evidentes as diferenças entre as estações do ano (Figura 19).

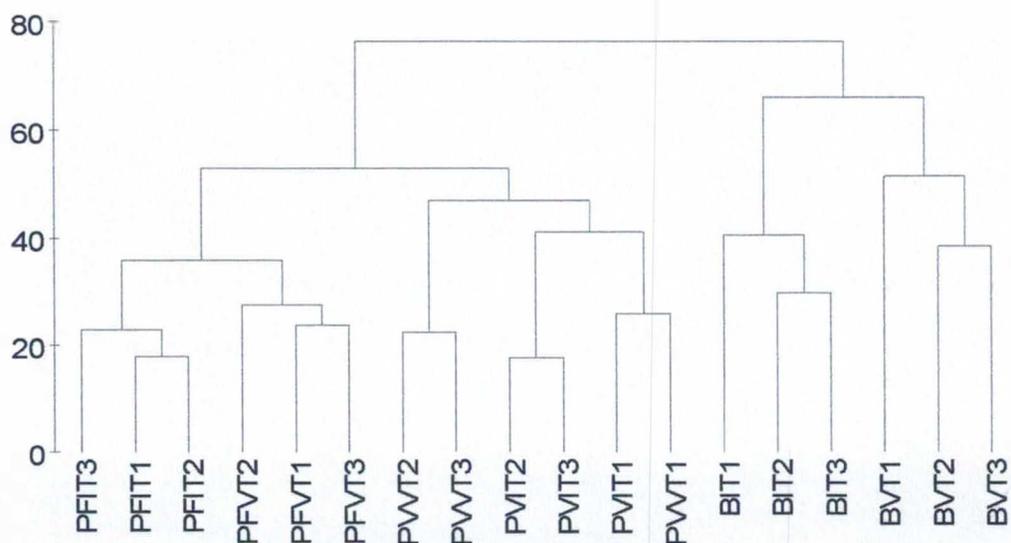


Figura 19: Dendrograma em escala de dissimilaridade do índice de Bray-Curtis (UPGMA), com os três transectos (T1, T2 e T3) da Praia Vermelha (PV), da Ponta da Fortaleza (PF) e da Ilha do Brandão (B), no inverno de 2002 (I) e no verão de 2002-03 (V).

### 5.3 – Ordenação

O resultado da análise multivariada não paramétrica denominada escalonamento multidimensional (nMDS), tendo como fator as três áreas de estudo, demonstraram que a Ilha do Brandão é diferente das outras áreas. Apesar da Praia Vermelha e da Ponta da Fortaleza serem semelhantes, os transectos de cada uma destas áreas se agruparam separadamente (Figura 20).



Figura 20: Representação gráfica da análise multivariada não paramétrica (nMDS) com os transectos da Praia Vermelha (PV), da Ponta da Fortaleza (PF) e da Ilha do Brandão (B).

A análise multivariada (nMDS) para as estações do ano, indica que na Ilha do Brandão há diferenças marcantes entre os transectos do inverno de 2002 e os do verão de 2002-03, visto que ficaram bem separados no gráfico (Figura 21). Na Praia Vermelha e na Ponta da Fortaleza, os transectos do inverno e do verão se misturaram, não havendo nestas áreas diferenças marcantes entre as duas estações do ano (Figura 21).

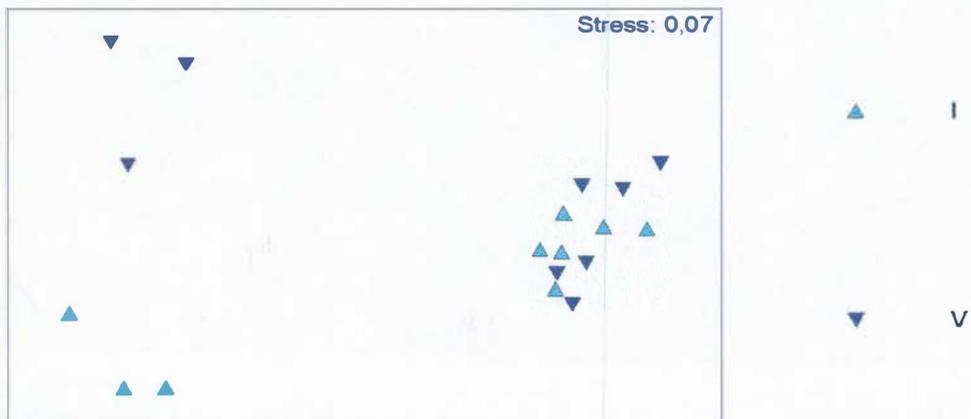


Figura 21: Representação gráfica da análise multivariada não paramétrica (nMDS) com os transectos das estações do ano (inverno de 2002 = I e verão de 200-03 = V), nas três áreas.

A análise multivariada (nMDS) para a porcentagem de cobertura de *Isognomon bicolor* indica, que esta espécie é muito abundante na Praia Vermelha e na Ponta da Fortaleza e menos abundante na Ilha do Brandão (Figura 22).



Figura 22: Representação gráfica da análise multivariada não paramétrica (nMDS) para a porcentagem de cobertura de *Isognomon bicolor* nas três áreas, nas duas estações do ano.

A análise multivariada (nMDS) para a porcentagem de cobertura de *Petalocochus* sp. indica que este gênero é extremamente abundante na Ilha do Brandão e praticamente inexistente nas demais áreas (Figura 23).



Figura 23: Representação gráfica da análise multivariada não paramétrica (nMDS) para a porcentagem de cobertura de *Petalocochus* sp. nas três áreas, nas duas estações do ano.

A análise multivariada (nMDS) para a porcentagem de cobertura de porcentagem de cobertura de *Tetraclita stalactifera* verifica-se que esta espécie é mais abundante na Praia Vermelha e na Ponta da Fortaleza, do que na Ilha do Brandão (Figura 24).

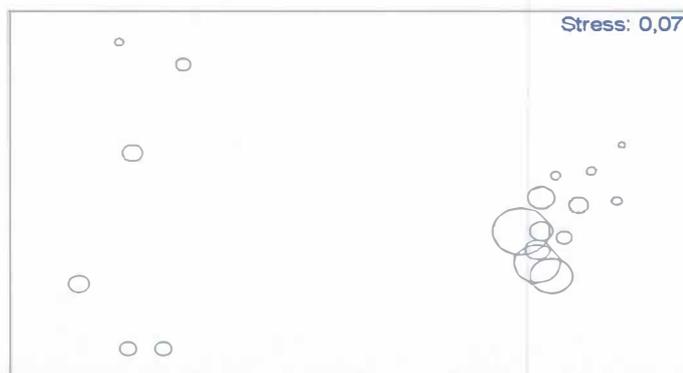


Figura 24: Representação gráfica da análise multivariada não paramétrica (nMDS) para a porcentagem de cobertura de *Tetraclita stalactifera* nas três áreas, nas duas estações.

A análise multivariada (nMDS) para a porcentagem de cobertura de porcentagem de cobertura de *Perna perna*, indica que esta espécie é mais abundante na Praia Vermelha, seguido da Ponta da Fortaleza e não ocorre na Ilha do Brandão (Figura 25).



Figura 25: Representação gráfica da análise multivariada não paramétrica (nMDS) para a porcentagem de cobertura de *Perna perna* nas três áreas, nas duas estações do ano.

Com a realização do teste ANOSIM (“Two-way crossed Analysis”), foi constatada diferença significativa entre as áreas de estudo ( $R_{\text{Global}}=0,942$ ,  $p=0,001$ ), sendo a Ilha do Brandão significativamente diferente da Praia Vermelha e da Ponta da Fortaleza, mas não havendo diferença significativa entre estas duas últimas áreas ( $R=0,907$ ;  $p=0,001$ ). Os resultados deste teste também mostraram diferenças significativas entre o inverno de 2002 e o verão de 2002-03 ( $R_{\text{Global}}=0,802$ ;  $p=0,002$ ).

## DISCUSSÃO

A presença de *Isognomon bicolor* na maioria dos costões rochosos percorridos de norte a sul do estado do Rio de Janeiro confirma que, esta espécie está bastante expandida e possui uma distribuição bem ampla, conforme já citado por outros autores (Domaneschi & Martins, 2002; Rocha, 2002; Ferreira-Silva, 2004; Rapagnã, 2004). Além disso, a diversidade de ambientes onde *I. bicolor* tem sido encontrado, mostra a capacidade de adaptação desta espécie, o que pode ter sido fundamental para o seu estabelecimento após a introdução. Como já observado por outros autores (Anderson, 2002; Rocha, 2002; Rapagnã, 2004), a capacidade de incrustação e a estrutura gregária dos indivíduos de *I. bicolor*, somada à sua morfologia inconstante e à sua habilidade de habitar frestas, principalmente quando os locais são mais batidos, podem ser consideradas características importantes para a permanência e dominância desta espécie nos costões rochosos onde ocorre, podendo significar uma resposta adaptativa relacionada à competição, a predação e ao deslocamento por ondas e correnteza da água. Em relação à predação, López & Coutinho (2003), pesquisou as mudanças do hábito alimentar do gastrópode *Stramonita*

*haemastoma* após a invasão de *I. bicolor* em Arraial do Cabo, e considerou essa espécie como sendo atualmente o alimento preferido daquela.

Apesar de alguns pesquisadores brasileiros afirmarem sobre a presença de *I. bicolor* no infralitoral (Domaneschi & Martins, 2002; Rocha, 2002; Rapagnã, 2004), quando investigada esta zona dos costões, nenhum indivíduo foi encontrado. Estas observações entretanto, não coincidem com um importante trabalho de Anderson (2002) em plataformas de petróleo, no Estado de Louisiana (EUA), no Golfo do México, na qual *I. bicolor* aparece nas amostras coletadas a 20 metros de profundidade. Neste mesmo trabalho, *I. bicolor* foi o organismo dominante na estrutura superficial das plataformas. Dessa forma, as plataformas de petróleo estão entre as mais prováveis vias de introdução de *I. bicolor* no país, visto a grande participação de empresas brasileiras no mercado mundial de exploração de petróleo com plataformas offshore e também a espetacular capacidade desta espécie se fixar através do bisso nesse tipo de substrato, mesmo recebendo intenso batimento de ondas (Anderson, 2002).

O menor número total de táxons encontrado na Praia Vermelha em relação às outras duas áreas estudadas e a grande abundância de *I. bicolor* e de *Ulva* spp., pode estar relacionado à eutrofização desta área, visto que a redução da diversidade de um ambiente pode ser resultado da exclusão competitiva de algumas espécies por aquelas que são mais favorecidas nessas condições (Murray & Littler, 1978). A poluição orgânica é uma das principais ameaças aos ambientes costeiros e pode gerar efeitos diretos e indiretos sobre a comunidade bentônica. Quando intensa, pode interferir negativamente nas comunidades, favorecendo espécies oportunistas e diminuindo a diversidade e a riqueza de espécies (Murray & Littler, 1978; Díez *et al.*, 1999). Em geral, locais com águas eutrofizadas são caracterizados pela presença de poucas espécies que apresentam altos valores de biomassa. Como este padrão é freqüentemente confuso, devido às interações entre o enriquecimento

de nutrientes e outros fatores do ambiente, deve-se tomar cuidado na interpretação destes resultados.

A diminuição do número total de táxons e da abundância relativa de *I. bicolor* observada no verão de 2002-03 em relação ao inverno de 2002, na Praia Vermelha, pode estar relacionada ao aumento significativo da cobertura de algas no costão, especialmente da macroalga *Ulva* spp., considerando-se que, na metodologia utilizada, foi realizada a leitura do estrato superior da comunidade. Provavelmente, as macroalgas cobriam as espécies que se encontravam diretamente na superfície do substrato. Segundo Murray & Littler (1978), o gênero *Ulva*, junto com *Enteromorpha* tem sido comumente reportados como organismos oportunistas e colonizadores em regiões poluídas. Além disso, em ambientes enriquecidos por nutrientes, geralmente a alta cobertura de algas verdes é acompanhada pela baixa diversidade taxonômica do local (Rastetter & Cooke, 1979). Como principalmente no verão são formadas as chamadas “green tides”, que dominam grande parte da zona entre-marés dos costões (Schramm & Nienhuis, 1996), uma outra hipótese para a diminuição da porcentagem de cobertura de *I. bicolor*, é que o aumento da abundância das algas no costão tenha contribuído para a sua exclusão. Esta hipótese, no entanto, é menos provável, visto que no inverno de 2003, seguinte ao verão estudado, houve um aumento significativo da cobertura de *I. bicolor*, que voltou a ser um dos dominantes no costão. Na Ilha do Brandão, a porcentagem de cobertura de *I. bicolor* diminuiu significativamente no verão de 2002-03, em relação ao inverno de 2002, porém nesta área não foi feito um estudo no inverno de 2003, não sendo obtidas novas informações sobre a cobertura de *I. bicolor*. Certamente o aumento significativo da cobertura de *Chthamalus bisinuatus* no verão, teve influência na diminuição de *I. bicolor*, considerando-se que, para obter-se a porcentagem de cobertura dos organismos, foram calculadas as médias de todos os quadrados de cada transecto. Já na Ponta da Fortaleza, a

porcentagem de cobertura de *I. bicolor* aumentou no verão de 2002-03. Os dados registrados por Rocha (2002), mostram que realmente há maior suprimento larval desta espécie na Ponta da Fortaleza, principalmente no verão, o que segundo este autor, pode ter sido uma tendência do ano estudado por ele.

O número total de algas observado na Ilha do Brandão foi maior do que o encontrado nas outras áreas estudadas, no entanto o número total de táxons de invertebrados marinhos foi semelhante entre as áreas. Isto pode estar relacionado à presença do molusco *Petaloconchus* sp. na Ilha do Brandão, que pela sua dominância no costão e devido a complexidade estrutural da sua concha, dificulta a observação de outras espécies de invertebrados que vivem entre ou sob eles. Por outro lado, *Petaloconchus* sp. pode estar servindo como um substrato para várias outras espécies e contribuindo para aumentar a diversidade nesta área, uma hipótese que ainda não foi examinada.

