

Universidade Federal do Rio de Janeiro

INFLUÊNCIA DA HETEROGENEIDADE DO SUBSTRATO NO
RECRUTAMENTO DE INVERTEBRADOS BENTÔNICOS E
SUCESSÃO ECOLÓGICA DO MÉDIOLITORAL DO COSTÃO
ROCHOSO DA ILHA DO BRANDÃO, ANGRA DOS REIS-RJ.



Danuza Nogueira Moysés

RIO DE JANEIRO
2005

INFLUÊNCIA DA HETEROGENEIDADE DO SUBSTRATO NO
RECRUTAMENTO DE INVERTEBRADOS BENTÔNICOS E
SUCESSÃO ECOLÓGICA DO MÉDIOLITORAL DO COSTÃO
ROCHOSO DA ILHA DO BRANDÃO, ANGRA DOS REIS-RJ.

Danuza Nogueira Moysés

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

Orientador: Dr. Sérgio Henrique Gonçalves da Silva

RIO DE JANEIRO

Abril de 2005

INFLUÊNCIA DA HETEROGENEIDADE DO SUBSTRATO NO
RECRUTAMENTO DE INVERTEBRADOS BENTÔNICOS E
SUCESSÃO ECOLÓGICA DO MÉDIOLITORAL DO COSTÃO
ROCHOSO DA ILHA DO BRANDÃO, ANGRA DOS REIS-RJ.

Aluna: Danuza Nogueira Moysés

Orientador: Dr. Sérgio Henrique Gonçalves da Silva

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

Aprovada por:

Prof. _____

(Presidente da Banca)

Prof. _____

Prof. _____

Prof. _____

Prof. _____

Rio de Janeiro
Abril de 2004

FICHA CATALOGRÁFICA

MOYSÉS, DANUZA NOGUEIRA

Influência da heterogeneidade do substrato no recrutamento de invertebrados bentônicos e sucessão ecológica do médiolitoral do costão rochoso da Ilha do Brandão, Angra dos Reis-RJ[Rio de Janeiro] 2005.

XII, 105p. 29,7cm (Instituto de biologia/UFRJ, M.Sc., Ecologia, 2005)

Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, PPGE

1.Comunidade entre-marés 2. Costão rochoso 3. Heterogeneidade do substrato
4.Recrutamento 5. Sucessão ecológica 6. Metodologia 7. Espécies introduzidas

I. IB/UFRJ II. Título (série).

“Nada é permanente, senão a mudança”.

Heraclito (540 aC – 480 aC)

**Aos meus pais que me apoiaram
em todas as minhas decisões.**

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Sérgio Henrique Gonçalves da Silva, por ter acreditado em mim e por toda a sua dedicação ao meu projeto. Muito obrigada por todos os momentos divertidos em Angra e por estar por perto em todos os “pepinos” do caminho.

A Prof^a. Helena Passeri Lavrado pela orientação nas análises estatísticas e enorme boa vontade em meus inúmeros importunos. Seus ensinamentos foram muito valiosos à minha formação.

A Prof^a. Andrea de Oliveira Ribeiro Junqueira pela agradável companhia e apoio. Sua incrível organização não só facilitou minhas pesquisas, como me inspirou.

A todos os meus amigos e companheiros do Benthos (UFRJ), Camila, Luciana Granthom, Bruno, Rodrigo, Leandro, Bárbara, em especial a Flávia pela amizade e ajuda bem de perto, e a Guta e ao André por todos os nossos momentos divertidos e discussões em campo (e fora), durante os nossos projetos paralelos na Ilha do Brandão.

A todos os amigos que me ajudaram em campo ao longo dos 2 anos, amigos de outros departamentos (Maycon, Thiago, Marcela...), de outros estados (Dani...), e do próprio benthos (Ralf, Lú, André, Jerônimo...), em especial ao meu orientador, aos meninos (Bruno e Rodrigo) e a Flávia, que foram determinantes no início do projeto, dia e noite no costão para abrir os transectos. MUITO OBRIGADA!

A Dra. Maria Teresa Széchy, do Laboratório de Macroalgas (UFRJ), pela paciente identificação das algas.

Ao Prof. Ricardo Coutinho por seus valiosos ensinamentos.

Aos amigos que fiz no mestrado, Soledad, Humberto e Ana Cláudia, entre outros. E a toda a equipe do PPGE, as meninas da secretaria (Sônia e Sueli) sempre uns amores e prontas a ajudar, aos Professores Reinaldo e Érica.

Aos meus amigos fieis e família, que compreenderam meu isolamento, principalmente no final desta etapa, continuando ao meu lado, sempre.

Ao meu irmão por me impedir de cometer um homicídio quando o mesmo apagou parte de minhas análises.

À minha avó e meus pais que compreenderam o campo minado de artigos que se tornou o meu quarto durante a escrita da dissertação e me ajudaram quando foi preciso.

A São Pedro que segurou o tempo sempre que eu pedi, e possibilitou a realização de ótimas fotos.

Aos organismos (bem fotogênicos) que felizmente colonizaram meus transectos.

E por fim, a Capes e ao CNPq pela bolsa que possibilitou minha dedicação ao projeto.

Foi uma honra conviver com todos vocês no meu dia a dia.

O presente trabalho estuda o efeito de elementos topográficos, como carapaças de cracas e furos, no recrutamento e sucessão de organismos bentônicos, em uma comunidade de médiolitoral de costão rochoso.

Apresenta uma nova metodologia para estudos temporais de comunidades de invertebrados marinhos bentônicos. E propõe um possível mecanismo envolvido no estabelecimento de uma espécie bioinvasora presente na área de estudo.

Palavras-Chave: Costão Rochoso, Recrutamento, Sucessão ecológica, Heterogeneidade do substrato, comunidade entremarés, Espécies introduzidas, metodologia, Angra dos Reis

GENERAL ABSTRACT

This work studies the effect of topographic elements, such as barnacle shell and depressions, on recruitment and succession of benthic organisms, in a rocky mid-intertidal community.

We are present a new method for temporal studies of marine invertebrate benthic community. And propose a possible mechanism involved in the successful establishment of an introduced species presented in our study area.

Key-Words: rocky shore, recruitment, succession, substrate heterogeneity, intertidal community, introduced species, method, Angra dos Reis.

SUMÁRIO

Resumo Geral.....	vi
Abstract Geral.....	vii
Introdução Geral.....	1
Objetivo Geral.....	11
Referências Bibliográficas.....	12

Capítulo 1: Adaptação metodologica para o acompanhamento temporal de faixas extensas da comunidade entre-marés de costões rochosos, com imagens digitais de alta resolução.

Resumo.....	17
Abstract.....	18
Introdução.....	19
Objetivos.....	22
Área de estudo.....	24
Material e Métodos.....	27
Resultados.....	33
Discussão e Conclusões.....	39
Referências Bibliográficas.....	44

Capítulo 2: Influência da heterogeneidade do substrato no recrutamento das espécies de invertebrados bentônicos

Resumo.....	47
-------------	----

Abstract.....	48
Introdução.....	49
Objetivo e Hipóteses.....	53
Área de estudo.....	55
Material e Métodos.....	58
Resultados.....	65
1. <i>Tetraclita stalactifera</i>	66
2. <i>Chthamalus bisinuatus</i>	71
3. Recrutadas de cirripédios classe II.....	72
4. <i>Isognomon bicolor</i>	73
5. <i>Brachidontes solisianus</i>	75
6. Outros invertebrados.....	77
Discussão e Conclusões.....	80
Referências Bibliográficas.....	89

Capítulo 3: Influência da heterogeneidade do substrato na estruturação e sucessão ecológica primária da comunidade de médiolitoral da Ilha do Brandão, Angra dos Reis- RJ.

Resumo.....	94
Abstract.....	95
Introdução.....	94
Objetivos.....	100
Área de estudo.....	102
Material e Métodos.....	106
Resultados.....	112
1. Composição da comunidade.....	113

2. Dinâmica das populações de invertebrados dominantes nos tratamentos.....	116
3. Sucessão de invertebrados.....	122
4. Sucessão em algas.....	129
5. Caracterização da comunidade.....	136
Discussão e Conclusões.....	139
Referências Bibliográficas.....	149

Introdução:

Os costões rochosos são em geral ecossistemas marinhos de elevada biomassa e alta produtividade. Esses habitats costeiros de substrato consolidado abrigam muitas espécies de importância ecológica e econômica. A grande diversidade de espécies presentes nos costões rochosos faz desses, ambientes únicos, onde ocorrem fortes interações inter e intraespecíficas (Nybakken, 1993; Levinton, 1996). Vários paradigmas da ecologia moderna emergiram do estudo desse ecossistema (David *et al.*, 1997)

A proximidade destes ambientes com os núcleos de ocupação humana, fez os costões rochosos serem um dos mais conhecidos e estudados ecossistemas marinhos. A exploração econômica dos organismos bentônicos do costão rochoso, como recurso alimentar, data de muitos séculos (Souza, 2003). Se por um lado a proximidade facilitou o estudo desta região, por outro, tornou esses ambientes susceptíveis a impactos antrópicos, que variam desde a eutrofização por dejetos orgânicos, especulação imobiliária, coleta seletiva de animais, até impactos relacionados à grande circulação marítima.

O aumento das atividades marítimas por todo o globo, tem sido responsáveis por alterar a estrutura de comunidades naturais dos costões rochosos não só por derrames acidentais de óleo, mas também pela introdução de espécies em regiões nas quais naturalmente não ocorreriam (Carlton, 1996; Reise *et al.*, 1999; Branch & Steffani, 2004).

A introdução de espécies exóticas tem chamado à atenção dos pesquisadores, em vista do grande potencial de diversos taxa marinhos romperem barreiras biogeográficas por meio do transporte involuntário na água de lastro dos navios ou incrustados nos cascos das embarcações e plataformas de petróleo (Carlton 1999, Silva *et al.* 2002).

Angra dos Reis apresenta um dos principais terminais marítimos do Estado do Rio de Janeiro (Terminal Marítimo Almirante Maximiliano Fonseca), com alto fluxo de embarcações de grande porte, o que representa um risco potencial à introdução de espécies alóctonas.

Comunidade entre-marés dos Costões rochosos

A região entre-marés corresponde à região de transição entre o continente e o mar, ocupada por organismos epibênticos de origem marinha. Essa região pode ser dividida em três zonas: infralitoral (zona que fica raramente exposta na maré baixa), mediolitoral (zona que fica exposto na maré baixa) e supralitoral (região que fica raramente submersa). Os organismos se distribuem por essas regiões, alguns deles formando faixas que caracterizam a zonação (Coutinho, 1995).

A comunidade epibêntica dos costões rochosos é formada por muitas espécies sésseis, por animais vágéis ou em sua maioria sedentários. Estes organismos se distribuem no costão de acordo com sua tolerância e limitações fisiológicas a fatores físicos e biológicos (Nybakken, 1993; Levinton, 1996; Coutinho, 2002).

Para organismos de origem marinha, habitar regiões que são frequentemente expostas ao ar exige uma série de adaptações a fatores físicos como a temperatura (dessecação), substrato para fixação e ação de ondas, além de fatores biológicos, como a predação, herbivoria e competição. Poucas são as espécies que apresentam adaptações que as permitam ocupar faixas superiores do costão rochoso devido a forte ação de fatores físicos, relacionados a um maior período de exposição ao ar. Entretanto, a menor diversidade implica na redução das interações interespecíficas e um menor papel de fatores biológicos na estruturação dessas faixas (Connell 1961).

De forma geral, os limites inferiores de distribuição dos organismos bentônicos da zona entre-marés são controlados por fatores biológicos como competição, predação e herbivoria. Trabalhos clássicos como o de Connell (1961) quanto à limitação da distribuição do cirripédio *Chthamalus stellatus* pela competição por espaço com *Semibalanus balanoides* (que é competitivamente superior), é um dentre vários exemplos de trabalhos na literatura que sustentam essa generalização.

O espaço para a fixação das larvas do invertebrado e os propágulos das algas, por vezes, é um fator limitante no costão rochoso. E a competição por esse recurso pode levar a padrões como a monopolização de faixas e redução da riqueza de espécies pela dominância de espécies competitivamente superiores como o observado em *Mytilus californianus*, na costa do Pacífico

norte (Paine, 1966). Entretanto, a participação de outros fatores (predação seletiva, ação de ondas...) na regulação das populações e abertura de espaço, pode manter uma maior diversidade local, diminuindo a competição entre as espécies e servindo de substrato para o recrutamento e desenvolvimento de espécies competitivamente inferiores (Paine & Levin, 1981).

Espécies introduzidas podem vivenciar uma situação de liberação ecológica, pela inexistência de predadores (ou parasitas) e outros fatores reguladores locais de suas populações. As características de cada espécie, sua capacidade competitiva e estratégias reprodutivas, adicionada a essa ausência do fator regulador, podem levar ao estabelecimento e expansão de suas populações, de forma invasiva. O domínio do espaço e monopolização da área por essas espécies, como posteriormente será citado, diminui a biodiversidade local, podendo causar o desaparecimento de espécies nativas (Carlton, 1999; Levine, 2000).