De acordo com estudos recentes, o bivalve *Perna perna* também é uma espécie exótica no litoral brasileiro, tendo sido introduzida há muitos anos atrás (Souza, 2003). Esta espécie atualmente comum nos costões rochosos do litoral brasileiro, está bem estabelecida na fauna local e é de grande interesse econômico. No atual estudo, no costão da Praia Vermelha, a porcentagem de cobertura de *P. perna* teve um aumento, mas não significativo, durante o verão. Já na Ponta da Fortaleza, esta espécie praticamente não foi registrada, nas duas épocas do ano estudadas, o que preocupa e sugere a diminuição da sua densidade, relacionada à influência de fatores abióticos ou bióticos, inclusive por influência humana. Segundo Rocha (2002), *P. perna* vem diminuindo bruscamente a sua ocupação nos substratos da região da Fortaleza, possuindo uma cobertura até 25% menor no costão, quando comparado aos dados encontrados por Lavrado (1992), provavelmente devido à usurpação do espaço por *I. bicolor*. Uma outra questão levantada é que pode estar havendo menor liberação de larvas de *P. perna*, pela baixa abundância de adultos, não só após a

invasão de *I. bicolor*, como mostrou Rocha (2002) nos estudos de recrutamento, mas também devido à extração indiscriminada de *P. perna* por catadores de moluscos. O extrativismo pôde ser constatado, com a observação de inúmeras conchas vazias de *P. perna* próximas ao local estudado, tanto no inverno quanto no verão, o que nos leva a pensar na grande influência que o homem pode estar tendo na estruturação da comunidade deste local. Observamos no presente estudo que a distribuição vertical de *I. bicolor* não parece se sobrepôr completamente com a de *P. perna*. Como verificado em outros estudos (Osanaí & Lana, 1977; Fernandes, 1981; Jacobi, 1984), os indivíduos de *P. perna* ocupam principalmente o médiolitoral inferior dos costões, enquanto *I. bicolor* ocupa principalmente o médiolitoral médio e também o médiolitoral inferior.

Na Ilha do Brandão, a relação entre o maior número total de táxons e a menor porcentagem de cobertura de *I. bicolor*, nas duas estações do ano, pode estar de acordo com o observado em outros estudos (Elton, 1958; Stachowicz, *et al.*, 1999; Levine, 2000; Hector *et al.*, 2001; Occhipinti-Ambrogi & Savini, 2003), que atribuem às comunidades com maior diversidade biológica uma maior resistência as bioinvasões. Entretanto, deve-se ter cuidado em relacionar as invasões com a diversidade dos ambientes, pois outros fatores podem estar envolvidos (Levine, 2000; Ruiz & Hewitt, 2002). É importante lembrar que o presente trabalho é um estudo descritivo da cobertura de *I. bicolor* e da comunidade dos costões e estes resultados encontrados devem ser examinados com cautela. Por exemplo, *I. bicolor* pode ter se desenvolvido menos na Ilha do Brandão não só pela maior diversidade desta área, mas também pela menor disponibilidade de alimento, pela presença de competidores e predadores ou devido a outros fatores. Além disso, apesar de menor cobertura, *I. bicolor* efetivamente já ocorre na Ilha do Brandão, com uma densidade semelhante a das outras áreas estudadas (veja o capítulo 2, deste trabalho).

A grande abundância e a dominância de *Petaloconchus* sp. na Ilha do Brandão pode ser estendida à maioria dos costões da região de Angra dos Reis e tem sido uma surpresa para os ecólogos e pesquisadores se deparar com a estrutura recifal criada por este molusco. Tendo em vista o seu súbito crescimento e desenvolvimento (Junqueira, comunicação pessoal), em locais com poucas pesquisas em substrato consolidado natural, *Petaloconchus* sp. tem sido tratado como um outro molusco invasor nos costões de Angra dos Reis (Moysés, em preparação). Provavelmente, *Petaloconchus* sp. é o maior competidor de *I. bicolor* no costão da Ilha do Brandão, o que pode estar criando uma pressão que impede o desenvolvimento dos indivíduos de *I. bicolor*, tornando instável a sua população nesta área (veja o capítulo 2, deste trabalho).

A lenta colonização do substrato por *I. bicolor* no processo de sucessão, visto em alguns estudos (Rocha, 2002; Ferreira-Silva, 2004; Rapagnã, 2004), e as observações de que o cirripédio da espécie *Tetraclita stalactifera* quando dominante, atua estruturando as comunidades bentônicas maduras, sugerem que esta tem a importante função de facilitar a ocupação do substrato por *I. bicolor*. Nas três áreas pesquisadas neste estudo, *T. stalactifera* apresentou uma considerável cobertura no substrato.

Na Praia Vermelha e na Ponta da Fortaleza, exatamente na porção dos costões onde *I. bicolor* ocorre em maior abundância, *T. stalactifera*, *P. perna* e *Brachidontes solisianus* são menos abundantes. Estas espécies, potencialmente competidoras de *I. bicolor*, aparentemente têm sido prejudicadas pela grande abundância da mesma. Estes dados corroboram com os estudos de Rocha (2002), que afirma que a queda brusca na ocupação de *P. perna*, em Arraial do Cabo, provavelmente se deve a usurpação do espaço por *I. bicolor*. Entretanto, só a presença destas espécies, algumas vezes ocorrendo em altas densidades e dominantes em outras porções dos costões, indica que, se há um processo de competição e exclusão por *I. bicolor*, este processo está sendo lento e precisa ser melhor

compreendido. Na Ilha do Brandão, onde *Petaloconchus* sp. é dominante, *I. bicolor* ocorre com baixa abundância.

O bivalve da espécie *Pinctada imbricata*, atualmente com baixa abundância nos costões rochosos do estado do Rio de Janeiro (Rapagnã, 2004), pode estar sofrendo influências negativas da dominância de organismos bioinvasores. *Pinctada imbricata* pode estar competindo por espaço, há bastante tempo, com *P. perna* e, mais recentemente, com *I. bicolor*. Esta hipótese é corroborada com os dados obtidos por Souza (2003), que encontrou em sambaquis no litoral do estado do Rio de Janeiro, conchas de *P. imbricata* em abundância.

A menor diversidade biológica verificada para a Praia Vermelha em relação à Ponta da Fortaleza e à Ilha do Brandão, pode ser resultado da eutrofização, que pode afetar significativamente as comunidades marinhas. Com relação à questão levantada anteriormente, da influência da diversidade biológica de um local à susceptibilidade de uma bioinvasão, no presente estudo, foi observada no local com menor diversidade, uma maior cobertura de *I. bicolor* e indivíduos maiores (veja o Capítulo 2, deste trabalho). Novamente, estes resultados devem ser examinados com cautela, pois a maior disponibilidade de alimento pode favorecer organismos filtradores, como *I. bicolor*. Quanto à similaridade entre as áreas, a Ilha do Brandão ficou afastada do grupo formado pela Praia Vermelha e Ponta da Fortaleza, o que pode ser explicado pela presença dos táxons mais abundantes em cada uma das áreas, no caso *Petaloconchus* sp. na Ilha do Brandão e *I. bicolor* nas outras áreas. Inclusive, o teste de ANOSIM apontou a maior relação existente entre a Praia Vermelha e a Ponta da Fortaleza.

Dentro do conjunto de ações que trata da invasão de uma espécie, algumas medidas estão sendo tomadas para se avaliar a extensão da invasão de *I. bicolor* no litoral do Estado do Rio de Janeiro e nas outras localidades onde ocorre. O tempo necessário para que os

efeitos de uma bioinvasão marinha se tornem mensuráveis varia e também depende, muitas vezes, de características do ambiente. Por isso, ainda é cedo para se avaliar de maneira precisa, quais alterações estão sendo causadas por *I. bicolor* nos ecossistemas onde ocorre.

A importância ecológica e econômica das consequências negativas geradas pela introdução de espécies via água de lastro levou à implementação do Programa do Globalast, um projeto mundial com o objetivo de minimizar os riscos da introdução de espécies nos ambientes, elaborado pela IMO (Organização Marítima Internacional) ligada à ONU (Organização das Nações Unidas). No entanto, não menos importantes são as incrustações de organismos em plataformas de petróleo e em cascos de navios, que têm comprovadamente servido como via de introdução de espécies (Paula, 2001), e não estão sendo contempladas neste amplo projeto. Com isso, espécies como *I. bicolor* e *P. perna*, dentre outras que têm grande facilidade de se fixar em substratos artificiais, podem continuar a serem introduzidas em águas mundiais, se medidas mitigadoras não forem tomadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, R. T. 1974. American seashell. 2ed. New York, Van Nostrand Reinhold Company, 663 p.
- ANDERSON, L. 2002. Evaluation of Oil and Gas Plataforms on the Louisiana Continental Shelf for Organisms with Biotechnology Potential. Coastal Marine Institute.. Louisiana State University. <http://cmi.lsu.edu/reports/Q302/17809.pdf>
- CARLTON, J. T. 1987. Patterns of transoceanic marine biological invasions in the Pacific Ocean. *Bulletin of Marine Science*. 41: 452-465
- CARLTON, J. T. 1989. Man's role in changing the face of the ocean: biological invasions and applications for conservation of nearshore environments. *Con. Biol.* 3: 265-273
- CARLTON, J. T. & GELLER, J. B. 1993. Ecological roulette: The global transport of nonindigenous organisms. *Science*, 261: 78-82
- CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2<sup>nd</sup> edition. Primer-E Ltd: Plymouth.
- DÍEZ, I., SECILLA, A., SANTOLARIA, A. & GOROSTIAGA, J. M. 1999. Phytobenthic Intertidal community Structure Along an Environmental Pollution Gradient. *Mar. Poll. Bull.*, 38 (6), 463-472
- DOMANESCHI, O. & MARTINS, C. M. 2002. *Isognomon bicolor* (C. B. Adams) (Bivalvia, Isognomonidae): primeiro registro para o Brasil, redescritção da espécie e considerações sobre a ocorrência e distribuição de *Isognomon* na costa brasileira. *Revta. Bras. Zool.* 19 (2): 601-610
- ELTON, C. S. 1958. The Ecology of invasion by plants and animals. Methuen and Co Ltd. London

- FERNANDES, F. C. 1981. Aspectos Biológicos e Ecológicos do Mexilhão *Perna perna* (Linné, 1758) da Região de Cabo Frio – Brasil. Tese de Doutorado em Oceanografia. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 91 pp.
- FERREIRA-SILVA, M. A. G. 2004. Sucessão ecológica na faixa de *Isognomon bicolor* (Adams, 1845) (Mollusca: Bivalvia) em regiões com diferentes graus de eutrofização no litoral do estado do Rio de Janeiro. Monografia de Bacharelado em Biologia Marinha. Instituto de Biologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 60 pp.
- HECTOR, A., DOBSON, K., MINNS, A., BAZELEY-WHITE, E. & LAWTON, J. H. 2001. Community diversity and invasion resistance: An experimental test in a grassland ecosystem and a review of comparable studies. *Ecological Research*. 16: 819-831
- IHERING, H. 1897. A ilha de São Sebastião. *Revta. Mus. Paulista*, 2: 129-171
- JACOBI, C. M. 1984. O substrato biológico *Perna perna* (Linné, 1758) na Ilha das Palmas, Santos, SP. Dissertação de Mestrado em Zoologia. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 114 pp.
- JUNQUEIRA, A. O. R., FALCÃO, A. P. C., MAYER-PINTO, M., VIANA, M. S. & SILVA, S. H. G. 2000. Spatial and temporal variations on intertidal barnacle abundance in a tropical bay. *Nauplius*. 8 (2): 195-204
- KJERFVE, B., RIBEIRO, C. H. A., DIAS, G. T. M., FILIPPO, A. M. & QUARESMA, V. S. 1997. Oceanographic characteristic of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. *Contin. Shelf Res.*, 17 (13), 1609-1643
- LAVRADO, H. P. 1992. Seleção de presas pelo gastrópodo *Thais haemastoma* (L.) na região de Arraial do Cabo, RJ. Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Campinas. 104 pp.

- LEVINE, J. M. 2000. Species diversity and Biological Invasions: Relating Local Process to Community Pattern. *Science*. vol. 288: 852-854
- LODGE, D. M. 1993. Biological Invasions: Lessons for Ecology. *Tree*. vol 8 (4) 133-137
- LOPES, M. S. & COUTINHO, R. 2003. Efeito da invasão de *Isognomon bicolor* na ecologia trófica do principal gastrópode predador da zona entre-marés de Arraial do Cabo, RJ, Brasil. V Encontro de Bioincrustação, Ecologia Bêntica e Corrosão
- MATTHEWS, H. R. & KEMPF, M. 1970. Moluscos marinhos do norte e nordeste do Brasil. II – Moluscos do Arquipélago de Fernando de Noronha (com algumas referências ao Atol das rocas). *Arq. Ciênc. Mar.* 10 (1): 1-53
- MAYER-PINTO, M. & JUNQUEIRA, A. O. R. 2003. Effects of organic pollution on initial development of fouling communities in a tropical bay, Brazil. *Mar. Pol. Bull.*, 46, 1495-1503
- MAYR, L. M. & PARANHOS, R. 2000. Qualidade das água da Baía de Guanabara. III Seminário Internacional de Gestão Sustentável da Baía de Guanabara. CIDS/EBAP-FGV, 62 pp.
- MIGOTO, A. E., TIAGO, C. G. & MAGALHÃES, A. R. M. 1993. Malacofauna marinha da região costeira do Canal de São Sebastião, SP, Brasil: Gastropoda, Bivalvia, Polyplacophora e Scaphopoda. *Bol. Inst. Oceanográfico, São Paulo*, 41 (1/2): 13-27
- MOYSÉS, D. N. (em preparação). Sucessão ecológica no costão rochoso, influência da heterogeneidade espacial no recrutamento e na estruturação da comunidade. Projeto de Mestrado em Ecologia. Instituto de Biologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro
- MURRAY, S. & LITTLER, M. 1978. Patterns of algal succession in a perturbed marine intertidal community. *J. Phycol.*, 14, 506-512

- NAYLOR, R. L., WILLIAMS, S. L. & STRONG, D. R. 2001. Aquaculture – A Gateway for Exotic Species. *Science*. vol 294. 1655-1656
- OCCHIPINTI-AMBROGI, A. & SAVINI, D. 2003. Biological invasions as a component of global change stressed marine ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*. vol 46, 542-551
- OLIVEIRA, L. P. H. 1947. Distribuição geográfica da fauna e flora da Baía de Guanabara. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. vol 45, 709-735
- OSANAI, L. Y. & LANA, P. C. 1977. Efeitos do batimento de ondas sobre a zonação de dois pontos escolhidos na região de Arraial do Cabo, RJ. Monografia de Bacharelado em Biologia. Instituto de Biologia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 54 pp.
- PAULA, A. F. 2001. Abundância e distribuição espacial do coral invasor *Tubastrea* na Baía da Ilha Grande, RJ e o registro de *T. tagusensis* e *T. coccinea* para o Brasil. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia. Área de Concentração em Ecologia, UERJ. 87 pp
- PIERCE, R. W., CARLTON, J. T., CARLTON, D. A. & GELLER, J. B. 1997. Ballast water as a vector for tintinnid transport. *Marine Ecology Progress Series*. 149 (1-3): 295-297
- RAPAGNÃ, L. C. 2004. Estudo da estrutura das Populações dos Bivalves *Isognomon bicolor* (C. B. Adams, 1845), *Perna perna* (Linnaeus, 1758) e *Pinctada imbricata* (Röding, 1798) nos Costões Rochosos de Arraial do Cabo, RJ, Brasil. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Marinha da Universidade Federal Fluminense, RJ. 81 pp.
- RASTETTER, E. B. & COOKE, W. J. 1979. Responses of Marine Fouling Communities to sewage Abatement in Kaneohe Bay, Oahu, Hawaii. *Marine Biology*. 53, 271-280

- REISE, K., GOLLASCH, S. & WOLFF, W. J. 1999. Introduced marine species of North Sea coasts. *Helgoländer Meeresunters.* 52, 219-234
- RIOS, E. C. 1970. Coastal Brazilian seashells. Rio Grande, Fundação Cidade do Rio Grande, Museu Oceanográfico de Rio Grande, 255 p.
- \_\_\_\_\_ 1975. Brazilian marine mollusks iconography. Rio Grande, Fundação Universidade de Rio Grande, 255 p.
- \_\_\_\_\_ 1985. Seashells of Brazil. Rio Grande, Fundação Universidade de Rio Grande, 328 p.
- \_\_\_\_\_ 1994. Seashells of Brazil. 2. ed. Rio Grande, Fundação Universidade de Rio Grande, 368 p.
- ROCHA, F. M. 2002. Recrutamento e sucessão de uma comunidade bentônica de mesolitoral dominada pela espécie invasora *Isognomon bicolor* (Bivalvia: Isognomonidae) C. B. Adams, 1748 em dois costões rochosos submetidos a diferentes condições de batimento de ondas. Dissertação de Mestrado em Ecologia. Instituto de Biologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 87 pp.
- RUIZ, G. M., CARLTON, J. T., GROSHOLZ, E. D. & HINES, A. H. 1997. Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: Mechanisms, extent, and consequences. *American Zoologist.* 37 (60): 621-632
- RUIZ, G. M. & HEWITT, C. L. 2002. Toward understanding patterns of coastal marine invasions: a prospectus. *Invasive Aquatic Species of Europe.* 529-547
- SCHRAMM, W. & NIENHUIS, P. H. 1996. Marine Benthic Vegetation. Recent Changes and the Effects of Eutrophication. *Ecological Studies.* vol. 123: 10-41
- SILVA, S. H. G., JUNQUEIRA, A. O. R., SILVA, M. J. M., ZALMON, I. R. & LAVRADO, H. P. 1989. Fouling and wood-boring communities distribution on the coast of Rio de Janeiro. *Coastlines of Brazil.* 95-109

- SILVA, J. S. V., FERNANDES, F. C., LARSEN, K. T. S. & SOUZA, R. C. C. L. 2002. Água de Lastro: Ameaça aos Ecossistemas. *Ciência Hoje*. vol 32 (182), 39-43
- SOUZA, R. C. C. L.. 2003. Distribuição pretérita e atual do mexilhão *Perna perna* no litoral brasileiro: um caso de bioinvasão?. Dissertação de Mestrado em Biologia Marinha. Universidade Federal Fluminense. 58pp
- STACHOWICZ, J. J., WHITLATCH, R. B. & OSMAN, R. W. 1999. Species Diversity and Invasion Resistance in a Marine Ecosystem. *Science*. vol. 286: 1577-1579
- SUTHERLAND, J. P. 1974. Multiple stable points in natural communities. *Am. Nat.* 108: 859-873
- TARASCONI, J. C. 1989. Novos registros de moluscos marinhos para o litoral de Santa Catarina. *Inf. Soc. Brasil. Malacol.* 96: 12-16
- UNDERWOOD, A. J. 1997. *Experiments in Ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press. Cambridge
- VALENTIN, J. L. 2001. The Cabo Frio Upwelling System, Brazil. *Ecological Studies*. vol. 144:97-105
- VALENTIN, J. L. & KEMPF, M. 1977. Some Characteristic of Cabo Frio Upwelling (Brazil). *Coastal Upwelling Ecosystems Analysis*, vol. 6 (2): 18-20
- ZAR, J. H. 1996. *Biostatistical Analysis*, third ed.. Prentice Hall Inc., New Jersey

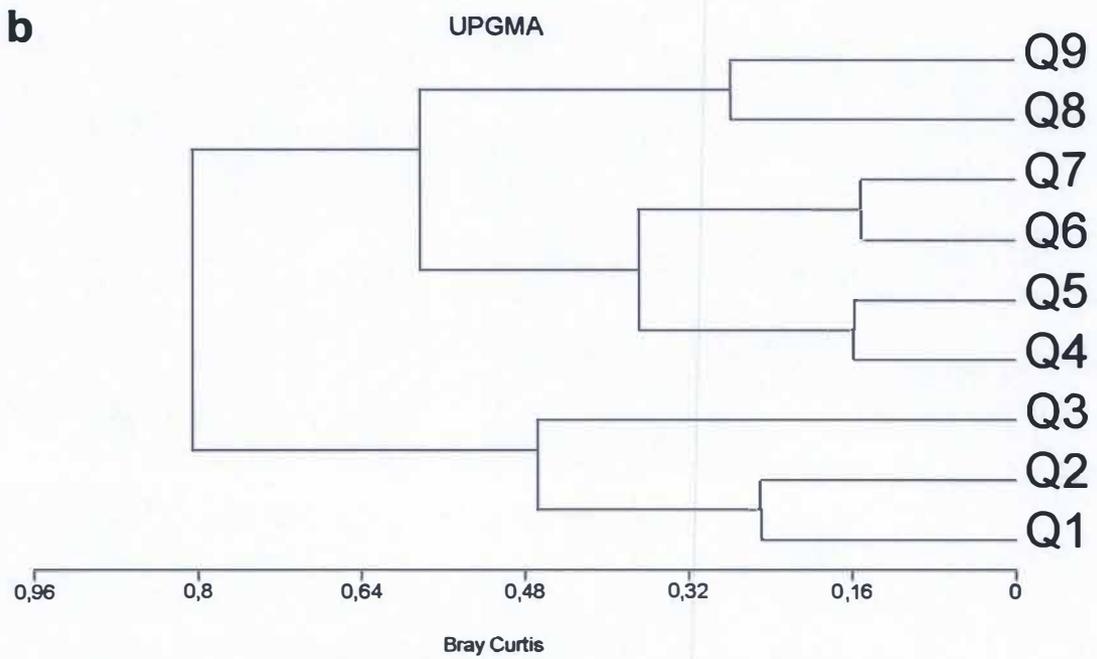
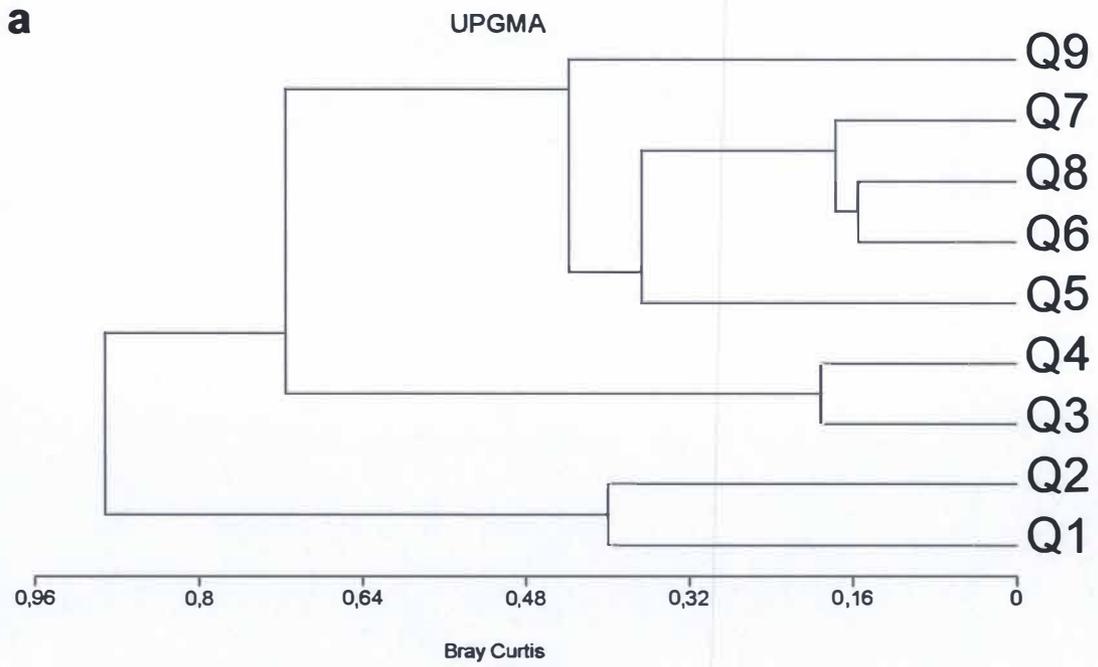
Anexo1: Distribuição geográfica de *Isognomon bicolor* no litoral do estado do Rio de Janeiro e características gerais dos locais visitados (nd = não disponível).

Locais percorridos	Data	Substrato examinados	Faixa examinada	Ocorrência De <i>I. bicolor</i>	Inclinação do substrato onde ocorre <i>I. bicolor</i>
Praia de Geribá (Búzios)	30/12/2002	costão rochoso	médiolitoral e supralitoral	presente no supralitoral (poças de marés)	vertical e horizontal
Ilha do Foguete (Arraial do Cabo)	31/12/2002	costão rochoso	médiolitoral e supralitoral	presente no médiolitoral e no supralitoral (poças de marés)	Vertical
Praia do Peró (Cabo Frio)	01/01/2003	costão rochoso	médiolitoral e supralitoral	presente no médiolitoral	vertical e horizontal
Praia das Conchas (Cabo Frio)	01/01/2003	matacão	médiolitoral	presente	Vertical
Ponta do Vidigal (Rio de Janeiro)	08/02/2003	costão rochoso	infralitoral, mediolitoral e supralitoral	presente no supralitoral	Vertical
Praia do Sepilho 1 (Paraty)	16/05/2003	costão rochoso	Infralitoral, mediolitoral e supralitoral	presente no médiolitoral	Vertical
Praia do Sepilho 2 (Paraty)	16/05/2003	matacão	mediolitoral	ausente	-
Praia dos Cavaleiros (Macaé)	09/08/2003	costão rochoso	infralitoral e mediolitoral	presente	vertical e horizontal

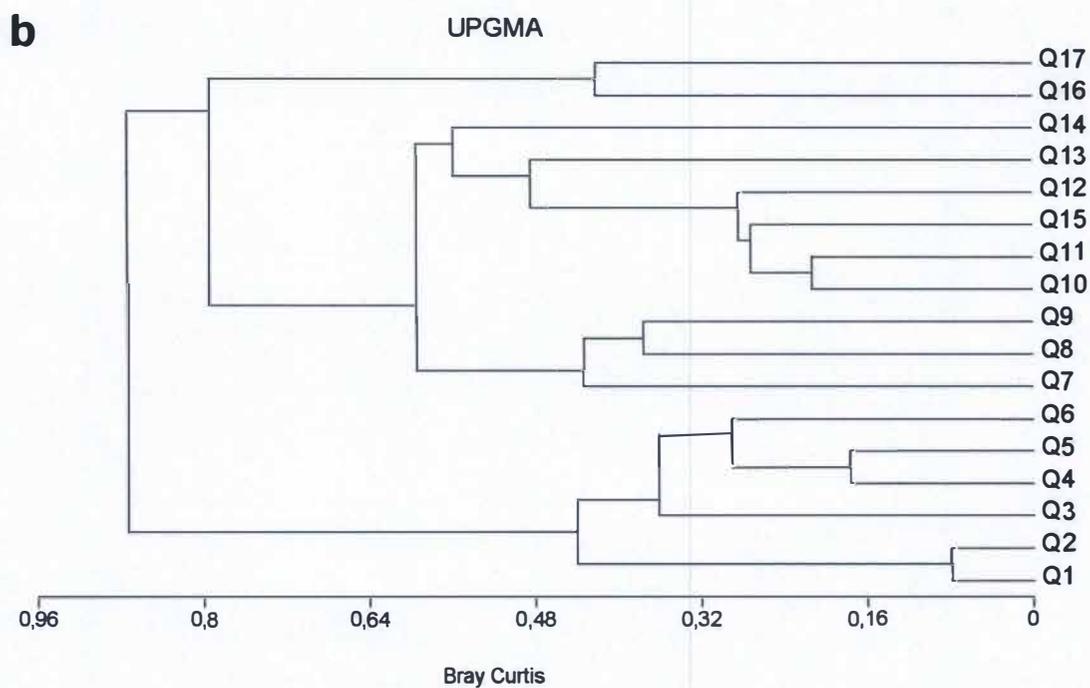
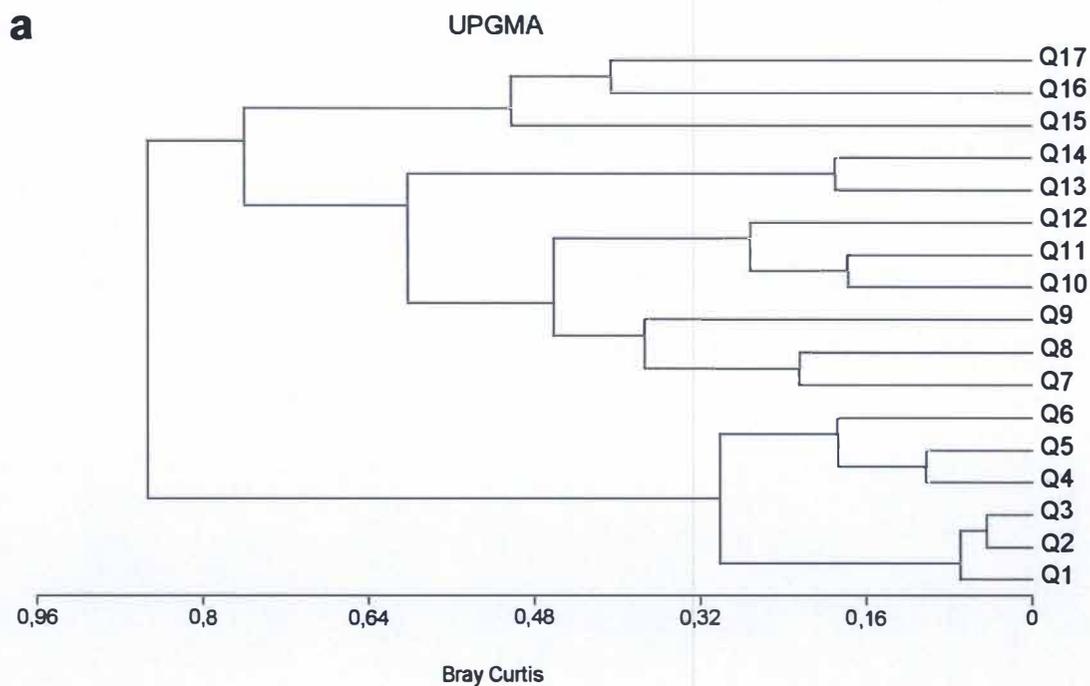
Continuação do Anexo1:

Locais percorridos	Distribuição gregária de <i>I. bicolor</i>	<i>I. bicolor</i> ocorre em fendas	Organismos mais abundantes	Características abióticas
Praia de Geribá (Búzios)	agregados	sim e não	<i>C. bisinuatus</i> <i>P. perna</i> <i>Fragmatopoma</i> sp. <i>Chaetomorpha</i> sp. <i>Ulva</i> sp.	Local batido, com pouca transparência e sem aparente poluição orgânica
Ilha do Foguete (Arraial do Cabo)	agregados e esparsos	-	<i>L. zizac</i> <i>C. subrugosa</i> <i>T. stalactifera</i> <i>P. perna</i> <i>Chaetomorpha</i> sp. <i>Ulva</i> sp.	Local batido, com pouca transparência e sem aparente poluição orgânica
Praia do Peró (Cabo Frio)	agregados	Não	<i>L. zizac</i> <i>B. solisiamus</i> <i>C. bisinuatus</i> <i>Ulva</i> sp.	Local não batido, com pouca transparência e sem aparente poluição orgânica
Praia das Conchas (Cabo Frio)	esparso	Não	nd	Local não batido, com alta transparência e sem aparente poluição orgânica
Ponta do Vidigal (Rio de Janeiro)	agregados	Sim	<i>C. bisinuatus</i> <i>P. perna</i> <i>C. subrugosa</i> <i>Megabalanus</i> sp. <i>Chaetomorpha</i> sp.	Local batido, com pouca transparência e com aparente poluição orgânica
Praia do Sepilho 1 (Paraty)	esparso	Sim	nd	Local batido, com pouca transparência e sem aparente poluição orgânica
Praia do Sepilho 2 (Paraty)	-	-	<i>L. zizac</i> <i>C. subrugosa</i> <i>T. stalactifera</i> <i>P. perna</i> <i>S. vulgare</i>	Local batido, com pouca transparência e sem aparente poluição orgânica
Praia dos Cavaleiros (Macaé)	agregados	Sim	<i>B. solisiamus</i> <i>C. subrugosa</i> <i>P. perna</i> <i>Ulva</i> sp.	Local batido, com pouca transparência e sem aparente poluição orgânica

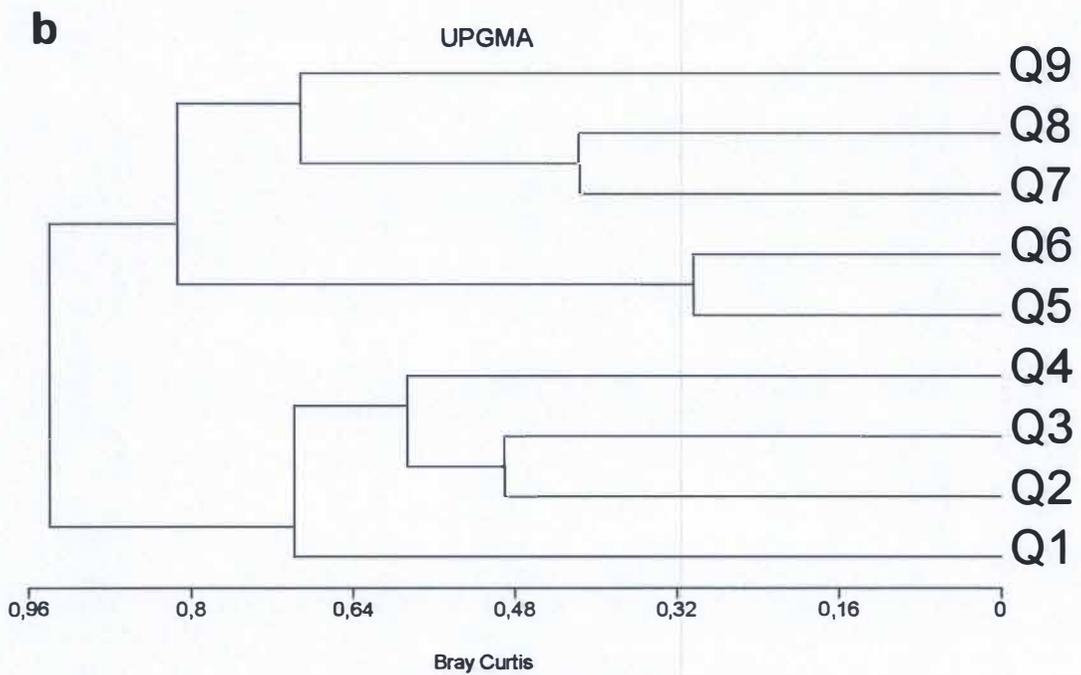
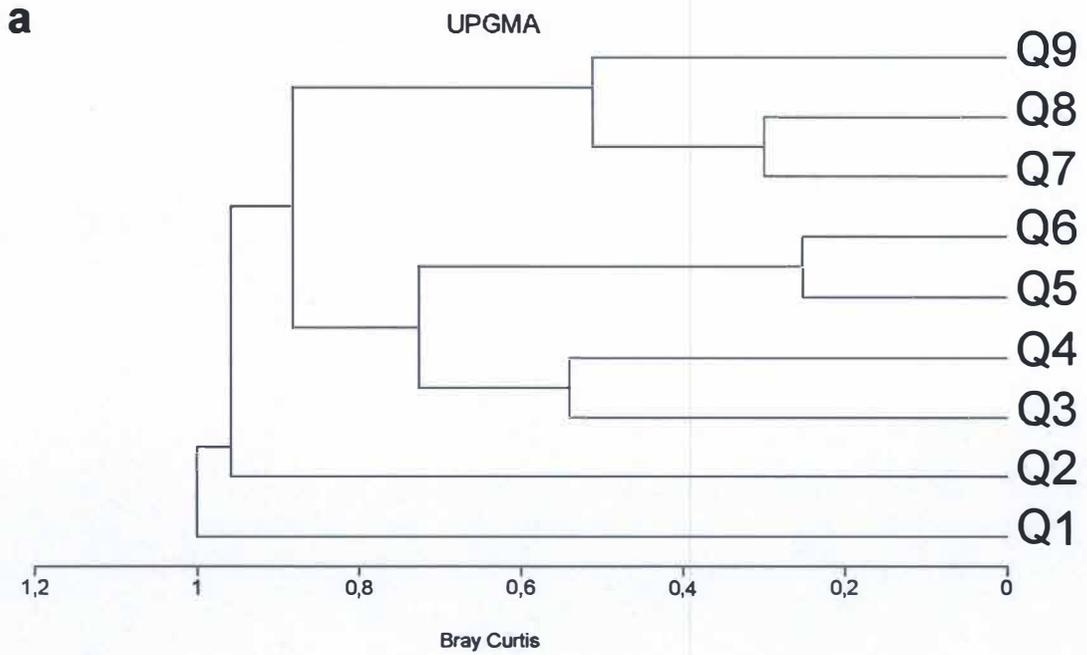
Anexo 2: Dendrograma em escala de dissimilaridade do índice de Bray-Curtis (UPGMA), com as médias dos quadrados da Praia Vermelha, no inverno de 2002 (a) e no verão de 2002-03 (b).



Anexo 3: Dendrograma em escala de dissimilaridade do índice de Bray-Curtis (UPGMA), com as médias dos quadrados da Ponta da Fortaleza, no inverno de 2002 (a) e no verão de 2002-03 (b).



Anexo 4: Dendrograma em escala de dissimilaridade do índice de Bray-Curtis (UPGMA), com as médias dos quadrados da Ilha do Brandão, no inverno de 2002 (a) e no verão de 2002-03 (b).



## **CAPÍTULO 2**

### **VARIAÇÃO TEMPORAL DA ESTRUTURA POPULACIONAL DE**

***Isognomon bicolor* (ADAMS, 1845) EM TRÊS ÁREAS DO**

**LITORAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, BRASIL**

**BREVES, A. R.\* & JUNQUEIRA, A. O. R.\***

\* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Marinha, CCS, Bloco A, Laboratório de Bentos, Sala 089, Rua Brigadeiro Trompowiski, CEP 21941-590, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Palavras-Chaves: Estrutura populacional, *Isognomon bicolor*, densidade populacional, espécie invasora, costão rochoso

## RESUMO

O bivalve invasor *Isognomon bicolor* vem ocupando uma ampla faixa em costões do litoral do estado do Rio de Janeiro. Este trabalho tem como objetivos comparar a estrutura populacional de *I. bicolor* em três áreas distintas do litoral do estado e verificar a variação temporal da estrutura populacional nestas áreas. As coletas foram realizadas no inverno de 2002 e no verão de 2003 na Ilha do Brandão (Angra dos Reis), na Ponta da Fortaleza (Arraial do Cabo) e na Praia Vermelha (Rio de Janeiro). Para a determinação da estrutura populacional de *I. bicolor*, foram posicionados aleatoriamente na sua faixa de ocorrência, 5 quadrados de 100 cm<sup>2</sup> e coletados todos os organismos. Para a determinação da densidade foram contados todos os indivíduos dos quadrados. Para a aferição do tamanho foram selecionadas aleatoriamente subamostras dos quadrados e tomadas as medidas do comprimento da charneira e da parte nacarada da concha, de aproximadamente 50 indivíduos, totalizando cerca de 250 indivíduos de cada área. Nas três áreas, o número médio de indivíduos de *I. bicolor* pode ser considerado extremamente alto, tendo atingido cerca de 800 indivíduos por 100 cm<sup>2</sup>, tanto no inverno quanto no verão. Na Praia Vermelha e na Ponta da Fortaleza, o número de indivíduos vivos foi muito maior do que o número de mortos, entretanto, na Ilha do Brandão, o número de mortos foi extremamente alto. Isto pode estar relacionado à presença e dominância nesta área, de *Petalonchus* sp., outro possível molusco bioinvasor, que forma um recife e cria um ambiente inóspito à presença de *I. bicolor* que ocorre entre e/ou sobre eles. Não foi observada uma moda clara nas classes de tamanho dos indivíduos na Praia Vermelha e na Ponta da Fortaleza. Nestas duas áreas, foram encontrados menos recrutas de *I. bicolor* em comparação com a Ilha do Brandão. Nesta última, a moda ficou nas classes de tamanho menores. Os indivíduos coletados na Praia Vermelha são os que possuem o maior tamanho máximo e médio, sendo os indivíduos da Ilha do Brandão, os que possuem o menor tamanho máximo e médio. A hipótese mais provável para explicar o maior número de recrutas na Ilha do Brandão é que *Petalonchus* sp fornece um substrato que favorece o assentamento de larvas e a fixação dos indivíduos impede que estes se desprendam. Entretanto, *Petalonchus* sp. parece funcionar como uma armadilha, porque apesar de mais indivíduos de *I. bicolor* recrutarem, poucos conseguem crescer e se desenvolver.

## ABSTRACT

The exotic bivalve *Isognomon bicolor* is found in large densities on the rocky shores of the Rio de Janeiro state. The aim of this study was to compare the population structure of this species in three different areas on the coast of this state and to verify its temporal variation. Samples were taken in winter (2002) and summer (2002-03) at Ilha do Brandão (Angra dos Reis), Ponta da Fortaleza (Arraial do Cabo) and Praia Vermelha (Rio de Janeiro). In each area, population structure was assessed by sampling 5 haphazardly quadrats (100 cm<sup>2</sup>) placed in *I. bicolor* zone. All individuals within quadrats were counted. Size frequency distribution was examined in subsamples of 50 individuals (250 per site). Measures of hinge length and of the nacreous inner part of the shell were taken. All the sampled areas presented a high density of *I. bicolor*, reaching 800 individuals per 100 cm<sup>2</sup>, in both seasons. The number of live individuals was similar to the number of dead individuals at Praia Vermelha and Ponta da Fortaleza, but in Ilha do Brandão the number of dead individuals was extremely high. This can be related to the presence and dominance of *Petaloconchus* sp. in this area. This is probably another exotic mollusk that builds a reef structure and creates an inhospitable habitat to *I. bicolor* that live inside or within it. A mode was not found in the size frequency distributions of Praia Vermelha and Ponta da Fortaleza. The individuals sampled at Praia Vermelha presented the highest maximum and medium sizes, whereas the individuals collected at Ilha do Brandão presented the lowest maximum and medium size. There were a lower number of recruits of *I. bicolor* in these areas than in Ilha do Brandão, where a mode was found in the lower size classes. The most reasonable hypothesis to explain the highest number of recruits in Ilha do Brandão is that *Petaloconchus* sp. provides a substrate that enhances settlement of larvae and the attachment of individuals. Although *Petaloconchus* sp. acts as a trap. It enhances recruitment of more individuals, but only a few can grow and develop within it.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, a atenção da comunidade científica tem se voltada à questão da introdução das espécies, em função dos impactos ecológico e econômico decorrentes da invasão de vários ecossistemas em todo o planeta, por animais e plantas exóticas (Silva *et al.*, 2002).

As introduções biológicas têm sido apontadas como um dos principais responsáveis pelo aparecimento de diversas espécies e por mudanças na estrutura das comunidades nativas (Reise *et al.*, 1999). Geralmente livre de predadores naturais que poderiam controlar a sua abundância, muitas espécies introduzidas possuem uma densidade populacional extremamente alta nos novos ambientes onde se estabeleceram. As espécies invasoras podem ser consideradas como uma ameaça à biodiversidade, visto que o seu crescimento acentuado, pode causar o desaparecimento de espécies nativas.