Recrutamento

A maior parte dos invertebrados marinhos bentônicos apresenta ciclos de vida complexos, com larvas planctônicas que podem se dispersar para outras áreas onde irão assentar e metamorfosear nas formas bentônicas sésseis (Eckman, 1996). Para os invertebrados bentônicos o evento reprodutivo da população local tem pouco ou nenhum papel direto na estruturação da mesma, por se tratar de um sistema aberto. Mesmo que a população local falhe na produção de sua prole, o recrutamento de indivíduos de populações circunvizinhas é capaz de livrar a população local da extinção (Bertness *et al.*, 1992; Ojeda & Inestrosa, 1993; Caley *et al.*, 1996).

O recrutamento é um conceito operacional e pode ser definido, de forma simples, como a adição de novos indivíduos a uma determinada população. O que implica numa fase anterior de abandono da vida pelágica pelas larvas, assentamento e sobrevivência a um período determinado pelo pesquisador (Rodriguez *et al.*, 1993)

O padrão de recrutamento é um fator que tem forte influência na dinâmica das populações bentônicas, tido como um dos fatores determinantes da estrutura da comunidade em habitats marinhos (Osman, 1977, Roughgarden *et al.* 1985, Caley *et al.*, 1996) O recrutamento é variável no tempo e no espaço, dependendo de pelo menos, seis fatores principais:

Disponibilidade larval (produção, sobrevivência e dispersão), disponibilidade de substrato apropriado, Seleção do substrato e fixação das larvas (assentamento), metamorfose, sobrevivência às primeiras fases de vida bentônica e crescimento até a classe etária que o classifique como um recruta.

Para espécies marinhas entre-marés, a seleção do substrato tem um papel crucial na posterior sobrevivência, o risco de assentar fora das tolerâncias fisiológicas do organismo parece ter favorecido a seleção desse comportamento nos mais diversos taxa marinhos (Holm, 1990; Schubart *et al.*, 1995). Este comportamento tem sido muito estudado em espécies sésseis, principalmente em cirripédios, que evoluíram respostas a específicos indutores de assentamento, como por exemplo, a atração química pelo cimento secretado por coespecíficos (Schubart *et al.* 1995; Wright & Boxshall, 1999; Jeffery, 2000). Contudo, a atração química não está limitada a este grupo, sendo detectada também em mitilídeos (Davis & Moreno, 1995), ostras (Crisp, 1967 *apud* Pawlik, 1992), poliquetos e outros (para revisão, Pawlik, 1992).

A topografia do substrato, assim como a natureza do substrato (cor, textura, química) são fatores importantes no recrutamento dos organismos sésseis (Chabot & Bourget, 1988; Lapointe & Bourget, 1999).

Heterogeneidade do substrato

A colonização da rocha nua pelas espécies sésseis cria heterogeneidade espacial e diversos microhábitats, permitindo a existência de uma grande fauna associada (Menge & Sutherland, 1976; Moore & Seed, 1985; Barreto, 1999). A heterogeneidade espacial influencia a abundância e distribuição dos organismos ao criar refúgios a predação, dessecação, impacto de ondas entre outros fatores físicos e biológicos (Guichard & Bourget, 1998).

Estruturas em alto relevo que geram uma leve turbulência (ruptura do fluxo em pequena escala), representadas, por exemplo, por cirripédios anteriormente fixados, aumentam a possibilidade de fixação de indivíduos, levando a um maior recrutamento próximo a estas estruturas (Thomason *et al.*, 1998). Pontos em baixo relevo, como furos, também podem facilitar o assentamento de determinadas larvas, ao gerar um ambiente de menor fluxo e exposição.

Poucos são os estudos sobre o papel da complexidade estrutural do hábitat em escalas próxima da capacidade exploratória das larvas. A maioria

dos trabalhos de recrutamento de invertebrados utiliza superfícies planas, que o raramente representam uma situação real. Frequentemente encontram-se fendas, buracos, carapaças de cracas, ou até mesmo, a estrutura dos animais vivos e seus blocos agregados. Além disso, os trabalhos que se propõe a examinar este papel em geral utilizam substratos artificiais ou condições laboratoriais (placas e flume, respectivamente). O presente estudo se propôs a estudar o papel da heterogeneidade do substrato no recrutamento de invertebrados e sucessão ecológica em campo, com substrato natural.

Sucessão ecológica

Distúrbios naturais, e a própria atividade dos organismos bentônicos, como por exemplo a alimentação por *Pisaster* (Paine, 1966), frequentemente abrem clareiras em meio a comunidade, deixando exposto o substrato rochoso primário. Os diversos organismos que compõem a comunidade local, não tem as mesmas capacidades de colonizar estas áreas, existindo organismos conhecidos como pioneiros, que são aqueles capazes de colonizar a rocha recém exposta, e outros que somente ocorrerão quando o meio já tiver sofrido alterações, denominadas espécies tardias ou colonizadores secundários. Essa seqüência de substituições das espécies ao longo do tempo de recuperação pós-distúrbio é conhecida como sucessão ecológica (Odum, 1983).

Para compreender como se dá a colonização do costão rochoso e as possíveis interações que venham a ocorrer entre as espécies dominantes da faixa do médio-litoral, foi realizado um estudo de sucessão ecológica, onde se observou o recrutamento e a persistência das espécies em três tipos de microrelevos do substrato rochoso. Partimos da hipótese de que diferentes complexidades estruturais do substrato, podem levar a processos sucessionais diferenciados, em função do papel da heterogeneidade no recrutamento e sobrevivência das espécies.

Principais espécies

Em Angra do Reis, a região do médiolitoral é ocupada principalmente por cirripédios das espécies *Tetraclita stalactifera* (Lamarck, 1818) e *Chthamalus bisinuatus* (Pilsbry, 1916), um vermetídeo do gênero

Petaloconchus e bivalves das espécies *Brachidontes solisianus* (Orbigny, 1846) e *Isognomon bicolor* (C. B. Adams, 1845) (figura 1).

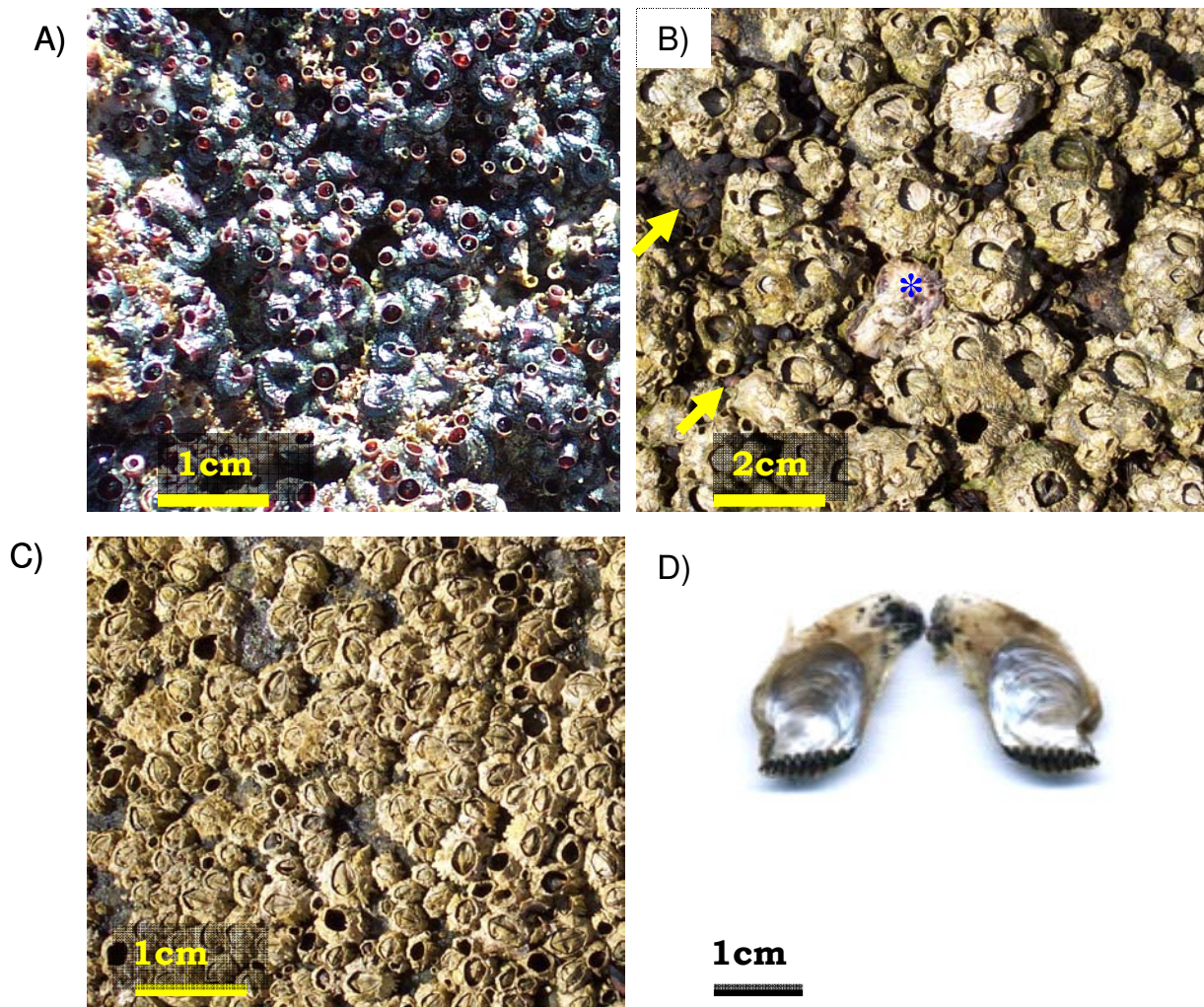


Figura 1: Espécies dominantes da região do médiolitoral da Ilha do Brandão. A) *Petaloconchus* sp.; B) *Tetracrita stalactifera*, destaque para *Brachidontes solisianus* (seta) e *Ostrea* sp.*; C) *Chthamalus bisinuatus*; e D) *Isognomon bicolor*.

Os moluscos da família Vermetidae formam uma faixa no médiolitoral inferior onde são dominantes, seguidos pelas macroalgas e *Isognomon bicolor*. O fator espaço parece ser limitante, e indícios apontam *Petaloconchus* como possível competidor de *Isognomon bicolor* e de *Tetracrita stalactifera* (figura 2)



Figura 2: indícios de possível competição por espaço na faixa inferior do médiolitoral. A) Vista superficial de um trecho do médiolitoral onde *Petaloconchus sp.*, *Isognomon bicolor* e *Tetracrita stalactifera* ocorrem. B) vista da base de um bloco do recife formado por *Petaloconchus sp.*, destaque para *Isognomon bicolor* morto (*) e carapaças de *Tetracrita stalactifera* (seta).

O gastropodo *Petaloconchus sp.* apresenta a concha modificada, formando um tubo. Ao contrário da maioria dos gastropodos, este animal tem vida sésil, formando recifes no costão rochoso (figura 1a). Entretanto, apresentam forma larvar planctônica (veliger, com concha), permitindo uma melhor dispersão. Esses animais, por muito tempo, foram confundidos com poliquetos (Serpulidae), pois, o último também apresenta tubos calcários que formam recifes, além da morfologia incomum de *Petaloconchus sp.* dentro do seu grupo. Até hoje, a taxonomia deste grupo é muito discutida e confusa. Este molusco se alimenta de zooplâncton e fitoplâncton, por meio de redes de muco (National Library of Australia Cataloguing in-publication entry).

Observações pretéritas

Ao desprendermos uma placa do recife formado pelos tubos calcários dos Vermetídeos, notamos a existência de grandes *Tetraclita stalactifera* em sua base, mostrando que estes cresceram sobre elas (figura 2b). Pôde-se também notar, que entre os vermetídeos existiam muitos *Isognomon bicolor*. Breves (2004) estudou a estrutura populacional de *Isognomon bicolor* na mesma região e observou que apesar de abundantes, os mesmos apresentam alta mortalidade entre os vermetídeos e tamanho reduzido. O mesmo autor sugere que a presença de *Petaloconchus* influencia o crescimento e sobrevivência de *Isognomon bicolor*.

Descrições da região, anteriores a década de 90 não relatavam a ocorrência de *Petaloconchus* nesta região (Junqueira, comunicação pessoal), mostrando que possivelmente eles possam ter sido introduzidos há pouco tempo, por alguma fonte alóctone de espécies. Além disso, sua rápida ocupação e distribuição nos dá indícios de se tratar de um possível bioinvasor.

Observações recentes de densas populações de *Isognomon bicolor* ocupando uma faixa dos costões rochosos, onde em outras localidades, eram tradicionalmente encontrados bivalves das espécies *Brachidontes solisianus* e *Perna perna*, despertou a atenção para esta espécie, que também acredita-se ser um bioinvasor (Breves, 2004). Uma possível relação entre a diminuição da densidade de *Perna perna* (espécie economicamente importante) e o aumento da densidade de *Isognomon bicolor* em Arraial do Cabo- RJ foi levantada por Rocha (2002).

Atualmente, *I. bicolor* se distribui no Atlântico Oeste, desde a Flórida até Santa Catarina, no Brasil (Domaneschi & Martins, 2002). Há relatos de *Petalochonchus sp.* desde o nordeste até o Paraná (Rios, 1970).