Trabalhos realizados em alguns costões rochosos do estado do Rio de Janeiro e circunvizinhanças (Ihering, 1897; Oliveira, 1947; Fernandes, 1981; Lavrado, 1992; Migoto *et al.*, 1993), jamais registraram a presença de nenhum bivalve da família Isognomonidae. Já na metade da década de 90 (Junqueira, comunicação pessoal), foram feitas observações de densas populações de bivalves do gênero *Isognomon* ocupando uma ampla faixa da zona entre-marés de costões rochosos, onde eram tradicionalmente encontrados os bivalves *Perna perna* (Linnaeus, 1758), *Brachidontes solisianus* (Orbigny, 1846) e *Crassostrea rizophorae* (Guilding, 1828), e o cirripédio *Tetraclita stalactifera* (Lamarck, 1818).

Desde a década de 70, alguns autores registraram o encontro de *Isognomon alatus* Gmelin, 1791 para o Brasil, inicialmente restringindo-se ao Atol das Rocas (Matthews & Kempf, 1970; Rios, 1970, 1975, 1985; Abbott, 1974) e posteriormente ampliando sua distribuição do sudeste ao sul (Tarasconi, 1989; Rios, 1994). Entretanto, o material

testemunho referente ao registro de Rios (1994) para o litoral de São Paulo a Santa Catarina, bem como o material coletado por Matthews & Kempf (1970) no Atol das Rocas não foram localizados por Domaneschi & Martins (2002) em extensa revisão sobre a ocorrência da espécie no Brasil. Apenas o material coletado por Tarasconi (1989) em Santa Catarina foi examinado, constatando-se ser *Isognomon bicolor* e não *I. alatus*, como publicado pelo autor. Após a utilização de extensa literatura específica, do exame das coleções de museus e do estudo da anatomia descritiva e funcional dos indivíduos do gênero *Isognomon* coletados em costões rochosos de diversas localidades brasileiras, Domaneschi & Martins (2002), comprovaram a nova ocorrência de *I. bicolor* para o Brasil e afirmaram que a família Isognomonidae é representada, no litoral brasileiro, apenas por *I. bicolor*. Segundo estes mesmos autores, *I. bicolor* teria sido sistematicamente confundido com *I. alatus*. Atualmente, *I. bicolor* se distribui no Atlântico Oeste, desde a Flórida até Santa Catarina, no Brasil (Domaneschi & Martins, 2002).

A ocorrência de *I. bicolor* no litoral brasileiro pode ser resultado de uma introdução involuntária via plataformas de petróleo (veja Anderson, 2002), cascos de embarcações e/ou água de lastro, tendo em vista o grande número de navios que freqüentemente aportam na costa, ou, menos provavelmente, do aumento da distribuição espacial desta espécie, em consequência de modificações climáticas globais. Rocha (2002), também sugere que em Arraial do Cabo, esta espécie tenha sido introduzida involuntariamente por uma destas vias citadas acima, pois nesta região há um tráfego razoável de navios estrangeiros e freqüentemente plataformas são trazidas para reparos.

As várias evidências citadas indicam que *Isognomon bicolor* é uma espécie que foi introduzida e invasora de águas brasileiras, pois tem aparentemente causado alterações na estrutura das comunidades nativas de costões rochosos do litoral do estado do Rio de Janeiro. Este trabalho tem como objetivo comparar a estrutura populacional de *Isognomon*

*bicolor* em três áreas ecologicamente distintas e geograficamente distantes no litoral do Estado do Rio de Janeiro e determinar a variação temporal da estrutura populacional de *I. bicolor* nestas três áreas.

### **OBJETIVOS**

- 1) Comparar a estrutura populacional (densidade populacional e estrutura de tamanho) de *I. bicolor* em três áreas distintas no litoral do estado do Rio de Janeiro
- 2) Determinar a variação temporal da estrutura populacional de *I. bicolor* nestas três áreas

### **HIPÓTESES**

- 1) A densidade de *Isognomon bicolor* nos costões rochosos varia entre as três áreas amostradas, sendo maior na área mais impactada
- 2) A densidade de *I. bicolor* nos costões aumenta temporalmente
- 3) A estrutura de tamanho de *I. bicolor* varia de acordo com a área estudada

## ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi realizado no estado do Rio de Janeiro, localizado entre os paralelos 21°15' e 23°30' de latitude Sul e os meridianos 41° e 44°45' de longitude oeste de Greenwich. O estado do Rio de Janeiro apresenta uma área de aproximadamente 43.910 km<sup>2</sup> e um litoral de 850 km de extensão.

O clima da costa brasileira em geral, e particularmente do estado do Rio de Janeiro, depende da velocidade e da posição das frentes frias vindas do sul do Brasil, correspondentes a zona de baixa pressão formada pelo deslocamento do anticiclone tropical, no sul do Atlântico, e do anticiclone polar, no sudeste da Argentina. Durante a passagem das frentes frias, vento sudoeste e precipitação prevalecem, enquanto o vento leste e a baixa precipitação dominam nos períodos entre as frentes (Valentin, 2001).

Na região de Cabo Frio, a mudança na direção da costa e a proximidade da isóbata de 100 metros, permitem uma topografia que promove o fenômeno da ressurgência, correspondendo a subida de águas profundas e geladas das Águas Centrais do Atlântico Sul (ACAS) (Valentin, 2001). Os resultados da ressurgência dependem de fatores meteorológicos e hidrológicos (Valentin & Kempf, 1977), e dependendo da força do vento e das correntes oceânicas, pode atingir parte do litoral do estado do Rio de Janeiro. A região mais ao sul do Estado, certamente é menos influenciada por este fenômeno, sendo marcada por alta precipitação e águas quentes, oriundas das Águas da Corrente do Brasil.

O estudo foi realizado três áreas ecologicamente distintas e geograficamente distantes, tendo sido realizadas comparações entre as mesmas (Figura 1).

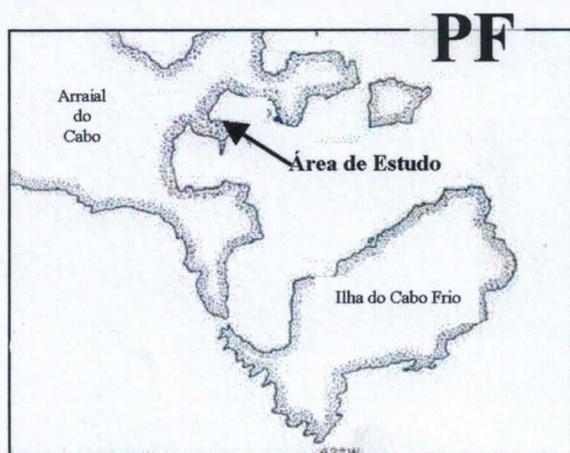
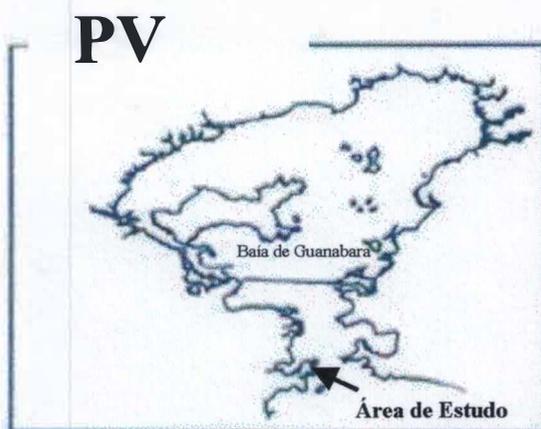


Figura 1: Localização das três áreas de estudo no litoral do Estado do Rio de Janeiro (IB = Ilha do Brandão, PF = Ponta da Fortaleza e PV = Praia Vermelha).

As três áreas de estudo comparadas foram:

**1) Praia Vermelha** – Localizada na Urca, no município do Rio de Janeiro, próxima à entrada da Baía de Guanabara, esta área está situada em uma região sujeita à poluição orgânica e caracterizada por uma moderada eutrofização do corpo d'água, pois geralmente há uma intensa circulação de água nessa área, que dilui a carga poluidora (Mayr & Paranhos, 2000). Junqueira *et al.* (2000) encontraram em uma região adjacente a esta área (Praia do Forte São João, na Urca), valores médios de clorofila “a” de  $13.0 \mu\text{g.l}^{-1}$  e de nitrato de  $4.2 \mu\text{M}$ . As salinidades na superfície da água nestas áreas mais próximas às águas costeiras, variam entre 33 e 34 (Kjerfve *et al.*, 1997). Nesta área, a temperatura média da água encontrada é em torno de  $23.5^\circ\text{C}$  (Junqueira *et al.*, 2000).

O costão estudado eventualmente recebe a ação direta de ondas, tanto nos períodos quando ocorrem as frentes frias quanto entre elas (observações pessoais) (Figura 3).



Figura 2: Aspecto geral do costão rochoso estudado na Praia Vermelha (Rio de Janeiro).

**2) Ponta da Fortaleza** - Localizada no município de Arraial do Cabo, na Enseada do Forno e protegida pela Ilha de Cabo Frio, não há registro de despejo de esgoto nesta área, entretanto, ela pode ser considerada uma área relativamente produtiva, por receber as águas ricas em clorofila “a” e nitratos, da zona de ressurgência do Cabo Frio, nos períodos de maior intensidade da mesma (Rocha, 2002). O valor máximo em torno de  $3.0 \mu\text{g.l}^{-1}$  foi registrado por Rocha (2002), na Ponta da Fortaleza, no mês de Fevereiro. Nas regiões perto do Cabo Frio, altos valores de nutrientes na água são observados, quando as águas da ressurgência ficam residentes por um certo tempo (Valentin & Kempf, 1977). A salinidade média da água varia entre 35 e 36 e a temperatura varia entre 21 e 25° C (Lavrado, 1992).

Como a duração das fases entre as frentes frias varia de poucos dias no inverno a várias semanas no verão, a região do Cabo Frio possui um microclima sazonal e seco, com fortes ventos e freqüentes névoas (Valentin, 2001).



Figura 3: Aspecto geral do costão rochoso na Ponta da Fortaleza (Arraial do Cabo).

**3) Ilha do Brandão** – Localizada na Baía da Ilha Grande, no município de Angra dos Reis, no sul do Estado do Rio de Janeiro (22°55' e 23°15' de latitude Sul e os meridianos 44°00' e 44°43' de longitude Oeste), esta área é considerada uma região oligotrófica (Silva *et al.*, 1989), como a maior parte dos ambientes na Baía da Ilha Grande. Regiões adjacentes a esta área de estudo, como a Ilha da Gipóia, são caracterizadas por apresentar salinidades entre 32 e 35 e temperatura entre 24 e 27° C, e valores máximos de clorofila “a” em 1.77  $\mu\text{g.l}^{-1}$  e de nitrato em 1.13  $\mu\text{M}$  (Mayer-Pinto & Junqueira, 2003).

Em relação ao batimento de ondas, esta área sofre uma ação moderada, principalmente na ocasião de entrada das frentes frias. O costão rochoso desta área, também recebe a ação de “marolas” de lanchas e barcos de passeio, principalmente nos períodos de maior circulação destas (observações pessoais) (Figura 5).



Figura 4: Aspecto geral do costão rochoso estudado na Ilha do Brandão (Angra do Reis).

## MATERIAL E MÉTODOS

### 1. Trabalho de Campo:

A estrutura populacional de *Isognomon bicolor* em cada área, foi estudada no inverno de 2002 e no verão de 2002-03, tendo sido considerada a densidade populacional e a distribuição de frequência de tamanho dos indivíduos.

Na faixa de ocorrência de *I. bicolor* foram estabelecidos transectos horizontais, onde foram posicionados, em cada estação do ano, aleatoriamente 5 quadrados de 100 cm<sup>2</sup> e coletados todos os organismos. O material coletado foi estocado em sacos plásticos, etiquetados e assim que possível congelado.

### 2. Laboratório

No Laboratório de Benthos (IB – UFRJ), foram contados todos os indivíduos vivos e mortos de *Isognomon bicolor* de cada área estudada. Foram considerados vivos, os indivíduos que apresentaram suas conchas bem fechadas e, quando possível, verificada a presença da “parte mole” no seu interior. Foram chamados de mortos, aqueles que tiveram suas conchas abertas e verificadas a ausência da “parte mole” ou aqueles que apresentaram perfurações ou quebras nas conchas. A densidade populacional de *I. bicolor* em cada área representa a média das densidades dos cinco quadrados do transecto. Foi calculado também o erro padrão das médias.

No mesmo laboratório, cerca de 250 indivíduos de *I. bicolor* de cada área e de cada estação do ano, foram aleatoriamente selecionados e mensurados com o auxílio de um paquímetro com precisão de até 0,05mm. Foram tomadas as medidas do comprimento da charneira (ch) e da parte nacarada (na) da concha esquerda de cada indivíduo, por se tratar

de medidas de caracteres internos, menos sujeitas à modificações (Figura 5). Foi utilizado um microscópio estereoscópio para se tomar as medidas dos menores indivíduos.



Figura 5: Indivíduo de *Isognomon bicolor* e as medidas tomadas da charneira (ch) e da região nacarada (na) da concha esquerda.

Foram considerados recrutas os indivíduos com a charneira e a região nacarada da concha entre as classes de 2 até 4 mm. Foram considerados indivíduos médios aqueles com a charneira e a região nacarada da concha entre as classes 6 e 12 mm. Foram considerados indivíduos grandes aqueles com a charneira e a região nacarada da concha entre as classes 14 e 18 mm.

### 3. Análises dos Dados:

Foram realizadas análises de variância (ANOVA) bifatorial para se comparar as densidades dos indivíduos de *I. bicolor* entre as áreas estudadas e entre o inverno de 2002 e o verão de 2002-03. A homogeneidade das variâncias foi testada com os testes de Cochran, Hartley e Bartlett e os dados foram transformados para raiz quadrada de  $x$ . Mesmo assim,

as variâncias foram heterogêneas e foi decidido não utilizar uma análise não paramétrica, porque segundo Underwood (1997), este procedimento não resolve o problema causado pela heterogeneidade das variâncias.

Foi realizada também uma ANOVA bifatorial para se comparar o tamanho médio da charneira e da região nacarada das conchas dos indivíduos de *I. bicolor*, entre as áreas estudadas e entre as duas estações do ano estudadas. A homogeneidade das variâncias foi testada com os testes de Cochran, Hartley e Bartlett e os dados transformados (log na base 10). Os dados se mostraram homocedásticos.

Foi comparada também a média das 20 maiores charneiras e regiões nacaradas da concha de *I. bicolor*, entre as áreas de estudo e as estações do ano, através de uma ANOVA bifatorial. A homogeneidade das variâncias foi testada e os dados transformados (log na base 10). Os dados da região nacarada continuaram sendo heterocedásticos mesmo transformados. Da mesma forma que para os dados de densidade, foi decidido não utilizar uma análise não paramétrica

As distribuições de frequências de tamanho foram agrupadas por estações do ano e por área de estudo, em classes com intervalos de 2 mm. Estas distribuições de tamanho foram comparadas duas a duas, sendo realizada uma comparação entre o inverno e o verão de cada área e entre as áreas, através da prova não-paramétrica de Kolmogorov-Smirnov para duas amostras.

## RESULTADOS

### 1. Densidade Média de *Isognomon bicolor*

Na Praia Vermelha, na Ponta da Fortaleza e na Ilha do Brandão, o número médio de indivíduos de *Isognomon bicolor* pode ser considerado extremamente alto, tanto no inverno quanto no verão, tendo atingido cerca de 800 indivíduos por 100 cm<sup>2</sup> (Figura 6).

Entre as áreas estudadas e entre o inverno de 2002 e o verão de 2002-03, não houve diferença significativa no número médio de indivíduos de *I. bicolor* (Tabela I).

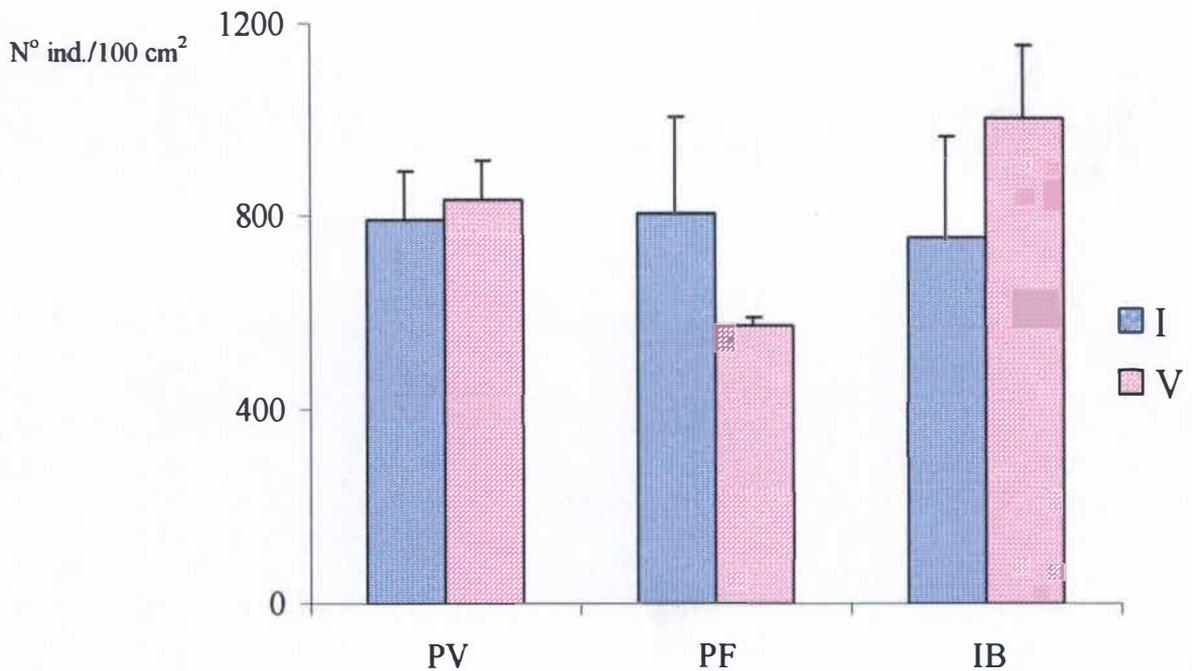


Figura 6: Média ( $\pm$  erro padrão) do número de indivíduos de *Isognomon bicolor* em 100 cm<sup>2</sup>, na Praia Vermelha (PV), na Ponta da Fortaleza (PF) e na Ilha do Brandão (IB), no inverno de 2002 (I) e no verão de 2002-03 (V).

Tabela I: Resultados da ANOVA bifatorial da densidade de *Isognomon bicolor* entre as áreas (Praia Vermelha, Ponta da Fortaleza e Ilha do Brandão) e entre o inverno de 2002 (I) e o verão de 2002-03 (V).

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	F	P
I e V	1	0,863254	0,434475
Áreas de estudo	2	0,092365	0,763811
interação	2	1,370940	0,273043

(\* = valores significativos < 0,005)

## 2. Mortalidade dos indivíduos de *Isognomon bicolor*

Nos costões da Praia Vermelha e da Ponta da Fortaleza, no inverno de 2002 e no verão de 2002-03, o número médio de indivíduos vivos de *I. bicolor* foi cerca de 10 vezes maior do que o de indivíduos mortos (Figura 7). Já na Ilha do Brandão, nas duas estações do ano, foi verificado um número médio de indivíduos mortos de *I. bicolor* extremamente alto, sendo no inverno semelhante ao número de indivíduos vivos (Figura 7).

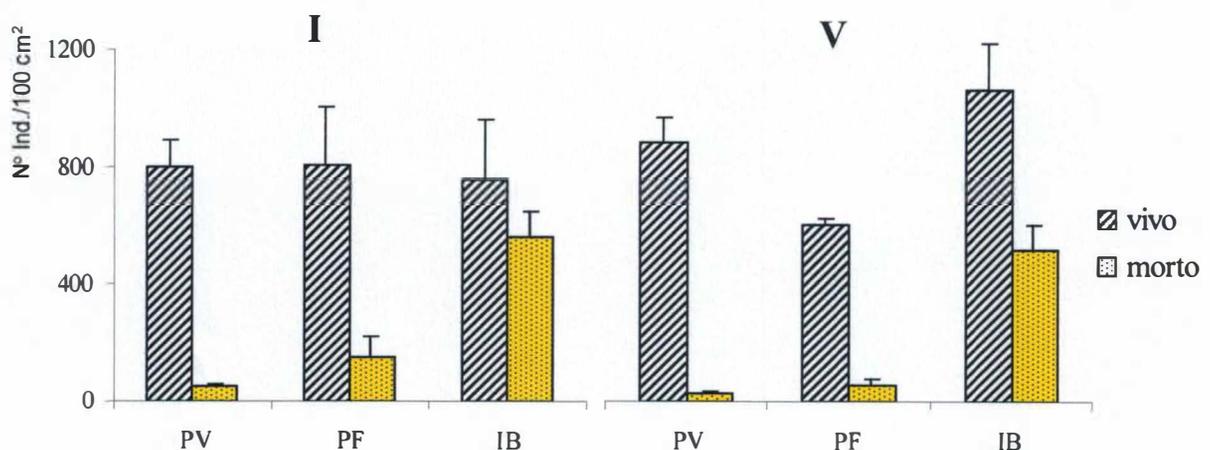


Figura 7: Média ( $\pm$  erro padrão) do número de indivíduos vivos e mortos de *Isognomon bicolor* em 100 cm<sup>2</sup>, na Praia Vermelha (PV), na Ponta da Fortaleza (PF) e na Ilha do Brandão (IB), no inverno de 2002 (I) e no verão de 2002-03 (V).

### 3. Estrutura de Tamanho de *Isognomon bicolor*

As análises das amostras indicam a ocorrência de diferenças nas classes de tamanho predominante de *I. bicolor* entre as três áreas de estudo: Os indivíduos coletados na Praia Vermelha são os que possuem os maiores tamanhos médios e máximos no comprimento da charneira e da região nacarada da concha dos indivíduos de *I. bicolor*, enquanto que os indivíduos da Ilha do Brandão são os que possuem os menores tamanhos (Tabela II).

Tabela II – Tamanho médio e máximo do comprimento da charneira e da região nacarada da concha e amplitude de tamanho de *Isognomon bicolor*, na Praia Vermelha (PV), na Ponta da Fortaleza (PF) e na Ilha do Brandão (IB), no inverno de 2002 (I) e no verão de 2002-03 (V).

<b>CHARNEIRA</b>			
<b>I</b>	<b>PV</b>	<b>PF</b>	<b>IB</b>
Tamanho Médio (mm)	<b>7,73</b>	5,88	<b>2,56</b>
Tamanho Máximo (mm)	<b>16,5</b>	15,65	<b>9,9</b>
Amplitude de Tamanho (mm)	1 – 16,5	0,35 – 15,65	0,2 – 9,9
<b>V</b>			
Tamanho Médio (mm)	<b>7,09</b>	6,6	<b>1,45</b>
Tamanho Máximo (mm)	<b>16,7</b>	15,7	<b>7,3</b>
Amplitude de Tamanho (mm)	0,45 – 16,7	0,35 – 15,7	0,15 – 7,3
<b>REGIÃO NACARADA</b>			
<b>I</b>	<b>PV</b>	<b>PF</b>	<b>IB</b>
Tamanho Médio (mm)	<b>8,58</b>	6,46	<b>3,22</b>
Tamanho Máximo (mm)	<b>18,1</b>	15,3	<b>11,1</b>
Amplitude de Tamanho (mm)	1,35 – 18,1	0,5 – 15,3	1 – 11,1
<b>V</b>			
Tamanho Médio (mm)	<b>8,09</b>	7,2	<b>2,11</b>
Tamanho Máximo (mm)	<b>17,75</b>	15,7	<b>9,2</b>
Amplitude de Tamanho (mm)	1,05 – 17,75	0,8 – 15,7	0,4 – 9,2

Os indivíduos da Praia Vermelha estão distribuídos nas classes de tamanho de 2 a 20 mm, sendo os indivíduos da Ponta da Fortaleza nas classes de 2 a 16 mm e os da Ilha do Brandão, entre as classes de 2 e 12 mm (Figuras 8, 9 e 10). Na Praia Vermelha e na Ponta da Fortaleza não foram observadas claramente modas nas classes de tamanho e os indivíduos se distribuíram desde as classes menores até as maiores, tendo inclusive, sido encontrado muitos recrutas (Figuras 8 e 9), no inverno de 2002 e no verão de 2002-03. Já na Ilha do Brandão, foi observada uma moda clara nas classes de tamanho inferiores, tendo sido observados poucos indivíduos médios e nenhum indivíduo grande, nas duas épocas do ano (Figura 10). Portanto, fazendo uma síntese, na Praia Vermelha e na Ponta da Fortaleza há muitos indivíduos médios e poucos pequenos e grandes, e na Ilha do Brandão, ocorre um enorme número de indivíduos pequenos, poucos indivíduos médios e nenhum grande.

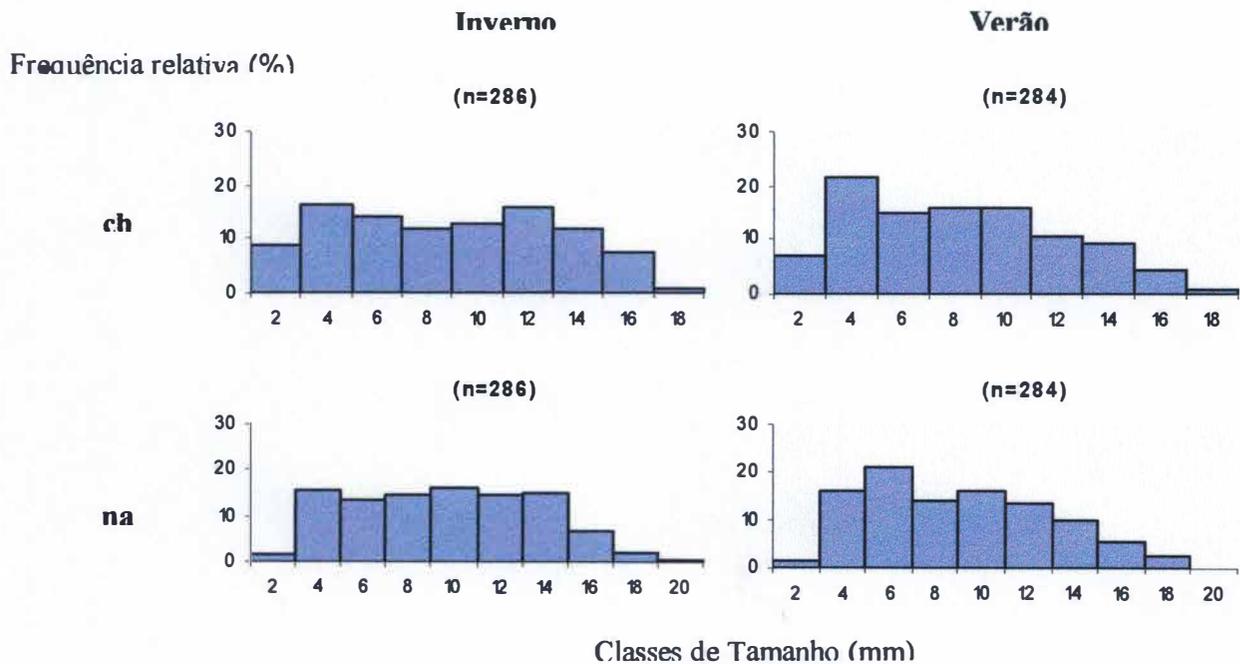


Figura 8: Distribuições de frequência de tamanho da charneira (ch) e da região nacarada (na) da concha de *Isognomon bicolor*, na Praia Vermelha, no inverno de 2002 e no verão de 2002-03. (n=número total de indivíduos medidos)