Relevância do estudo

Isognomon bicolor e *Petaloconchus* sp. (Vermetidae), possivelmente são espécies exóticas, que têm aparentemente causado alterações na estrutura das comunidades nativas, do litoral sul do estado do Rio de Janeiro. Conhecer a dinâmica de colonização e possíveis interações populacionais nos estágios sucessionais iniciais da comunidade, bem como relacioná-los com os fatores que determinam a distribuição atual dessas espécies no ambiente em estudo, são condições importantes para avaliar o impacto destas espécies sobre a fauna e flora de costões rochosos do sul do Rio de Janeiro.

Organização da dissertação

Este trabalho foi dividido em três capítulos, para uma melhor compreensão dos processos e padrões estruturadores da comunidade bentônica. Essa divisão permite a exploração de enfoques distintos, com o propósito de esclarecer a dinâmica de ocupação do substrato pelas populações do médiolitoral.

Para o estudo do efeito da heterogeneidade do substrato no recrutamento e desenvolvimento da comunidade, foi necessário o desenvolvimento de uma nova metodologia de estudo. Essa inovação metodológica para estudo de organismos bentônicos da região entre-marés é abordada no Capítulo I, de forma comparativa às demais técnicas tradicionais.

O capítulo II é dedicado ao efeito da heterogeneidade do substrato no recrutamento das espécies de invertebrados dominantes da faixa do médiolitoral.

E por fim, a sucessão ecológica e o papel da heterogeneidade na estruturação da comunidade são abordados no capítulo III.

Objetivos gerais:

Determinar a influência da heterogeneidade do substrato no recrutamento e sucessão ecológica dos invertebrados bentônicos do médio-litoral da Ilha do Brandão (Angra dos Reis), onde estão presentes duas espécies invasoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETO, C.C. 1999. Heterogeneidade espacial do hábitat e diversidade específica: implicações e métodos de mensuração. *Oecologia Brasiliensis* . vol.VII :121-153.
- BERTNESS, M.D.; GAINES, S.D.; STEPHENS, E.G. & YUND, P.O. 1992. Components of recruitment in populations of acorn barnacle *Semibalanus balanoides* (Linnaeus) . *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 156: 199-215.
- BRANCH, G. M. & STEFFANI, C.N. 2004. Can we predict the effects of alien species? A case-history of invasion of South Africa by *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck) . *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 300: 189-215.
- BREVES, A.R. 2004. Distribuição, abundância relativa e estrutura populacional de *Isognomon bicolor* (Adams, 1845) no litoral do Estado do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado em Zoologia. Museu Nacional Universidade Federal do Rio de Janeiro. 110p.
- CALEY, M.J.; CARR, M.H.; HIXON, M. A.; ; HUGHES, T.P.; JONES, G.P. & MENGE, B. A. 1996 . Recruitment and the local dynamics of open marine populations. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 27: 477-500.
- CARLTON, J. T. 1999. Molluscan invasions in marine and estuarine communities. *Malacologia.* 41 (2): 439-454
- CARLTON, J. T. 1996. Biological Invasions and Cryptogenic Species. *Ecology.* vol. 77 (6), 1653-1655.
- CHABOUT, R. & BOURGET, E. 1988. Influence of substratum heterogeneity and settled barnacle density on the settlement of cypris larvae. *Marine Biology.* 97: 45 -56.
- CONNELL, J.H. 1961. The influence of interspecific competition and other factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. *Ecology.*42: 710-723.
- COUTINHO, R. 1995. Avaliação critica das causas da zonação dos organismos bentônicos em costões rochosos. *Oecologia Brasiliensis.* 1: 259-271.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COUTINHO, R. .2002. Bentos de costões rochosos **in:** PEREIRA, R. C. & SOARES-GOMES, A. **Biologia Marinha**. Ed. Interciência, Rio de Janeiro.
- DAVID, P.; BERTHOU, P.; NOEL, P. & JARNE, P. 1997. Patchy recruitment patterns in marine invertebrates: a spatial test of the density-dependent hypothesis in the bivalve *Spisula ovalis*. *Oecologia*. 111: 331-340.
- DAVIS, A. R. & MORENO, C.A. 1995 . Selection of substrata by juvenile *Choromytilus chorus* (Mytilidae): are chemical cue important?. . *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 191: 167-180.
- 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
- ECKMAN, J. E. 1996. Closing the larval loop: linking larval ecology to the population dynamics of marine benthic invertebrates. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 200: 207-237
- GUICHARD, F. & BOURGET, E. 1998. Topographic heterogeneity, hydrodynamics, and benthic community structure: a scale-dependent cascade. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 171: 59-70.
- HOLM, E. R. 1990. Attachment behavior in the barnacle *Balanus Amphitrite Amphitrite* (Darwin): genetic and environmental effects. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 135: 85-98.
- JEFFERY, C. J. 2000. Settlement in different-sized patches by the gregarious intertidal barnacle *Chamaesipho tasmanica* Foster and Anderson in New South Wales. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 252: 15-26.
- LEVINE, J. M. 2000. Species diversity and Biological Invasions: Relating Local Process to Community Pattern. *Science*. 288: 852-854
- LEVINTON, J.S. 1996. **Marine Biology: function, biodiversity, ecology**. Oxford University Press. New York.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LAPOINTE, L. & BOURGET, E. 1999. Influence of substratum heterogeneity scales and complexity on a temperate epibenthic marine community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 189: 159-170.
- MENGE, B. A. & SUTHERLAND, J. P. 1976. Species diversity gradients: synthesis of the roles of predation, competition, and temporal heterogeneity. *Amer. Natur.* 110 (973): 351-369.
- MOORE, P. G. & SEED, R. 1985. **The ecology of rocky coasts.** Hodder and Stoughton. London.
- NYBAKKEN, J. W. 1993. **Marine Biology and Ecological Approach.** 3.ed. Addison Wesley Logman. Nova York .
- ODUM, E. P. 1983. **Ecologia.** Editora Guanabara
- OSMAN, R.W. 1977. Establishment and development of a marine epifaunal community. *Ecol. Monogr.* 47 : 37-63.
- PAINE,R.T.1966, Food web complexity and species diversity: *Amer. Natur.*100: 65-75.
- PAINE, R. T.& LEVIN, S. A. 1981. Intertidal landscapes: distribution and dynamics of pattern. *Ecol. Monogr.* 51: 145-178.
- PAWLIK, J. R. 1992. Chemical ecology of the settlement of benthic marine invertebrates. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 30 : 273-335.
- 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 p.
- RODRIGUEZ, S. R. ; OJEDA, F. P. & INESTROSA, N. C. 1993. Settlement of benthic marine invertebrates. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 97: 193-207.
- ROUGHGARDEN, J.; IWASA, Y. & BAXTER, C. 1985. Demographic theory for an open marine population with space-limited recruitment. *Ecology.* 66(1): 54-67.
- SCHUBART, C. D.; BASCH, L. V. & MIYASATO, G. 1995. Recruitment of *Balanus glandula* Darwin (Crustacea: Cirripedia) into empty barnacle tests and its ecological consequences. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 186: 143-181.
- 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.* 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
- THOMASON, J.C.; HILLS J.M.; CLARE, A.S.; NEVILLE A. & RICHARDSON, M. 1998. Hydrodynamic consequences of barnacle colonization. *Hydrobiologia.* 375/376: 191-201.
- WRIGHT, J. R. & BOXSHALL, A. J. 1999. The influence of small-scale flow and chemical cues on the settlement of two congeneric barnacle species. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 183: 179-187.

Capítulo I

ADAPTAÇÃO METODOLÓGICA PARA O ACOMPANHAMENTO TEMPORAL DE FAIXAS EXTENSAS DA COMUNIDADE ENTRE-MARÉS DE COSTÕES ROCHOSOS, COM IMAGENS DIGITAIS DE ALTA RESOLUÇÃO.

Danuza Nogueira Moysés

Resumo

O presente trabalho apresenta uma nova metodologia para estudos temporais de comunidades entre-marés de substrato consolidado, permitindo a amostragem de uma larga extensão da comunidade, em pouco tempo. A metodologia associa o avanço da tecnologia de captura de imagens digitais de alta resolução com uma estrutura operacional de campo, a fim de otimizar a obtenção de dados em habitats entre-marés. Foram utilizados dois métodos de estudo não destrutivos tradicionais de estimativa de porcentagem de cobertura (quadrados de estimativa visual e quadrados de pontos de interseção) em comparação como o novo método apresentado, no estudo de um costão rochoso moderadamente batido e bastante inclinado (33°), em Angra dos Reis-RJ. A aplicabilidade dos três métodos a um estudo de 18 meses de sucessão ecológica foi analisada em relação às vantagens de ordem econômica e operacional. O método de pontos de Interseção mostrou maior similaridade nos resultados de porcentagem de cobertura com o método de fotografia digital, enquanto, estimativa visual foi o de maior acurácia, em função de problemas de resolução taxionômica das fotos e a amostragem superficial da monocamada no método de pontos de interseção. A amostragem com o método de fotos digitais, mostrou grande precisão, reduzido tempo em campo, e vantagens econômicas, ao passo que permite a aquisição de muitas imagens, múltiplas amostragens e fornece um importante registro da comunidade. A análise dos registros fotográficos permite a obtenção de parâmetros como recrutamento, mortalidade e crescimento, além de permitir a montagem de animações dos estágios sucessionais. Consideramos esta metodologia, a mais indicada para estudos de sucessão ecológica, especialmente no monitoramento de comunidades entre-marés de invertebrados bentônicos.

Palavras-chave: bentos, metodologia, costão rochoso, comunidade entre-marés, fotografia digital.

Abstract

This work introduces a new method for temporal studies of the rocky intertidal community, which enable the sample of a large extension of the community in a short time. This method combines the usefulness of high resolution digital image technology with field operational structure to improve data acquisition in intertidal habitats. Two traditional nondestructive percent cover estimation methods (visual estimation quadrats and point interception quadrats) were used to compare the efficiency of the new method in a moderately exposed and highly inclined shore (33°) in Angra dos Reis-RJ. The applicability of the three methods to an 18 month sucessional study was analyzed in terms of economic and operational advantages. Point interception quadrats showed more similarity in percent cover to digital photo method, while estimation cover was the most accurate, regarding taxonomic resolution problems of the photo and monolayer sample of point interception quadrats. Digital photo quadrats sampling showed great precision, reduced time on field work and economic advantages, while allowing the acquisition of extensive images, multiples samples and providing an important record of the community. The extensive analysis of the photographic record permits the obtaining of parameters as recruitment, mortality and growth, besides allowing the making of an animation of sucessional stages. We consider this method the most indicated one for studies of succession ecology, especially for monitoring benthic invertebrate intertidal communities.

Key words: benthos, method, rocky intertidal community, digital photography

INTRODUÇÃO

Introdução

Os costões rochosos são em geral ecossistemas de alta produtividade e diversidade de espécies. Nesses habitats costeiros ocorrem diversas interações biológicas e forte ação de fatores abióticos ao longo do gradiente de transição do ambiente marinho para o terrestre. A maior parte dos organismos que compõem essa comunidade única são sésseis, vivendo aderidos ao substrato e portanto, estando sujeitos as oscilações de maré (Nybakken,1993; Leviton, 1996).

Alguns destes organismos marinhos habitam a zona entre-marés, e convivem com a exposição ao ar em períodos cíclicos de maré baixa (Little & Kitching, 1996). Se por um lado, esses períodos de exposição ao ar levam à alterações nas atividades dos organismos, as algas cessam a fotossíntese, animais vágéis procuram refúgios, filtradores se fecham em suas conchas (reduzindo a perda de água)... por outro lado, os períodos de maré baixa facilitam a observação destes organismos sésseis pelos pesquisadores.

Os organismos sésseis da zona entre-marés oferecem outras vantagens práticas para o seu estudo: apresentam desenvolvimento rápido, são relativamente bem conhecidos, as migrações estão limitadas em geral às fases larvais, além dos indivíduos poderem ser acompanhados ao longo do tempo pela sua posição. A distribuição dessas espécies é reflexo das condições ambientais vivenciadas. Em outras palavras, os limites de distribuição dessas espécies representam os limites fisiológicos de cada espécie em lidar com os fatores bióticos e abióticos, uma vez que não podem escapar das situações desfavoráveis.

Além de todas as vantagens citadas acima, a região entre-marés concentra, numa escala de centímetros, grandes variações ambientais. Para um cirripédio que está apenas alguns centímetros acima de outro, isso pode representar a ruptura do limite fisiológico da espécie, em função do menor tempo de submersão (baixo suprimento alimentar, alta temperatura e dessecação, entre outros). Todas essas vantagens, em conjunto, fazem dos organismos sésseis ótimos objetos de estudo para sucessão ecológica.

O costão rochoso é um ótimo laboratório de estudos ecológicos e foram vários os estudos realizados nestes ambientes, principalmente na zona entre-marés (Lewis, 1964, Paine,1966;.Chapman,1989; Archambault & Bourget, 1996; Breves, 2004...) . No entanto, poucos são aqueles que conseguem estudar uma faixa ampla da comunidade (por exemplo, toda a faixa do médiolitoral) e monitorar esta mesma área por um período longo de tempo. Os experimentos na região entre-marés estão geralmente limitados pela rápida subida da maré.

As repetições de amostragens e tratamentos, permitem um tratamento estatístico adequado dos dados obtidos e maior confiabilidade dos fenômenos observados. No entanto, isso torna os estudos em costões limitados a pequenas regiões, sem a visão da comunidade como um todo. A restrição de tempo imposta pelos métodos tradicionais de obtenção dos dados, adicionado ao fato das regiões entre-marés ficarem expostas por um curto período, fazem do fator tempo, um dos principais limitantes dos estudos da zona entre-marés.