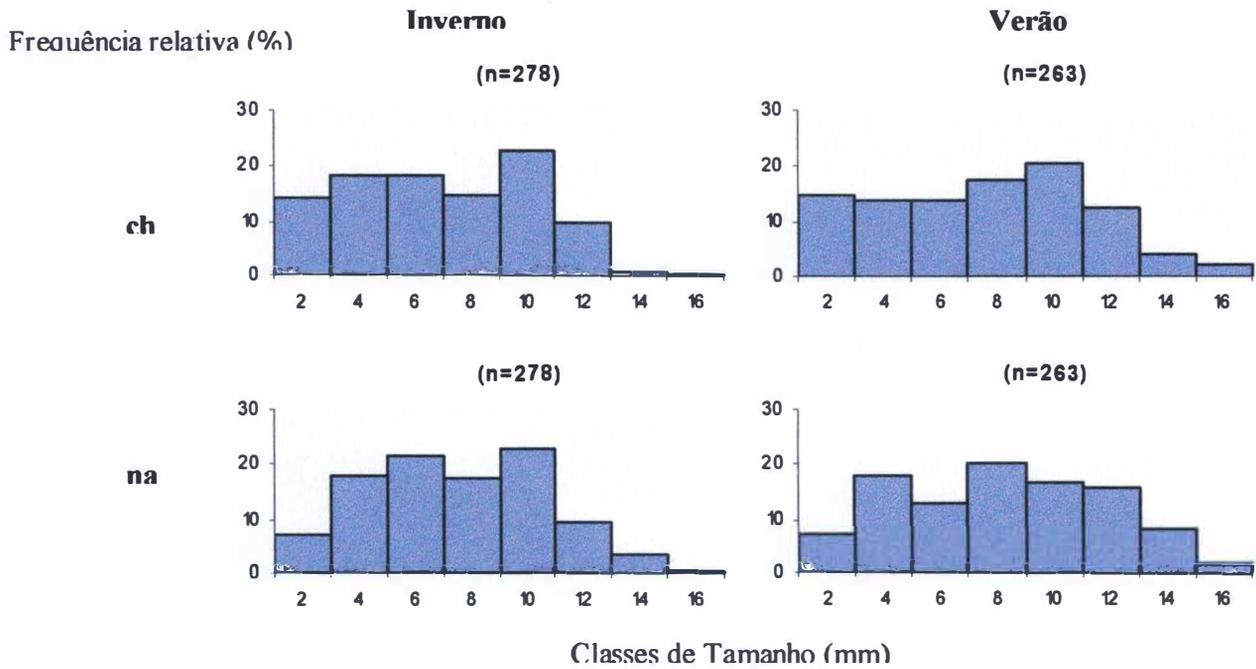


Figura 9: Distribuições de frequência de tamanho da charneira (ch) e da região nacarada (na) da concha de *Isognomon bicolor*, na Ponta da Fortaleza, no inverno de 2002 e no verão de 2002-03. (n=número total de indivíduos medidos)

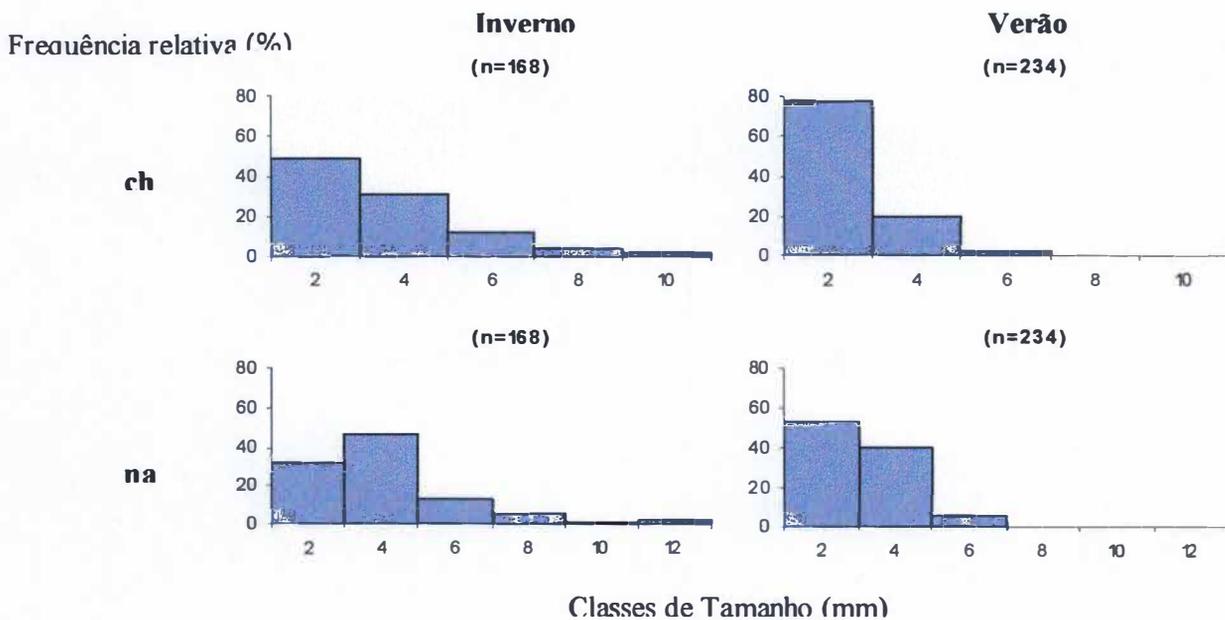


Figura 10: Distribuições de frequência de tamanho da charneira (ch) e da região nacarada (na) da concha de *Isognomon bicolor*, na Ilha do Brandão, no inverno de 2002 e no verão de 2002-03. (n=número total de indivíduos medidos)

Comparações estatísticas indicam que, quanto ao tamanho médio da charneira da concha de *I. bicolor*, há diferenças significativas entre o inverno de 2002 e o verão de 2002-03 e entre as três áreas estudadas (Tabela III). A Ilha do Brandão foi significativamente diferente da Praia Vermelha e da Ponta da Fortaleza, mas não houve diferença significativa entre estas duas áreas (Tabela III). Quanto ao tamanho médio da região nacarada da concha dos indivíduos de *I. bicolor*, também houve diferenças significativas entre as duas estações do ano e entre as áreas estudadas, tendo sido as três áreas diferentes entre si (Tabela IV).

Quanto à média das 20 maiores charneiras da concha dos indivíduos, houve diferença significativa entre o inverno de 2002 e o verão de 2002-03 e também entre as áreas estudadas, sendo a Ilha do Brandão significativamente diferente das demais áreas (Tabela V). Quanto à média das 20 maiores regiões nacaradas da concha dos indivíduos, houve diferença significativa entre as duas estações do ano estudadas e também entre as áreas, sendo a Ilha do Brandão significativamente diferente das demais (Tabela VI).

Tabela III: Resultados da ANOVA bifatorial do comprimento da charneira da concha de *Isognomon bicolor* entre as áreas de estudo (Praia Vermelha, Ponta da Fortaleza e Ilha do Brandão) e entre o inverno de 2002 (I) e o verão de 2002-03 (V).

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Grau de Liberdade</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	<b>TUKEY</b>
I e V	1	9,3798	0,0057*	-
Áreas de estudo	2	108,9893	0,0000*	PV≠IB, PF≠IB
Interação	2	9,3984	0,0011*	-

(\* = valores significativos < 0,005)

Tabela IV: Resultados da ANOVA bifatorial do comprimento da região nacarada da concha de *Isognomon bicolor* entre as áreas de estudo (Praia Vermelha, Ponta da Fortaleza e Ilha do Brandão) e entre o inverno de 2002 (I) e o verão de 2002-03 (V).

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	F	P	TUKEY
I e V	1	6,7660	0,0163*	-
Áreas de estudo	2	113,8627	0,0000*	PV≠IB/PF≠IB/PV≠PF
Interação	2	8,1316	0,0023*	-

(\* = valores significativos < 0,005)

Tabela V: Resultados da ANOVA bifatorial do comprimento das 20 maiores charneiras da concha de *Isognomon bicolor* entre as áreas de estudo (Praia Vermelha, Ponta da Fortaleza e Ilha do Brandão) e entre o inverno de 2002 (I) e o verão de 2002-03 (V).

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	F	P	TUKEY
I e V	1	226,9830	0,0000*	-
Áreas de estudo	2	22,6386	0,0000*	PV≠IB, PF≠IB
Interação	2	21,3758	0,0000*	-

(\* = valores significativos < 0,005)

Tabela VI: Resultados da ANOVA bifatorial do comprimento das 20 maiores regiões nacaradas da concha de *Isognomon bicolor* entre as áreas de estudo (Praia Vermelha, Ponta da Fortaleza e Ilha do Brandão) e entre o inverno de 2002 (I) e o verão de 2002-03 (V).

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	F	P	TUKEY
I e V	1	16,8028	0,0005*	-
Áreas de estudo	2	279,3790	0,0000*	PV≠IB, PF≠IB
Interação	2	21,8033	0,0000*	-

(\* = valores significativos < 0,005)

Com a aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov pode-se concluir que, não houve diferença significativa entre o inverno de 2002 e o verão de 2002-03, quanto à distribuição de frequência do tamanho da carneira e da região nacarada da concha de *I. bicolor*, nas três áreas estudadas (Tabela VII e VIII). Entretanto, comparando-se a Praia Vermelha, a Ponta da Fortaleza e a Ilha do Brandão, houve diferença significativa entre esta última e as demais, quanto ao tamanho da carneira e da região nacarada de *I. bicolor*, nas duas estações, sendo a Praia Vermelha e a Ponta da Fortaleza semelhantes (Tabela IX e X).

Tabela VII – Resultados da Prova de Kolmogorov-Smirnov para as distribuições de frequência de tamanho da carneira da concha de *Isognomon bicolor*, na Praia Vermelha (PV), na Ponta da Fortaleza (PF) e na Ilha do Brandão (IB), no inverno de 2002 (I) e no verão de 2002-03 (V).

Comparação entre as Frequências	PV		PF		IB	
	Dmáx (%)	Dcri (%)	Dmáx (%)	Dcri (%)	Dmáx (%)	Dcri (%)
I X V	-11,37	32,24	8,11	29,92	-27,95	37,98

(\* = valores significativos < 0,005)

Tabela VIII – Resultados da Prova de Kolmogorov-Smirnov para as distribuições de frequência de tamanho da região nacarada da concha de *Isognomon bicolor*, na Praia Vermelha (PV), na Ponta da Fortaleza (PF) e na Ilha do Brandão (IB), no inverno de 2002 (I) e no verão de 2002-03 (V).

Comparação entre as Frequências	PV		PF		IB	
	Dmáx (%)	Dcri (%)	Dmáx (%)	Dcri (%)	Dmáx (%)	Dcri (%)
I X V	-7,85	32,33	12,17	29,93	-22,30	37,98

(\* = valores significativos < 0,005)

Tabela IX – Resultados da Prova de Kolmogorov-Smimov para as distribuições de frequência de tamanho da charneira da concha de *Isognomon bicolor*, na Praia Vermelha (PV), na Ponta da Fortaleza (PF) e na Ilha do Brandão (IB), no inverno de 2002 (I) e no verão de 2002-03 (V).

Comparação entre as Frequências	I		V	
	Dmáx (%)	Dcri (%)	Dmáx (%)	Dcri (%)
PV X PF	-24,86	31,39	-7,79	29,46
PV X B	-55,18 *	17,02	-70,30 *	25,50
PF X B	-47,62 *	47,53	-68,97 *	26,98

(\* = valores significativos < 0,005)

Tabela X – Resultados da Prova de Kolmogorov-Smimov para as distribuições de frequência de tamanho da região nacarada da concha de *Isognomon bicolor*, na Praia Vermelha (PV), na Ponta da Fortaleza (PF) e na Ilha do Brandão (IB), no inverno de 2002 (I) e no verão de 2002-03 (V).

Comparação entre as Frequências	I		V	
	Dmáx (%)	Dcri (%)	Dmáx (%)	Dcri (%)
PV X PF	-25,29	31,48	-8,42	29,46
PV X B	-60,78 *	17,06	-76,76 *	70,25
PF X B	-52,70 *	17,36	-68,92 *	26,98

(\* = valores significativos < 0,005)

## DISCUSSÃO

As densidades médias de *Isognomon bicolor* encontradas no presente estudo são as mais altas já registradas para esta espécie na costa brasileira. Podemos considerar as densidades médias registradas para a Praia Vermelha, para a Ponta da Fortaleza e para a Ilha do Brandão extremamente altas, com cerca de 800 indivíduos por 100 cm<sup>2</sup>. Tendo em vista as pesquisas de Mansur *et al.* (2003), sobre as densidades do invasor *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) em ambientes lagunares no Rio Grande do Sul (Brasil), podemos verificar que as densidades máximas encontradas de *I. bicolor* são comparáveis à deste outro bivalve (acima de 80.000 indivíduos por m<sup>2</sup>). Isto é surpreendente e ao mesmo tempo preocupante, tendo em vista os impactos econômicos e ecológicos que *L. fortunei* vem causando em diversos ecossistemas de água doce no país, sendo esta a espécie invasora em maior evidência atualmente no país. O caso de bioinvasão mais conhecido em escala global é referente à espécie *Dreissena polymorpha* Pallas, 1771 nos Grandes Lagos dos EUA. Esta espécie foi introduzida na década de 80, e devido a suas altíssimas densidades, vêm causando prejuízos econômicos na ordem de centenas de milhões de dólares e danos ecológicos surpreendentes (Griffiths *et al.*, 1991). Também preocupa o pouco tempo estimado da introdução de *I. bicolor* no Brasil e o que poderá vir acontecer se o mesmo não tiver a sua densidade controlada. Evidentemente, o habitat marinho onde *I. bicolor* ocorre, possui diferenças importantes em relação ao habitat de *L. fortunei*. Desta forma, fatores abióticos e bióticos, como por exemplo, o batimento de ondas e a diversidade biológica no habitat marinho, podem atuar regulando a densidade de *I. bicolor*.

A densidade de *I. bicolor* nas três áreas estudadas no presente trabalho difere dos estudos de Rocha (2002) e Rapagnã (2004), em Arraial do Cabo. Estes autores observaram valores bem inferiores aos encontrados no atual estudo (cerca de 800 indivíduos por 100

cm<sup>2</sup>), sendo que o primeiro encontrou valores próximos de 1000 indivíduos por 400 cm<sup>2</sup> e o segundo cerca de 1000 indivíduos por 900 cm<sup>2</sup>. Estes resultados podem ter sido influenciados pelas diferenças no esforço de contagem de cada pesquisador e também nas considerações que cada um teve. Para este estudo foram contados em laboratório todos os indivíduos coletados em uma área de 100 cm<sup>2</sup>, tendo sido considerados, inclusive, os menores indivíduos (em torno de 2,0 mm), que foram muitos.

O número médio de indivíduos mortos de *I. bicolor* na Ilha do Brandão foi muito maior do que o número de mortos encontrados na Praia Vermelha e na Ponta da Fortaleza. Estes resultados podem ser atribuídos à presença na Ilha do Brandão, do molusco do gênero *Petalonchus*, outro possível invasor nos costões rochosos de Angra dos Reis (Moysés, em preparação). Estes organismos formam um tipo de “recife” em todo o médiolitoral, que pode estar criando um ambiente inóspito aos indivíduos de *I. bicolor* que ocorrem entre e/ou sob os mesmos. Uma outra hipótese para esta alta mortalidade de indivíduos nesta região é que, os indivíduos mortos de *I. bicolor* ficam agarrados nesta estrutura recifal, e com isso, podem ser encontrados com mais facilidade do que nas outras áreas. Por outro lado, a estimativa de uma baixa mortalidade de *I. bicolor* para a Praia Vermelha e para a Ponta da Fortaleza pode ser resultado do fato dos indivíduos mortos serem levados pelas ondas, não permanecendo fixados ao banco.