Tradicionalmente se usam dois métodos não destrutivos para estudos de sucessão ecológica: estimativa visual e pontos de interseção .O primeiro, apesar de ser de rápida obtenção de dados, apresenta alta variabilidade nos resultados obtidos por observadores diferentes (Sabino & Villaça, 1999; Meese & Tomich,1992). Já o segundo, tem o tempo como fator limitante, restringindo o número de amostras ou de interseções, diminuindo a precisão. Para o estudo de uma faixa mais extensa da comunidade entre-marés, ambos precisariam de muitas repetições, o que logisticamente impossibilita os estudos de sucessão dessa faixa toda da comunidade. Sendo assim, foi necessário o desenvolvimento de técnicas mais ágeis, que permitissem uma maior amostragem, mantendo a precisão, rapidez e acurácia.

Esse trabalho apresenta uma nova metodologia de estudos para a zona entre marés dos costões rochosos, que permite o acompanhamento temporal da comunidade de toda a faixa do médiolitoral e sob diversos tratamentos, mantendo grande acurácia e precisão dos dados obtidos. Esta técnica visa facilitar e otimizar os estudos em comunidades entre-marés, criando um retrato mais fiel das dinâmicas populacionais dos organismos bentônicos dos costões rochosos.

OBJETIVOS

Objetivo geral:

Desenvolver uma nova metodologia de estudos para a zona entre-marés dos costões rochosos, que permita o acompanhamento temporal de uma mesma faixa da comunidade entre-marés, submetido a diversos tratamentos e repetições, mantendo grande acurácia e precisão dos dados obtidos.

Objetivos específicos:

- 1) Desenvolver metodologia que alie as inovações tecnológicas no campo de obtenção de imagens com a obtenção de dados qualitativos e quantitativos em campo, com vistas a otimizar e viabilizar o estudo de uma extensa faixa da comunidade bentônica entre-marés.
- 2) Testar a nova metodologia.
- 3) Comparar as metodologias tradicionais empregadas no estudo temporal das comunidades entre-marés (estimativa visual e pontos de interseção) com a metodologia desenvolvida neste trabalho.

ÁREA DE ESTUDO

Área de estudo:

O estudo foi realizado no estado do Rio de Janeiro (23°01,5' latitude Sul e 44° 24' longitude Oeste) no município de Angra dos Reis (litoral sul). O método foi desenvolvido para o monitoramento da zona entre-marés do costão rochoso da ilha do Brandão, na Baía de Ilha Grande (figuras 3 e 4).

Esta área é considerada oligotrófica (Silva *et al.*, 1989), como a maior parte dos ambientes na Baía da Ilha Grande. Trata-se de um costão acentuadamente inclinado (média de 33°) e moderadamente batido. Em função da grande circulação de lanchas e barcos de passeio, principalmente no verão e finais de semana, o costão rochoso desta área também recebe a ação de “marolas”.

A faixa de médiolitoral é de aproximadamente 1m de extensão, formada principalmente pelo molusco *Petaloconchus sp* (ocupa aproximadamente 50% da zona, na região inferior), os bivalves *Isognomon bicolor* e *Brachidontes solisianus*, e os cirripédios *Tetraclita stalactifera* e *Chthamalus spp*.



Figura 3: Aspecto geral do costão rochoso estudado na Ilha do Brandão (Angra dos Reis).

ÁREA DE ESTUDO-CAPÍTULO I

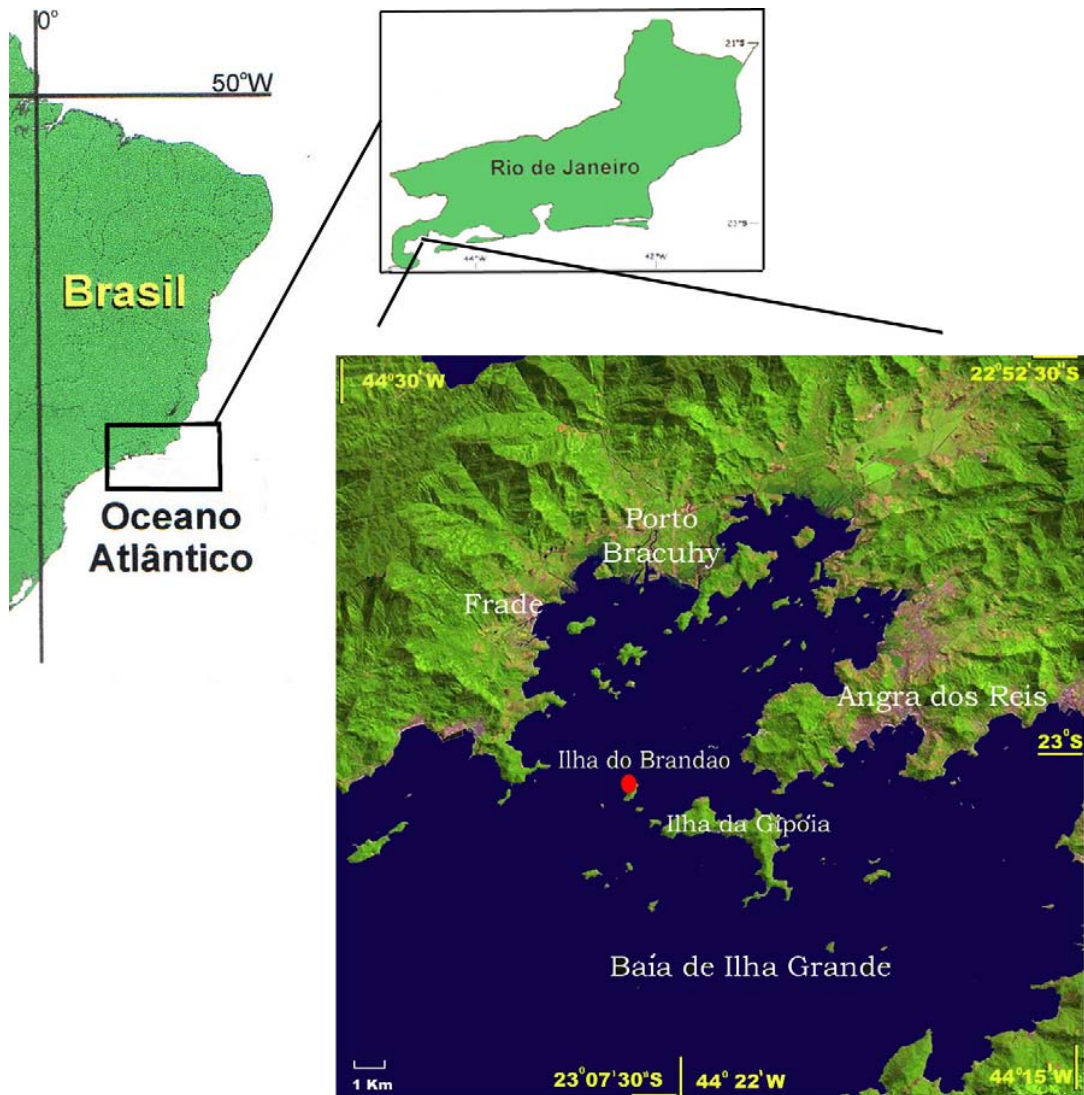


Figura 5: Mapa da localização da área de estudo, localizada pelo círculo vermelho (Ilha do Brandão, Angra dos Reis).

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais e métodos

√ INOVAÇÃO METODOLOGIA

A metodologia foi desenvolvida para utilização de fotografias digitais de alta resolução na coleta de dados. Para tal, foi projetada uma caixa especial para se acoplar à máquina fotográfica e foram realizadas intervenções no costão rochoso natural para montagem da estrutura necessária ao monitoramento.

Equipamento:

A coleta de dados foi realizada com a utilização de uma máquina fotográfica digital Kodak modelo DX3900, que obtém imagens de alta qualidade e resolução (3.1 Megapixel). Uma caixa de acrílico com vidro foi projetada para permitir que as imagens fossem seqüenciais, de mesmo tamanho e mesma distancia do objeto, permitindo que imagens sucessivas de um mesmo ponto pudessem ser sobrepostas; e proteção da máquina fotográfica, evitando que a mesma entrasse em contato com a água.

A caixa era vasada, para permitir a possível circulação de água das ondas., transparente, com as seguintes dimensões: 50 cm de altura total, uma base de 36 X 36 cm e 30 cm de altura, e um compartimento superior de 23 X 36 cm de base e 20 cm de altura (figura 5).

Para a obtenção das fotos a máquina fotográfica era fixada à caixa de acrílico de forma centralizada (na parede interna do compartimento superior, figura 5c), separada da base por um vidro. A distancia fixa do objeto permite a amostragem de um campo fotográfico de 20 X 30 cm.

Preso à caixa foi fixado um cabo marcado a cada 20 centímetros (figura 5a), usado para descer a caixa, marcando a distancia entre os campos fotografados, de forma a montar uma imagem continua do campo todo, pela montagem das fotos seqüenciais. O cabo também foi usado para prender a caixa ao costão por meio de um pino.

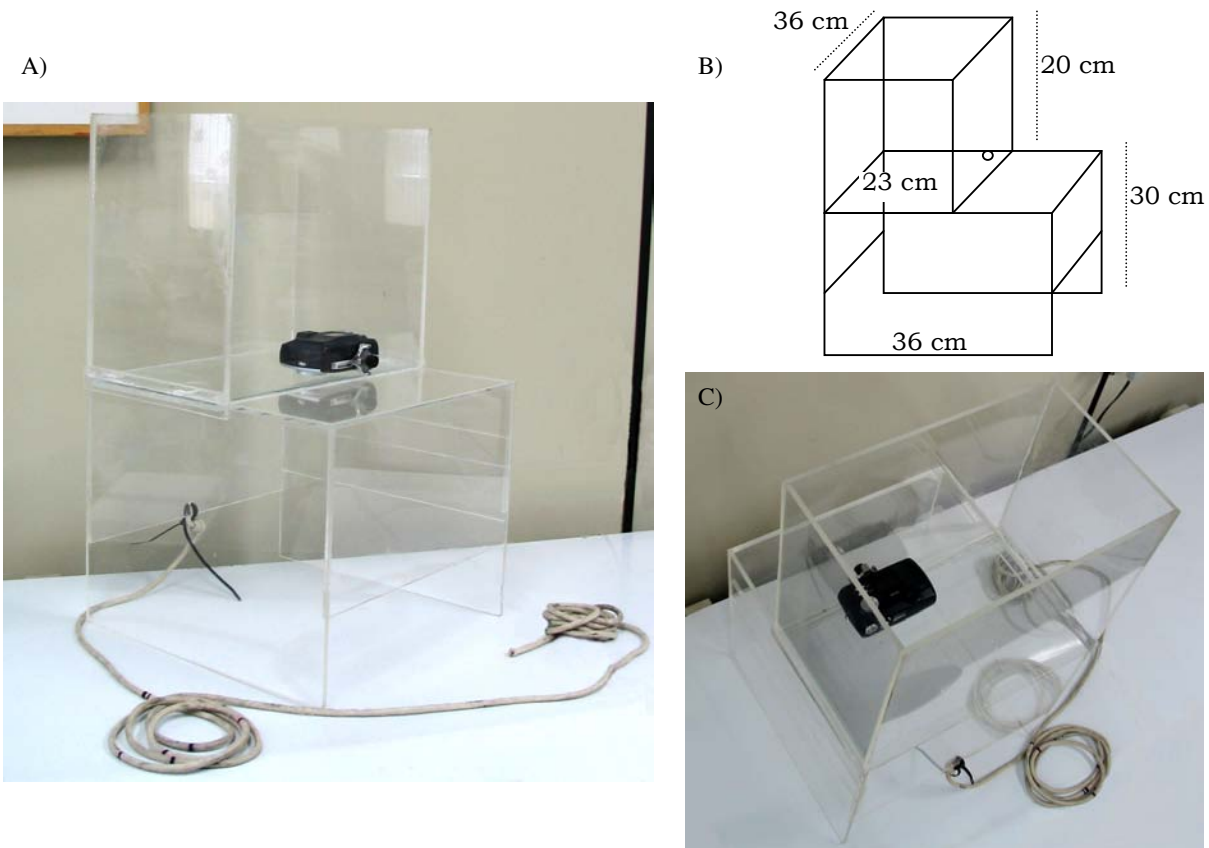


Figura 5: Máquina fotográfica acoplada a caixa de acrílico e vidro. A- aspecto geral, B) esquema da caixa com as medidas dos lados; C) Visão de cima.

Estrutura de campo:

Pinos de alpinismo foram fixados ao costão rochoso para permitir que tanto a caixa como os pesquisadores ficassem presos ao costão por meio de cabos de segurança, garantindo uma maior segurança ao equipamento e aos pesquisadores (figura 6b).

A caixa foi planejada para correr em um trilho de aço inox que foi fixado ao costão nas faixas de estudo, utilizando um Martetele Bosch que funciona com bateria de 24V . Uma fita métrica fixada paralela ao trilho foi usada como referencial, tanto para a posterior montagem das fotos, como para referência métrica.

A)



B)

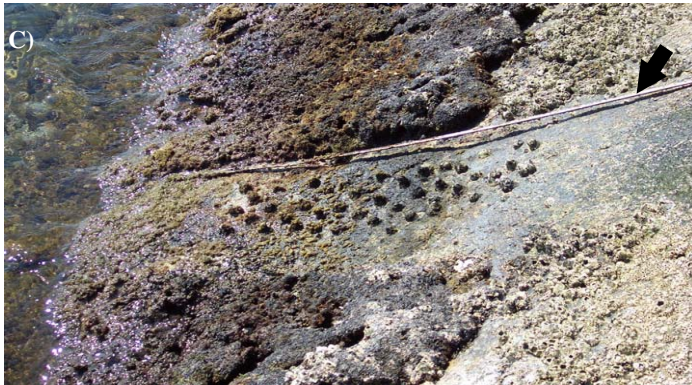


Figura 6: Estrutura de campo . A) Exemplo de uma fotografia, destaque para a fita métrica (seta vermelha). B) posicionamento dos Pesquisadores e equipamento C) exemplo de um dos transectos inteiro (alto relevo), destaque para o trilho de aço inox (seta preta).

Aplicação: Caso específico

A metodologia apresentada neste capítulo foi desenvolvida para o caso a baixo, visto a grande faixa de estudos e a quantidade de tratamentos e repetições.

Foram realizadas diversas campanhas mensais ao longo de 18 meses de sucessão ecológica (de março de 2003 a setembro de 2004), para o monitoramento da densidade de espécies colonizadoras da faixa entre-marés do costão rochoso natural, sob três tratamentos (3 repetições, um total de 12 transectos). Os transectos foram raspados e submetidos aos tratamentos: liso-transectos raspados, alto relevo - cracas artificiais fixadas à faixa previamente raspada (distribuídas regulamente) e baixo relevo - furos de 1cm de diâmetro

(também distribuídos regulamente); além de 3 controles (mais detalhes nos capítulos 2 e 3 deste estudo).

Cada transecto correspondia a uma faixa vertical de aproximadamente 40 cm X 100 cm do médiolitoral. No monitoramento dos transectos, 5 a 6 fotos seqüenciais foram tiradas de cada transecto a cada mês, compreendendo uma área de no mínimo 30 X 100 cm (300 cm²) fotografada.

As campanhas eram realizadas na maré baixa quando toda a faixa estava exposta. O trabalho era realizado no período máximo de duas horas (uma antes e uma depois do pico da maré baixa), pois ao final deste período, parte da faixa começava a ficar encoberta, não podendo mais ser monitorada. De cada transecto, foi tirada uma foto a cada 20 cm, de acordo com a marcação do cabo que é usado para deslizar a caixa sobre o trilho.

Foi efetuada uma amostragem qualitativa das espécies presentes na região, coletando as espécies novas que vinham a ocorrer ao longo da sucessão, posteriormente serem identificados ao menor nível taxionômico possível. As algas foram fixadas em formol 4% e animais em álcool 70%.

Análise dos dados:

A análise dos dados foi realizada no Laboratório de Bentos (IB-UFRJ), Com o auxílio do programa de edição de imagens Photoshop 6.0, que permite grandes ampliações da foto, além de outros recursos como a possibilidade de medir os organismos e sobrepor fotos (camadas). Neste programa foi gerada uma grade de 20 X 20 cm subdividida em quadrados de 1 cm², usados para o cálculo da porcentagem de cobertura pelo preenchimento dos quadrados menores.

Para o monitoramento dos indivíduos, observando o recrutamento, crescimento e mortalidade, foi feita uma transposição da distribuição dos principais invertebrados de cada transecto inteiro (montado pelas fotos seqüenciais) para um esquema em papel vegetal sobre uma base quadriculada, em menor escala. Essa transposição foi feita para todos os tratamentos a cada dois meses de sucessão.

As alterações que ocorreram ao longo do tempo foram identificadas pela sobreposição das fotos de meses sucessivos, e marcadas nos esquemas. Posteriormente os indivíduos foram contados e medidos. Aos dados de

porcentagem de cobertura, densidade, mortalidade, recrutamento e crescimento foram aplicados testes estatísticos paramétricos como a ANOVA, para saber se houve diferenças significativas (ao nível de 95% de confiança, $\alpha=0,05$) entre os tratamentos.

Para estudos de sucessão ecológica e crescimentos, as fotos foram sobrepostas e a cinética foi montada como animação, no programa PowerPoint do Microsoft Office (por transição rápida de slides). Outros programas de animação também podem ser usados.

√ COMPARAÇÃO METODOLÓGICA:

Os métodos de estimativa de porcentagem de cobertura em campo utilizados para a comparação metodológica foram: Estimativa visual, pontos de interseção e por fotografia digital (como descrito acima).

Inicialmente foi obtida a abundância das espécies por porcentagem de cobertura usando o método de estimativa visual, com um quadrado de 400 cm² dividido em 4 partes. Em seguida foi estimada a porcentagem de cobertura da mesma região pelo método de pontos de interseção, utilizando um quadrado de 400 cm², com 100 pontos de interseção. Para não sofrer influência das demais medições, somente 2 meses após a obtenção dos dados de campo foram feitas as leituras da cobertura via fotografia digital, com uma grade de 400 cm², dividida em 400 partes. Tal como descrito acima, a cobertura foi estimada a partir do preenchimento dos quadrados de 1 cm² pelas espécies, com auxílio do programa de edição de imagens.

Para todas as metodologias, foi registrado o tempo gasto e a porcentagem de cobertura de cada espécie.

O trabalho de campo foi executado em junho de 2004, sendo amostrados 8 quadrados, contemplando os 3 tratamentos e controles (uma duplicata de cada). A correlação foi obtida, através da comparação das porcentagens de cobertura de cada espécie pelos três métodos, nos mesmos quadrados amostrados. O número de espécies foi comparado pela ANOVA para medidas repetidas (com $\alpha= 0,05$), uma vez que se tratavam de um mesmo quadrado amostrado por três métodos.

RESULTADOS

Resultados:

As fotos de alta resolução obtidas com esta nova metodologia, permitiram uma observação bem detalhada dos organismos. No computador, foi possível aumentar as imagens, sem perder resolução, em até 3 vezes mais do que seria a capacidade visual do observador no campo. Essa vantagem facilitou a medição e distinção de organismo de pequeno porte, como os recrutas de cirripédios.

Outra vantagem foi a rápida obtenção das imagens em campo, o que permitiu fotografar 12 transectos inteiros de aproximadamente 1 metro, 5 fotos de 20 em 20 cm em cada, em apenas uma maré baixa de sizígia (2 horas). Isso implica não só na possibilidade de se monitorar uma região mais extensa, ou um maior número de repetições ou tratamentos, mas num menor custo do projeto (tabela 1).

Se o mesmo projeto fosse realizado utilizando qualquer um dos dois métodos tradicionais, além do árduo trabalho de campo, acarretaria um considerável acréscimo no custo do projeto, como pode ser observado na tabela 1.

A utilização dos dois métodos tradicionais no estudo temporal da comunidade, implica na necessidade de mais de um dia de trabalho de campo, ao contrário da metodologia apresentada aqui (tabela 2). Isso se dá, em função do maior tempo gasto por estas metodologias na leitura individual dos quadrados. O número de dias em campo é o principal responsável pelo custo oneroso do projeto utilizando os dois métodos tradicionais (tabela 1).

Comparando as três metodologias testadas neste estudo, o método de pontos de interseção foi o que levou mais tempo em campo para a leitura dos quadrados, seguido do método de estimativa visual (tabela 2). A utilização da fotografia digital agiliza a captura dos dados em campo, visto que fotos seqüenciais puderam ser tiradas num intervalo de tempo de menos de 1 min entre elas (tabela 2). Comparativamente, o tempo gasto em um transecto inteiro foi equivalente ou inferior ao necessário para a leitura de apenas um quadrado pelos demais métodos. Entretanto, a leitura das fotos em laboratório, para a obtenção das porcentagens de cobertura das espécies, leva em média 13 min por quadrado, sendo a leitura mais dispendiosa em relação ao tempo.

RESULTADOS-CAPÍTULO I

Tabela 1: Comparação entre os custos com o desenvolvimento das três metodologias, num trabalho de acompanhamento temporal de uma comunidade bentônica entre-marés.

		Quantidade	Custo por campanha	Custo total (18 campanhas)	
Fotografia digital	Combustível automóvel	1	R\$ 70,00	R\$ 1.260,00	
	Combustível barco	1	R\$ 50,00	R\$ 900,00	
	Diárias	2	R\$ 100,00	R\$ 3.600,00	
	Caixa de acrílico	Material	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
		Mão de obra	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
	Máquina fotográfica Digital Kodak DX3900	1	R\$ 600,00	R\$ 600,00	
	Cabos	2	R\$ 10,00	R\$ 20,00	
	Pinos de alpinismo	12	R\$ 5,00	R\$ 60,00	
	Réguas de aço inox (trilhos)	12	R\$ 5,00	R\$ 60,00	
total				R\$ 6.850,00	
Pontos de interseção	Combustível automóvel	1	R\$ 70,00	R\$ 1.260,00	
	Combustível barco	4	R\$ 50,00	R\$ 3.600,00	
	Diárias	8	R\$ 100,00	R\$ 14.400,00	
	total				R\$ 19.260,00
Estimativa visual	Combustível automóvel	1	R\$ 70,00	R\$ 1.260,00	
	Combustível barco	2	R\$ 50,00	R\$ 1.800,00	
	Diárias	4	R\$ 100,00	R\$ 7.200,00	
	total				R\$ 10.260,00

Tabela 2: Comparação entre tempo necessário para a leitura das porcentagem de cobertura das espécies para os três métodos de estudo de comunidades bentônicas entre-marés. Aplicação dos métodos ao estudo temporal da comunidade apresentado no materiais e métodos, quadrados de 20 X20 cm.

	Pontos de interseção	Estimativa visual	Fotografia digital
Tempo médio/quadrado	7 min	3 min	>1 min
Número de quadrados/min	0,14	0,33	1
Tempo em maré baixa (min/dia)	120	120	120
Quadrados/dia	17	40	120
Número de quadrados/transecto	5	5	5
Número de transecto	12	12	12
Número total de quadrados	60	60	60
Número de dias em campo	4	2	1

A qualidade dos dados obtidos não variou muito entre os métodos utilizados. A variação entre o número de espécies observadas não foi significativa ($p=0065$, $F=3,34$), apesar de haver uma leve tendência de amostrar um número maior de espécies com o uso da fotografia digital, representadas em geral por espécies pouco freqüentes.

Quanto à porcentagem de cobertura de cada espécie, existe correlação entre os três métodos (figura 7). Isso quer dizer, os três métodos têm capacidades equivalentes de identificar a freqüência de ocorrência das espécies. Os dados obtidos através das fotos refletem o observado com os outros métodos.

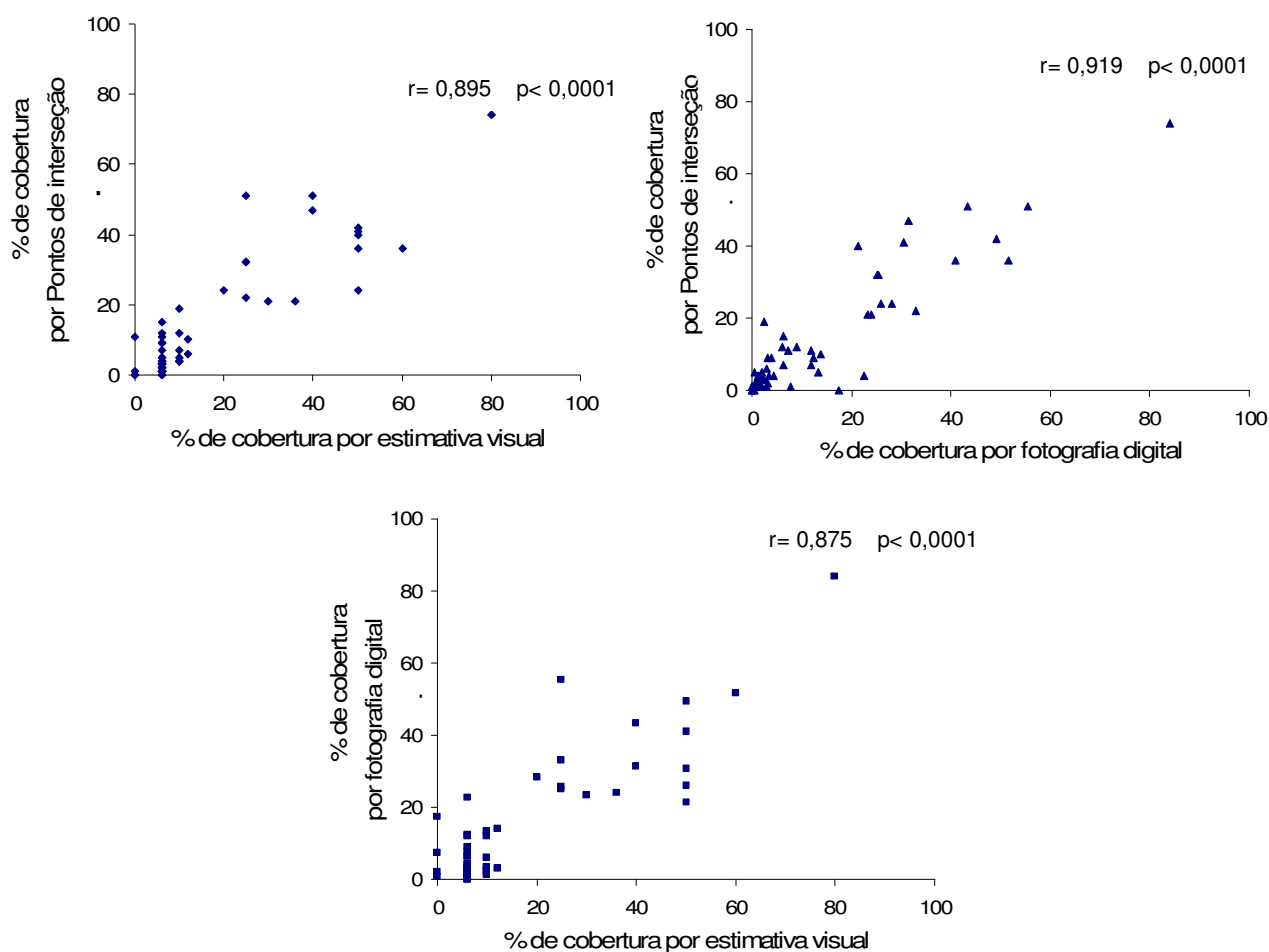


Figura 7: Correlação entre as porcentagens de cobertura das espécies de algas e invertebrados bentônicos pelos 3 métodos estudados (estimativa visual, pontos de interseção e o que utiliza fotografia digital, desenvolvido neste trabalho). Nos 3 casos a correlação foi significativamente diferente de zero, Intervalo de confiança de 95%, $\alpha = 0,05$. Quadrados de 400 cm².