Nas três áreas estudadas, foram observados muitos indivíduos de *I. bicolor* com perfurações na concha. Provavelmente, estas perfurações estão relacionadas a algum tipo de predação a que os indivíduos de *I. bicolor* estão sofrendo. López & Coutinho (2003), investigaram em Arraial do Cabo, a mudança de hábito alimentar de *Stramonita haemastoma* Linnaeus, 1767 após a introdução de *I. bicolor*, e concluíram que essa espécie passou a ser a principal dieta do gastrópode. Antes da introdução de *I. bicolor*, o bivalve

*Perna perna* Linnaeus, 1758 era a espécie mais predada por *S. haemastoma* (Lavrado, 1992).

Na observação inicial de *I. bicolor* no ano de 1996, na Ponta da Fortaleza, em Arraial do Cabo, esta espécie já era conspícua no costão (Junqueira, comunicação pessoal). No entanto, imagina-se que ela já havia sido introduzida nesta região alguns anos antes desta observação. Esta hipótese pode ser corroborada com os dados de pesquisas sobre a sucessão de *I. bicolor* em costões rochosos de diferentes localidades (Rocha, 2002; Ferreira, 2004; Rapagnã, 2004), que demonstraram que *I. bicolor* não é pioneiro no processo de sucessão, e que a partir de uma superfície desnuda aparece somente após um ano no processo sucessional. O aparecimento tardio também é esperado para outros bivalves marinhos, que normalmente necessitam de condições que facilitem sua entrada no costão (Dayton, 1975 *apud* Rocha, 2002). Além disso, é conhecido que os organismos que conseguem estabelecer-se, podem servir de substrato para o recrutamento de coespecíficos. Estes fatos sugerem que por estes motivos, houve uma demora na detecção de *I. bicolor* nos costões em que foi introduzido, e que após a colonização dos primeiros indivíduos a sua densidade aumentou rapidamente.

Em relação aos dados da estrutura de tamanho dos indivíduos de *I. bicolor*, o que chama bastante atenção é a ausência de uma moda clara nas classes de tamanho dos indivíduos de *I. bicolor* e/ou a ocorrência de uma distribuição bimodal, na Praia Vermelha e na Ponta da Fortaleza, nas duas épocas do ano estudadas (inverno e verão). Na Ponta da Fortaleza, houve uma alta frequência de indivíduos correspondentes aos tamanhos médios (entre as classes de tamanho de 6 e 12 mm) e na Praia Vermelha, uma alta intensidade de indivíduos médios e grandes (entre as classes de tamanho 14 e 20 mm). Nestas duas áreas, foram encontrados menos indivíduos recrutas de *I. bicolor* (entre as classes de tamanho 2 e 4 mm) em comparação com a Ilha do Brandão, apesar de em ambas as áreas o número de

recrutas ter sido alto. Rocha (2002), observou um alto número de adultos e poucos recrutas em populações de *I. bicolor*, em todas as épocas do ano. Segundo o autor, este tipo de estrutura populacional foi poucas vezes registrada em bivalves, e *I. bicolor* se encaixa no chamado “efeito estoque”, onde produtos de recrutamentos seqüenciais bem sucedidos são estocados na população devido à longevidade dos adultos. Ou seja, um recrutamento regular, mesmo sendo baixo, é suficiente para repor as perdas por mortalidade. Parece então, que *I. bicolor* mantém sua dominância não pela intensidade do recrutamento, mas sim pela estabilidade do banco, longevidade dos adultos, e um recrutamento regular associado à baixa mortalidade e à sua plasticidade morfológica. Rocha (2002), inclusive, descarta a possibilidade de que a presença contínua de recrutas também pode ser o responsável pela grande dominância de *I. bicolor*, como já foi observado para outras espécies invasoras, com altas taxas de reprodução (Griffiths *et al.*, 1991).

O maior tamanho dos indivíduos verificados na Praia Vermelha, provavelmente têm como principal causa a eutrofização moderada descrita para esta área. Estes dados são corroborados com os estudos de crescimento de *P. perna*, que indicam uma maior taxa de crescimento em locais com água enriquecida por esgoto doméstico (Fernandes, 1981).

A Ilha do Brandão se diferencia das demais áreas quanto à estrutura de tamanho dos indivíduos de *I. bicolor*, chamando atenção o fato de ter sido encontrado uma moda clara nas classes de tamanho menores e praticamente não apresentar indivíduos nas classes maiores, havendo uma maior freqüência de recrutas, poucos indivíduos de tamanho médio e nenhum indivíduo de tamanho grande, tanto no inverno quanto no verão. Fernandes (1981), encontrou resultados semelhantes em populações de *Perna perna* em Arraial do Cabo, na qual as classes de tamanho dos indivíduos mais freqüentes foram as dos recrutas, tendo sido observado também alta mortalidade juvenil. Vale lembrar que na Ilha do Brandão, foi observada alta mortalidade de indivíduos de *I. bicolor*. A hipótese mais

provável para explicar a maior frequência de recrutas na Ilha do Brandão é que a presença de *Petalochus* sp. em grande abundância cria um substrato que favorece o assentamento de mais larvas e a fixação dos indivíduos impede que estes se desprendam. No entanto, *Petalochus* sp. funciona como uma armadilha, porque apesar de mais indivíduos recrutas de *I. bicolor* ocorrerem, poucos conseguem crescer e se desenvolver devido às pressões e competição por espaço.

Em suma, apesar de não haver diferenças no número de indivíduos de *I. bicolor* encontrados na Praia Vermelha, na Ponta da Fortaleza e na Ilha do Brandão, as duas primeiras áreas se diferenciam da Ilha do Brandão, quanto ao tamanho dos indivíduos de *I. bicolor*. Sugere-se portanto, que estas diferenças existem devido à presença e dominância de *Petalochus* sp. no costão rochoso da Ilha do Brandão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, R. T. 1974. American seashell. 2ed. New York, Van Nostrand Reinhold Company, 663p.
- ANDERSON, L. 2002. Evaluation of Oil and Gas Plataforms on the Louisiana Continental Shelf for Organisms with Biotechnology Potential. Coastal Marine Institute.. Louisiana State University. <http://cmi.lsu.edu/reports/Q302/17809.pdf>
- DOMANESCHI, O. & MARTINS, C. M. 2002. *Isognomon bicolor* (C. B. Adams) (Bivalvia, Isognomonidae): primeiro registro para o Brasil, redescrição da espécie e considerações sobre a ocorrência e distribuição de *Isognomon* na costa brasileira. Revta. Bras. Zool. 19 (2): 601-610
- FERNANDES, F. C. 1981. Aspectos Biológicos e Ecológicos do Mexilhão *Perna perna* (Linné, 1758) da Região de Cabo Frio – Brasil. Tese de Doutorado em Oceanografia. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 91 pp.
- FERREIRA-SILVA, M. A. G. 2004. Sucessão ecológica na faixa de *Isognomon bicolor* (Adams, 1845) (Mollusca: Bivalvia) em regiões com diferentes graus de eutrofização no litoral do estado do Rio de Janeiro. Monografia de Bacharelado em Biologia Marinha. Instituto de Biologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 60 pp.
- GRIFFITHS, R. W., SCHLOESSER, D. W., LEACH, J. H. & KOVALAK, W. P. 1991. Distribution and dispersion of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in the Great Lakes region. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 1381-1388
- IHERING, H. 1897. A ilha de São Sebastião. Revta. Mus. Paulista, 2: 129-171
- JUNQUEIRA, A. O. R., FALCÃO, A. P. C., MAYER-PINTO, M., VIANA, M. S. & SILVA, S. H. G. 2000. Spatial and temporal variations on intertidal barnacle abundance in a tropical bay. Nauplius. 8 (2): 195-204

- KJERFVE, B., RIBEIRO, C. H. A., DIAS, G. T. M., FILIPPO, A. M. & QUARESMA, V. S. 1997. Oceanographic characteristic of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. *Contin. Shelf Res.*, 17 (13), 1609-1643
- LAVRADO, H. P. 1992. Seleção de presas pelo gastrópode *Thais haemastoma* (L.) na região de Arraial do Cabo, RJ. Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Campinas. 104 pp.
- LÓPEZ, M. S. & COUTINHO, R. 2003. Efeito da invasão de *Isognomon bicolor* na ecologia trófica do principal gastrópode predador da zona entre-marés de Arraial do Cabo, RJ, Brasil. V Encontro de Bioincrustação, Ecologia Bêntica e Corrosão
- MANSUR, M. C. D., SANTOS, C. P., DARRIGRAN, G., HEYDRICH I., CALLIL C. T. & CARDOSO F. R. 2003. Primeiros dados quali-quantitativos do mexilhão-dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker), no Delta do Jacuí, no Lago Guaíba e na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. *Revista Brasileira de Zoologia*. vol 20 (1), 75-84
- MATTHEWS, H. R. & KEMPF, M. 1970. Moluscos marinhos do norte e nordeste do Brasil. II – Moluscos do Arquipélago de Fernando de Noronha (com algumas referências ao Atol das rocas). *Arq. Ciênc. Mar.* 10 (1): 1-53
- MAYER-PINTO, M. & JUNQUEIRA, A. O. R. 2003. Effects of organic pollution on initial development of fouling communities in a tropical bay, Brazil. *Mar. Pol. Bull.*, 46, 1495-1503
- MAYR, L. M. & PARANHOS, R. 2000. Qualidade das águas da Baía de Guanabara. III Seminário Internacional de Gestão Sustentável da Baía de Guanabara. CIDS/EBAP-FGV, 62 pp.

- MIGOTO, A. E., TIAGO, C. G. & MAGALHÃES, A. R. M. 1993. Malacofauna marinha da região costeira do Canal de São Sebastião, SP, Brasil: Gastropoda, Bivalvia, Polyplacophora e Scaphopoda. Bol. Inst. Oceanográfico, São Paulo, 41 (1/2): 13-27
- MOYSÉS, D. N. (em preparação). Sucessão ecológica no costão rochoso, influência da heterogeneidade espacial no recrutamento e na estruturação da comunidade. Projeto de Mestrado em Ecologia. Instituto de Biologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro
- OLIVEIRA, L. P. H. 1947. Distribuição geográfica da fauna e flora da Baía de Guanabara. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz. vol 45, 709-735
- RAPAGNÃ, L. C. 2004. Estudo da estrutura das Populações dos Bivalves *Isognomon bicolor* (C. B. Adams, 1845), *Perna perna* (Linnaeus, 1758) e *Pinctada imbricata* (Röding, 1798) nos Costões Rochosos de Arraial do Cabo, RJ, Brasil. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Marinha. Universidade Federal Fluminense, RJ. 81 pp.
- REISE, K., GOLLASCH, S. & WOLFF, W. J. 1999. Introduced marine species of North Sea coasts. Helgoländer Meeresunters. 52, 219-234
- RIOS, E. C. 1970. Coastal Brazilian seashells. Rio Grande, Fundação Cidade do Rio Grande, Museu Oceanográfico de Rio Grande, 255 p.
- \_\_\_\_\_ 1975. Brazilian marine mollusks iconography. Rio Grande, Fundação Universidade de Rio Grande, 255 p.
- \_\_\_\_\_ 1985. Seashells of Brazil. Rio Grande, Fundação Universidade de Rio Grande, 328 p.
- \_\_\_\_\_ 1994. Seashells of Brazil. 2. ed. Rio Grande, Fundação Universidade de Rio Grande, 368 p.

- ROCHA, F. M. 2002. Recrutamento e sucessão de uma comunidade bentônica de mesolitoral dominada pela espécie invasora *Isognomon bicolor* (Bivalvia: Isognomonidae) C. B. Adams, 1748 em dois costões rochosos submetidos a diferentes condições de batimento de ondas. Dissertação de Mestrado em Ecologia. Instituto de Biologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 87 pp.
- SILVA, S. H. G., JUNQUEIRA, A. O. R., SILVA, M. J. M., ZALMON, I. R. & LAVRADO, H. P. 1989. Fouling and wood-boring communities distribution on the coast of Rio de Janeiro. *Coastlines of Brazil*. 95-109
- SILVA, J. S. V., FERNANDES, F. C., LARSEN, K. T. S. & SOUZA, R. C. C. L. 2002. Água de Lastro: Ameaça aos Ecossistemas. *Ciência Hoje*. vol 32 (182), 39-43
- TARASCONI, J. C. 1989. Novos registros de moluscos marinhos para o litoral de Santa Catarina. *Inf. Soc. Brasil. Malacol.* 96: 12-16
- UNDERWOOD, A. J. 1997. *Experiments in Ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press. Cambridge
- VALENTIN, J. L. 2001. The Cabo Frio Upwelling System, Brazil. *Ecological Studies*, vol. 144:97-105
- VALENTIN, J. & KEMPF, M. 1977. Some Characteristic of Cabo Frio Upwelling (Brazil). *Vol. 6 (2): 18-20*

## CONCLUSÕES FINAIS

- *Isognomon bicolor* ocorre em toda a extensão do litoral do estado do Rio de Janeiro
- No costão rochoso da Ponta da Fortaleza, *I. bicolor* foi dominante no mediolitoral inferior no inverno e no médiolitoral médio e inferior no verão. Na Praia Vermelha, *I. bicolor* foi dominante no médiolitoral inferior, somente no inverno. Na Ilha do Brandão, *I. bicolor* não foi dominante em nenhuma das porções do médiolitoral
- Foi verificada uma maior abundância de *I. bicolor* na área onde foi registrada a menor diversidade de espécies
- Apenas na Ponta da Fortaleza não foi verificada uma variação temporal na abundância relativa de *I. bicolor* e na estrutura da comunidade
- A densidade de *Isognomon bicolor* nos costões rochosos foi semelhante entre a Praia Vermelha, a Ponta da Fortaleza e a Ilha do Brandão
- A densidade de *I. bicolor* nos costões não variou significativamente entre as duas estações do ano (inverno de 2002 e verão de 2002-03), nas três áreas estudadas
- A frequência de tamanho de *I. bicolor* variou entre as três áreas estudadas, sendo que na Praia Vermelha foram registrados os maiores indivíduos e na Ilha do Brandão os menos