No acompanhamento temporal da comunidade utilizando a metodologia que emprega a fotografia digital, foi possível montar uma imagem dos transectos inteiros a partir das fotos seqüenciais. A sobreposição das fotos de meses sucessivos também foi viável, permitindo o desenvolvimento de animações que mostram as variações temporais de uma faixa, mês a mês.

A metodologia não foi capaz de distinguir claramente a porcentagem de cobertura do grupo de algas, quando as mesmas formam tufo multiespecíficos. Foi possível identificar a composição específica desses tufo pela indispensável coleta qualitativa e identificação em laboratório. A coleta qualitativa foi fundamental para compor a coleção de morfotipos, que serviram de referência na identificação dos espécimes nas fotos. Entretanto, pequenas variações na proporção das espécies de algas formadoras destes tufo só poderiam ser identificadas por métodos destrutivos.

Algas incrustantes tiveram sua porcentagem de cobertura subestimada na leitura das fotografias. A feofíceia *Ralfsia expansa*, por exemplo, teve sua porcentagem de cobertura subestimada pela coexistência de outras algas que formam “crosta ralfsióide”, que se confundem com a primeira quando esta não está bem desenvolvida.

Em algumas fotos, a presença de água, em dias em que o mar estava mais agitado, dificultou a identificação principalmente de algas, pois houve formação de reflexos nas fotos.

No verão, com o grande crescimento de algas oportunistas, como algumas espécies de ordem Ectocarpales, a densidade de animais incrustantes foi subestimada pela grande cobertura do estrato superficial pela fronde dessas algas. O acompanhamento temporal ajudou a diminuir este erro, pela comparação entre os meses anteriores e posteriores.

Em vista da grande inclinação do costão em estudo, a metodologia apresentada se mostrou mais prática do que as demais para a visualização da faixa amostrada. A fixação dos quadrados e a própria leitura das faixas inferiores do médio litoral foi problemática para os dois métodos tradicionais, devido a dificuldade de posicionamento do pesquisador no costão e ação de ondas.

A metodologia em questão apresentou algumas desvantagens de ordem prática em campo, como por exemplo, o trânsito entre os transectos transportando a caixa de acrílico e a máquina fotográfica, pela dificuldade de se caminhar no costão íngreme.

O melhor horário para a obtenção das imagens foi próximo do meio do dia, pois reduz o número de sombras nas fotos. No entanto, a melhor luminosidade foi obtida em dias nublados. A luz difusa reduz o reflexo e o excesso de brilho nas fotos.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Discussão:

Trabalhos ecológicos sempre buscam a maior precisão rapidez e acurácia possível, entretanto, pesquisadores estão sempre limitados pelo tempo e recursos, tendo que chegar a um equilíbrio entre os três (Andrew & Mapstone, 1987)

As metodologias que utilizam fotografia, há muito já vem sendo usadas em estudos de organismos bentônicos (Schoener & Greene, 1981; Meireles, 2002 e outras). As principais desvantagens apontadas por trabalhos de comparações metodológicas é o gasto embutido na revelação e filme (Meireles, 2002), e a resolução das fotografias (Foster *et al.* , 1991) .

A metodologia aqui apresentada resolve esses dois problemas ao aliar a tecnologia de obtenção de imagens digitais ao método fotográfico antigo. A digitalização direta das imagens não só reduz o custo, como agiliza a captura das imagens, que podem ser visualizadas na mesma hora, ainda em campo. Segundo Foster *et al.* (1991) as fotografias levavam em média 15 min (por quadrado) para serem tiradas em campo, além do posterior tempo de análise no laboratório. Logo, a diferença em tempo no campo, comparativamente aos outros métodos, não era grande. Com a metodologia atual, este tempo cai para menos de 1/20 do tempo anterior, tendo agora uma vantagem em relação aos demais métodos.

Apesar do dispendioso custo inicial do projeto, na implementação da metodologia apresentada neste trabalho, a redução do tempo gasto em campo compensa o gasto inicial para trabalhos de acompanhamento temporal da comunidade (tabelas 1 e 2). A vantagem do menor tempo em campo, é fundamental para possibilitar o estudo de uma maior região e aumento do número de tratamentos a se testar. E por isso, este método é sugerido para estudos temporais de uma faixa contínua do médiolitoral.

A resolução, que nos estudos de Schoener & Greene (1981) declinava próximo da escala do centímetro, nos programas de edição de imagem, com a alta resolução atual das imagens digitais, os organismos podem alcançar aumentos maiores do que na observação de campo. Entretanto, as fotografias ainda perdem na limitação dos ângulos de observação. A leitura em campo permite a observação dos vários estratos da faixa amostrada (estimativa visual) e podendo mexer e deslocar camadas superficiais que atrapalhem a visualização, e com isso, permitir uma identificação correta de organismos que

em determinados ângulos possam ser confundidos nas fotos. Os métodos de ponto de interseção que lêem apenas a primeira monocamada vão deparar com o mesmo problema que as fotografias.

O método que utiliza fotografias é sem dúvidas mais preciso que os dois estudados, pois possibilita uma análise mais cuidadosa, com uma maior subdivisão dos quadrados. Já problemas com a qualidade da foto, como por exemplo a superexposição, ou ainda a existência de organismos morfológicamente similares, podem reduzir a acurácia do método em questão.

A acurácia do método apresentado, vai variar também com o grau de complexidade estrutural das amostras (Foster *et al.*, 1991). Mas para o estudo de recrutamento e sucessão ecológica para o qual esta metodologia foi desenvolvida, o método apresentou grande fidelidade com as observações de campo, dada a baixa complexidade da comunidade nos estágios iniciais da sucessão ecológica.

Nos primeiros estágios de sucessão ecológica, espécies pioneiras podem colonizar o substrato de forma agregada e em baixa cobertura, no entanto, estas espécies têm um papel fundamental no processo, podendo ser responsável pela facilitação ou inibição da colonização por outras espécies (Connell & Slatyer, 1977; Odum, 1983). O método de pontos de interseção, por não ser eficiente na amostragem de espécies raras (Dethier *et al.*, 1993), superestimando (quando ocorrem nas interseções) ou na maior parte das vezes subestimando as espécies raras (quando não ocorrem nas interseções), não é o método mais adequado para o estudo de sucessão. O método que utiliza fotografias digitais e o de estimativa visual não apresentam este problema, no entanto, o primeiro, apresenta a desvantagem de possivelmente não coletar essas espécies raras em campo, ficando apenas o testemunho fotográfico da espécie, por vezes taxonomicamente mal resolvida.

Meese & Tomich (1992), apontam outra desvantagem para os métodos com fotografias, que diz respeito à deformação das imagens pelo ângulo da máquina fotográfica na captura das imagens. O presente trabalho também inovou na resolução deste problema, com a utilização da caixa de acrílico que fixa a máquina fotográfica numa posição perpendicular com o substrato, permitindo inclusive a sobreposição das fotos do mesmo ponto, tiradas em épocas diferentes.

Entre as várias vantagens, talvez a mais importante seja o papel das fotografias como registros de condições passadas e presentes, contendo

diversas informações sobre a comunidade e as populações, como a diversidade da comunidade, densidade populacional, mortalidade, tamanho populacional, taxa de crescimento, longevidade, entre outros.

Este trabalho sugere, para estudos de acompanhamento temporal da comunidade, a utilização da metodologia desenvolvida em detrimento às duas tradicionais. As duas últimas subestimam as taxas de mortalidade e recrutamento no acompanhamento temporal, pois mortalidade e recrutamento têm efeitos opostos no tamanho populacional. Ambos atuando com o mesmo peso, podem passar uma idéia equivocada de estabilidade, pela ausência de variação na porcentagem de cobertura da espécie. Porém, com a utilização das fotografias (sobreposição e marcação dos indivíduos), pode se obter uma informação mais completa, determinando se a aparente estabilidade reflete a atuação de ambos, ou nenhum. O mesmo raciocínio é válido para o crescimento dos indivíduos, aumentando a porcentagem de cobertura da espécie. Os dois métodos tradicionais não são capazes de distinguir se o aumento da porcentagem se dá pela adição de novos indivíduos ou o crescimento individual.

A metodologia apresentada se mostrou bastante eficiente para estudos da comunidade entre-marés. No entanto, sua aplicação é mais adequada a estudos com enfoque nos invertebrados bentônicos, dada as suas limitações na identificação das algas.

Conclusão:

A metodologia em estudo otimizou a captura de dados no campo, permitindo que no curto tempo disponível na baixamar, se possa monitorar uma área de estudo muito maior, sem perder a acurácia e a precisão necessárias para a credibilidade dos resultados.

Sem a limitação imposta no campo, os dados podem ser melhor analisados podendo se utilizar n amostral muito maior, ou outros dados como, tamanho, taxa de crescimento, entre outros.

Para estudos de sucessão, o método possibilita uma visualização mais real das transições e alterações que ocorrem ao longo do tempo, pois não subestima indivíduos raros, como outros métodos tradicionais. Enfim, fornece um retrato mais fiel das dinâmicas populacionais dos organismos bentônicos da zona entre-marés dos costões rochosos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-CAPÍTULO I

- ARCHAMBAULT, P. & BOURGET, E. 1996. Scales of coastal heterogeneity and benthic intertidal species richness, diversity and abundance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 136: 11-121.
- ANDREW, N.L. & MAPSTONE, B. D. 1987. Sampling and description of spatial pattern in marine ecology. *Oceanogr. Mar. Biol. Am. Res.* 25: 39-90.
- BREVES, A.R. 2004. Distribuição, abundância relativa e estrutura populacional de *Isognomon bicolor* (Adams, 1845) no litoral do Estado do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado em Zoologia. Museu Nacional UFRJ. 110p.
- CONNELL, J.H. & SLATYER, R.O. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *Amer. Natur.* 111: 1119-1144.
- CHAPMAN, A.R.O. 1989. Abundance of *Fucus spiralis* and ephemeral seaweeds in a high eulittoral zone: effects of grazers, canopy and substratum type. *Marine Biology.* 102:565-572.
- DETHIER, M.N., GRAHAM, E. S., COHEN, S. & TEAR, L.M. 1993. Visual versus random-point percent cover estimations: “objective” is not always better. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 96: 93-100.
- FOSTER, M.S., HARROLD, C. & HARDIN, D.D. 1991. Point vs. photo quadrat estimates of the cover of sessile marine organisms. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 146:193-203
- LEVINTON, J.S. 1996. **Marine Biology: function, biodiversity, ecology.** Oxford University Press. New York.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-CAPÍTULO I

- LEWIS, J. R. 1964. **The ecology of rocky shores**. English university press. London.
- LITTLE, C. & KITCHING, J.A. 1996. **The biology of rocky shore** (biology of habitats). Oxford University Press. New York
- ODUM, E. P. 1983. **Ecologia**. Editora Guanabara.
- MEESE, R. J. & TOMICH, P. A. 1992. Dots on the rocks: a comparison of percent cover estimation methods. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 165: 59-73.
- MEIRELES, C.P. 2002. Estrutura Populacional de *Balanus Amphitrite* (Crustacea, Cirripedia) da região do catalão, Baía de Guanabara, RJ. Monografia do departamento de Biologia Marinha. Instituto de Biologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 34 p.
- NYBAKKEN, J. W. 1993. **Marine Biology and Ecological Approach**. 3.ed. Addison Wesley Logman. Nova York .
- PAINE, R. T. 1966. Food web complexity and species diversity: *Amer. Natur.*100: 65-75.
- SABINO, C. M. & VILLAÇA, R. .1999. Estudo comparativo de métodos de amostragem de comunidades de costão. *Rev. Brasil. Biol.*,59(3): 407-419.
- SCHOENE, A. & GREENE, C.H. 1981. Comparison between destructive and nondestructive sampling of sessile epibenthic organisms. *Limnol. Oceanogr.* 26(4):770-774.
- 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

Capítulo II

**INFLUÊNCIA DA HETEROGENEIDADE DO SUBSTRATO NO RECRUTAMENTO
DAS ESPÉCIES DE INVERTEBRADOS BENTÔNICOS**

Danuza Nogueira Moysés

Resumo

A heterogeneidade topográfica do substrato tem um importante papel no recrutamento de comunidades marinhas bentônicas, pelo seu efeito no fluxo de água. Estruturas em alto relevo geram turbulência na corrente de água superficial, permitindo um maior contato das larvas com o substrato. Por outro lado, estruturas em baixo relevo, como furos, geram áreas de menor fluxo, o que pode aumentar o recrutamento, de acordo com as características larvais de seleção do substrato e sobrevivência pós-assentamento. Através de três tratamentos no costão natural (liso - transectos raspados, alto relevo - cracas artificiais fixadas à faixa previamente raspada e baixo relevo - furos de 1 cm de diâmetro), foi possível acompanhar a dinâmica de colonização da faixa do médiolitoral, determinando o papel da heterogeneidade do substrato na estruturação inicial da comunidade. Trata-se de uma comunidade de médiolitoral dominada por um gastrópodo sésil *Petaloconchus sp.*, bivalves das espécies *Brachidontes solisianus* e *Isognomon bicolor*, esta última sendo uma espécie invasora na região, e por cirripédios das espécies *Tetraclita stalactifera*, *Chthamalus bisinuatus*. O cirripédio *Tetraclita stalactifera* apresentou recrutamento preferencial em regiões de maior fluxo de água, recrutando fora dos furos, a partir do primeiro mês de estudo. Entretanto, *Brachidontes solisianus* e *Isognomon bicolor* recrutaram preferencialmente em estruturas em baixo relevo, como furos, ou o interior de carapaças vazias de *Tetraclita stalactifera*, estando ausentes em outras áreas (estruturas em alto relevo ou substrato liso). Essas espécies apresentaram diferentes comportamentos de seleção do substrato e sensibilidades aos padrões de fluxo de água. Portanto, a rugosidade do substrato é uma variável importante a ser considerada nos estudos de recrutamento em costões rochosos.

Palavras-chave: recrutamento, heterogeneidade do substrato, comunidade entre-marés, espécies introduzidas, costão rochoso.

Abstract

Small-scale topographic heterogeneity of the substrate plays an important role in the recruitment of marine benthic communities, by affecting the superficial water flow. Topographic high elements create microturbulence in the superficial water flow, allowing for greater contact of the larvae with the substrate. On the other hand, depressions create low flow areas, which may increase recruitment, according to larval characteristics of substrata selection and post-settlement survival. Using three types of heterogenic complex surfaces: planar surface, barnacle mimics, and tips (1 cm diameter), it was possible to accompany the dynamics of colonization of the mid-intertidal zone, determining the role of heterogeneity of the substrata on the initial structuring of the community. This community is dominated by the sessile gastropod *Petalconchus* sp., the bivalves *Brachidontes solisianus* and *Isognomon bicolor* (an introduced specie), and the barnacles *Chthamalus bisinuatus* and *Tetraclita stalactifera*. The barnacle *Tetraclita stalactifera* present the preferential recruitment in regions of higher water flow, recruiting outside the tips, beginning the first month of study. In addition, *Brachidontes solisianus* and *Isognomon Bicolor* recruited preferentially in low topographic elements, such as pits, or the shell interiors of *Tetraclita stalactifera* left empty, missing in other areas. This species showed distinct selection behavior and susceptibility to flow patterns. In the end, the ruggedness of the substrata is an important variable to be considered in recruitment studies on rocky shores.

Key-Words: recruitment, substrate heterogeneity, intertidal community, introduced species, rocky shore.

INTRODUÇÃO

Introdução

O padrão de distribuição dos invertebrados marinhos sésseis é reflexo da interação de uma série de fatores bióticos e abióticos que atuam nas várias fases do ciclo de vida desses animais (Connell, 1972; Little & Kitching, 1996, Levinton, 1996). Em comunidades onde há fraca ação de fatores depressores das populações já estabelecidas, o recrutamento das espécies é o principal estruturador da comunidade. Dentro desta perspectiva, a seleção do substrato para o assentamento terá forte influência nos padrões de distribuição das espécies.

O sucesso do recrutamento depende do assentamento em substratos favoráveis ao desenvolvimento e sobrevivência dos indivíduos recém-assentados (Holm, 1990). O recrutamento pode flutuar ao longo do tempo e do espaço (Connell, 1961; Caffey, 1985; Bertness *et al.*, 1992; Eckman, 1996), em função de fatores que atuam em larga escala, como a dispersão das larvas pelas correntes (Bertness *et al.*, 1992; Eckman, 1996), topografia da costa (Archambault & Bourget, 1996), e fatores locais, em menor escala, como a competência larvar, disponibilidade de suprimentos tanto para o desenvolvimento das larvas como da fase adulta (Qiu *et al.*, 1997); além de características do substrato como textura, cor, inclinação, topografia, interações inter e intraespecíficas na coluna d'água (fatores denso dependentes), atração química, interações com os organismos pré-fixados (ex.: biofilme), dentre outras (Rodriguez *et al.*, 1993).

A maioria dos trabalhos que estudam o recrutamento utiliza superfícies planas, entretanto, esse tipo de substrato raramente é encontrado na natureza. Em comunidades estruturadas, os substratos disponíveis ao recrutamento apresentam diversos formatos, o que representam microhábitats, com características hidrodinâmicas, taxas de sedimentação, suscetibilidades a predação, e várias outras características bem distintas das oferecidas pelo substrato plano. Essas características associadas a uma complexidade estrutural do substrato têm papel fundamental na seleção do substrato e sobrevivência das larvas (Abelson & Denny, 1997; Thomason *et al.*, 1998 e Barreto, 1999).

Os elementos topográficos de pequena escala, responsáveis pelo aumento da complexidade estrutural do substrato, podem ser separados em três grupos principais, de acordo com os padrões de fluxo gerados: 1) Superfícies planas, 2) elementos topográficos em alto relevo (como por exemplo, a rugosidade gerada pela colonização por cirripédios) e 3) depressões (baixo relevo). Contudo, um quarto tipo, pouco estudado, mas que são mais comumente encontrados do que as depressões em superfícies lisas, são os elementos topográficos em alto relevo vazados, como por exemplo, as carapaças de cirripédios mortos (Abelson & Denny, 1997).

Elementos topográficos em alto relevo provocam alterações no fluxo superficial que reduzem a espessura da “boundary-layer” (camada limite superficial). O desvio do fluxo superficial gera microturbulência, além de velocidades de fluxo distintas nas laterais dos elementos (figura 8a) (Abelson & Denny, 1997).

Elementos topográficos de baixo relevo, sobre superfícies planas, têm um efeito que poderia ser considerado como contrário ao encontrado para as protuberâncias, causando um aumento na “boundary-layer” (camada limite superficial) sobre a depressão. Essa espessa camada reduz o fluxo da água logo acima, formando um vortex fraco dentro da depressão (figura 8b) (Abelson & Denny, 1997).

Já o quarto tipo, como mostrado na figura 8c, apresenta características peculiares, como uma corrente rápida de entrada próxima a borda, capaz de aumentar o aporte de partículas (ou propágulos e larvas), e fracas correntes formando o vortex, impedindo que as partículas saiam da cavidade, pois essas correntes não têm força suficiente para vencer a rápida corrente superficial acima do elemento topográfico (Abelson & Denny, 1997).

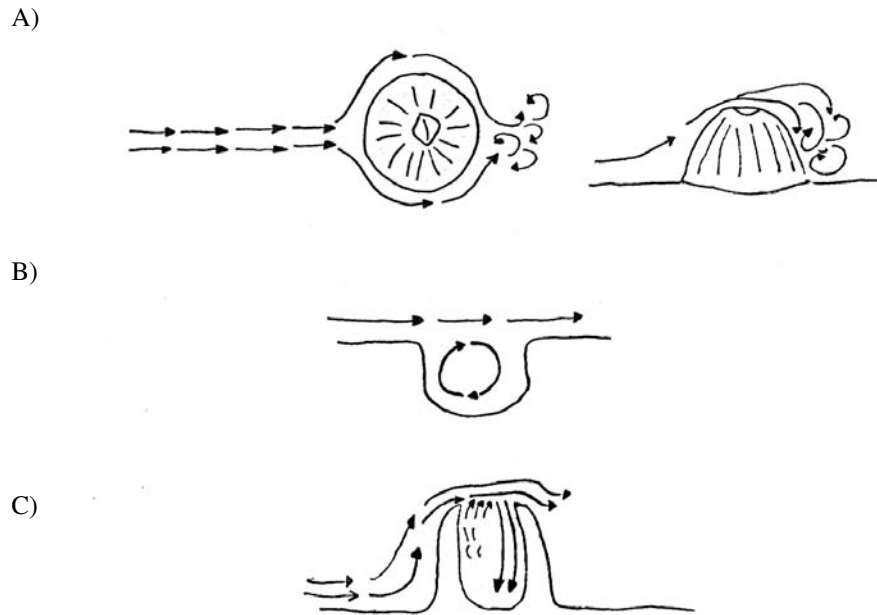


Figura 8: Esquema representativo do efeito dos elementos topográficos nas correntes superficiais. A) elemento topográfico em alto relevo, representado pela carapaça de um cirripédio vivo, visão de cima e lateral (respectivamente); B) depressões em superfície plana; e C) Corpos protuberantes com cavidade, representados por carapaças vazias de cirripédios. [Adaptado de Abelson & Denny, 1997]

Rocha (2002) estudando o recrutamento de espécies do médiolitoral de Arraial do Cabo (litoral norte do estado do Rio de Janeiro), sugere que as carapaças vazias de *Tetraclita stalactifera* podem facilitar o recrutamento da espécie invasora *Isognomon bicolor*, uma vez que o mesmo observou baixo recrutamento desta espécie, que foi encontrada dentro dessas estruturas ou em fendas. Ferreira-Silva (2004), trabalhando na Ilha do Brandão, com substrato liso, também não observou recrutamento significativo desta espécie. Essas observações suportam a hipótese de que a heterogeneidade do substrato pode ter um papel crucial no recrutamento e invasão desta espécie introduzida.

Este trabalho tenta elucidar o papel da heterogeneidade do substrato no recrutamento das espécies do médiolitoral da Ilha do Brandão, onde estão presentes duas espécies potencialmente invasoras.

OBJETIVO E HIPÓTESES

Objetivo:

Compreender o papel da heterogeneidade do substrato no recrutamento das espécies de invertebrados dominantes do médiolitoral da Ilha do Brandão, determinando a influência da microtopografia do substrato no recrutamento dessas espécies

Hipóteses:

H₀: O recrutamento das espécies dominantes do médiolitoral é indiferente à microtopografia do substrato.

H₁: A microtopografia do substrato afeta os padrões de recrutamento das espécies dominantes do médiolitoral

ÁREA DE ESTUDO

Área de estudo:

O estudo foi realizado no estado do Rio de Janeiro (23°01,5' latitude Sul e 44° 24' longitude Oeste) no município de Angra dos Reis (litoral sul). O trabalho foi realizado na zona entre-marés do costão rochoso da Ilha do Brandão, na Baía de Ilha Grande (figuras 9 e 10).

Esta área é considerada oligotrófica (Silva *et al.*, 1989), como a maior parte dos ambientes na Baía da Ilha Grande. Trata-se de um costão moderadamente batido e acentuadamente inclinado (média de 33°). Em função da grande circulação de lanchas e barcos de passeio, principalmente no verão e finais de semana, o costão rochoso desta área também recebe a ação de “marolas”.

A faixa de médiolitoral é de aproximadamente 1m de extensão, formada principalmente pelo molusco *Petaloconchus sp* (ocupa aproximadamente 50% da zona, na região inferior), os bivalves *Isognomon bicolor* e *Brachidontes solisianus*, e os cirripédios *Tetraclita stalactifera* e *Chthamalus bisinuatus*.



Figura 9: Aspecto geral do costão rochoso estudado na Ilha do Brandão (Angra dos Reis). Destaque para os transectos abertos na comunidade do médiolitoral (seta).

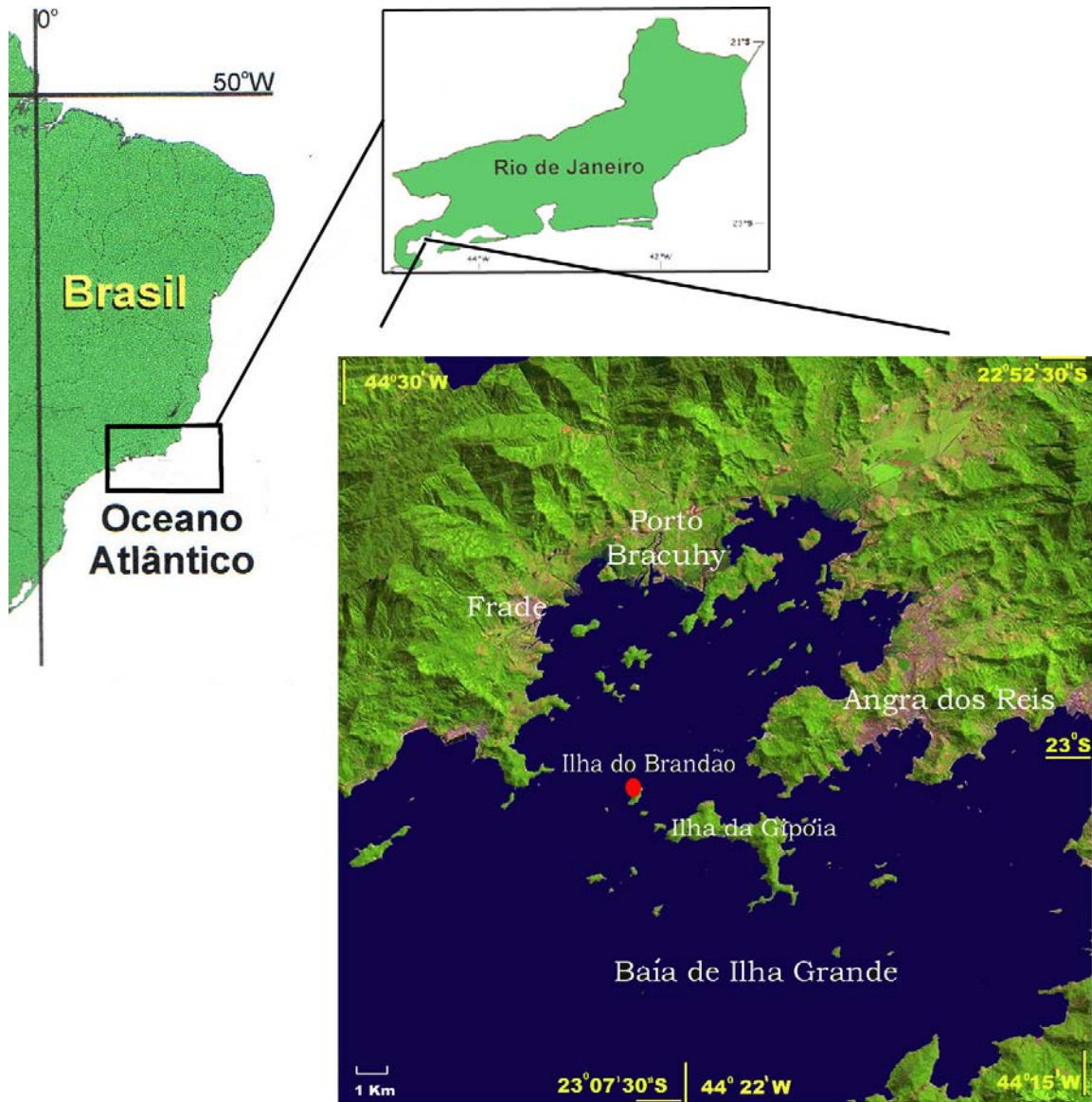


Figura 10: Mapa da localização da área de estudo, localizada pelo círculo vermelho (Ilha do Brandão, Angra dos Reis).

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais e métodos

O padrão de seleção do substrato pode ser variável ao longo do tempo, de acordo com a densidade dos recrutas. Segundo Miron *et al.* (1996), épocas de grande recrutamento não são boas para determinar padrões de recrutamento.

Em vista deste problema metodológico, este trabalho fez parte de um estudo temporal. Foram realizadas campanhas mensais ao longo de 18 meses (de março de 2003 a setembro de 2004), para o monitoramento das principais espécies de invertebrados colonizadores da faixa do médiolitoral do costão rochoso natural, sob três tratamentos para criar rugosidade ao substrato.

A coleta de dados em campo foi realizada com um método não destrutivo, descrito no capítulo I, que utiliza uma máquina fotográfica digital Kodak modelo DX3900 acoplada a uma caixa de acrílico desenvolvida para o presente estudo (Capítulo I). O método permite a obtenção de imagens seqüenciais, de mesmo tamanho e distância do objeto, possibilitando a sobreposição das imagens, na análise no laboratório.

O trabalho de campo foi realizado na maré baixa de sizígia, quando toda a faixa do médiolitoral estava exposta. O trabalho era realizado no período máximo de duas horas (uma antes e uma depois do pico da maré baixa), pois ao final deste período, parte da faixa começava a ficar encoberta, não podendo mais ser monitorada.

Foi efetuada uma amostragem qualitativa das espécies presentes na região, para posteriormente serem identificadas ao menor nível taxionômico possível. As algas foram fixadas em formol 4% e animais em álcool 70%.

√ Desenho experimental:

Foram feitos três tratamentos e um controle como mostrado na figura 11, com 3 réplicas de cada caso. Foram abertas valas de 36 cm por 1,2m na zona entre-marés, eliminando toda a comunidade incrustante da faixa. Em seguida, as áreas foram raspadas com escova de aço, e submetidas aos seguintes tratamentos (figura 11):

Alto relevo (cracas) - foram aparafusadas em média 43 cracas artificiais distribuídas uniformemente na vala, na sua faixa de ocorrência natural. As cracas artificiais foram feitas com carapaças de *Tetraclita stalactifera* mortas, preenchidas com tubolite e fixadas a um parafuso (exemplo na figura 12b).

Baixo relevo (furos) - foram feitos em média 110 furos de aproximadamente 1 cm de diâmetro, também uniformemente distribuídos na faixa do médiolitoral (exemplo na figura 12c).

Liso - o substrato foi apenas raspado (exemplo na figura 12a).

As regiões controle foram demarcadas para acompanhar a comunidade sem as nossas alterações. Os pontos de estudo foram aleatoriamente distribuídos no costão, mas respeitando a ordem dos tratamentos: cracas, liso, furos e controle.

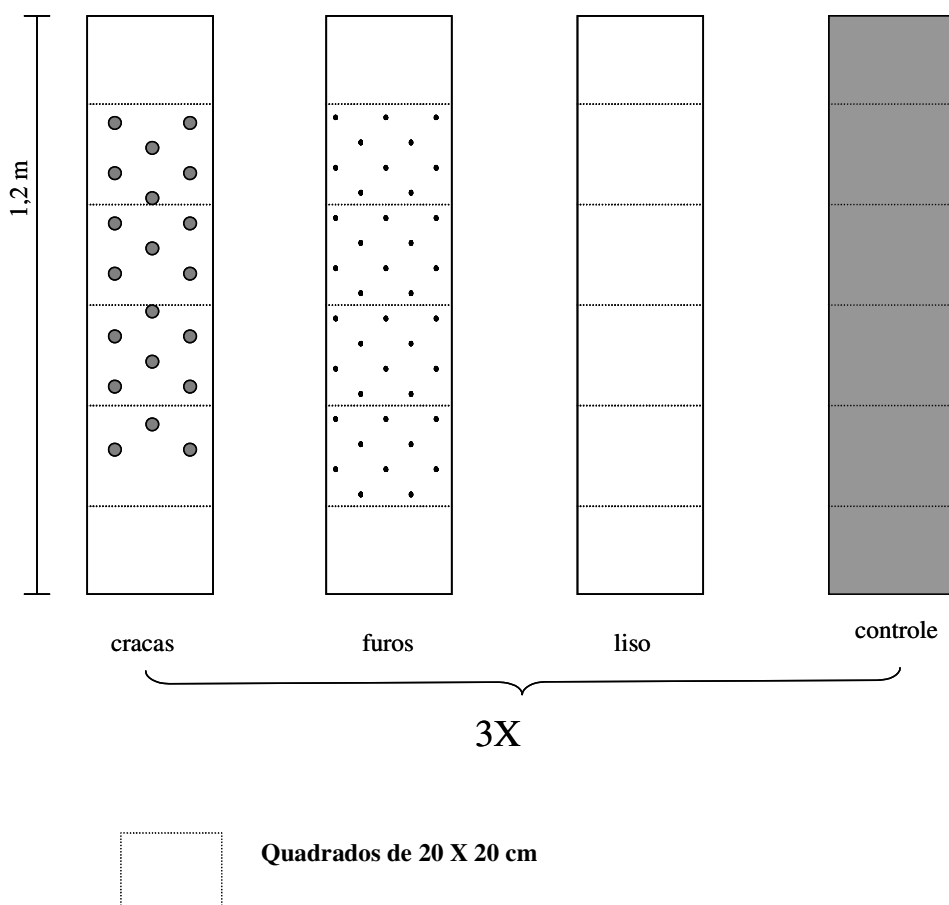


Figura 11: Esquema dos tipos de tratamentos utilizados e distribuição dos elementos topográficos.

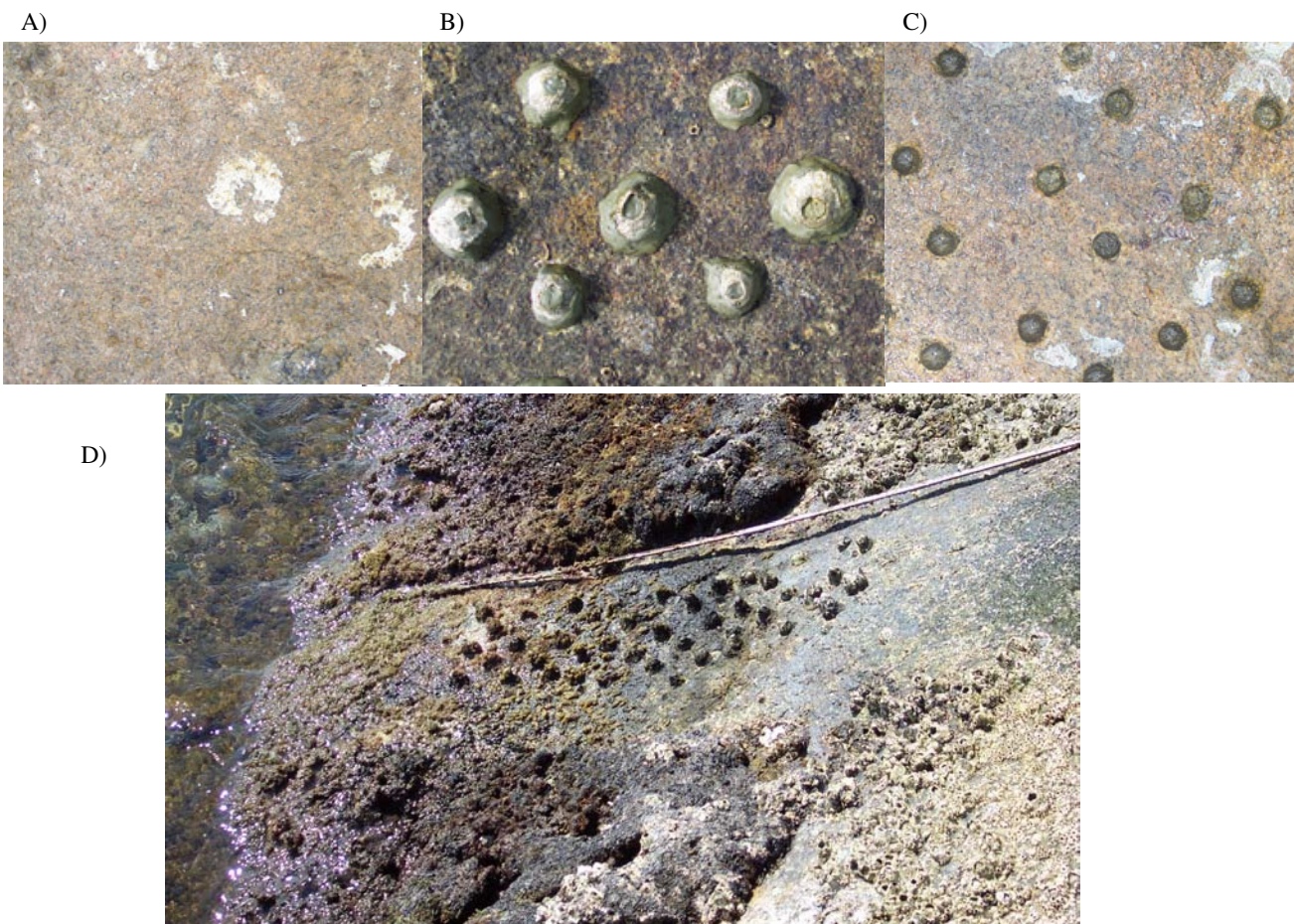


Figura 12: Exemplos dos tratamentos utilizados. A) liso; B) Cracas artificiais fixadas ao costão; C) furos; e D) um transecto inteiro (réplica cracas 2).

Em campo, cada tratamento foi fotografado a cada 20 cm, formando uma seqüência de imagens contínuas para serem posteriormente analisadas, e a partir delas, obtermos os parâmetros populacionais desejados.

O início dos transectos inicialmente foi marcado pelo nível da maré (altura) no costão, e transferido para os demais pontos. Entretanto, ao longo do experimento, foi constatado que havia grandes variações na distribuição dos organismos no costão, não correspondendo às mesmas faixas de zonação em todos os transectos. Para tornar os níveis comparáveis entre si, foi feita uma nova marcação do início dos transectos, respeitando a faixa de início do médiolitoral determinada pela distribuição de *Chthamalus bisinuatus* nas regiões laterais do transecto. Em função disso, foram utilizados nas análises um transecto final de apenas 1600 cm², correspondente a 4 quadrados de 20 X 20 cm (4 níveis).

√ Obtenção dos dados

A análise das fotos foi realizada no Laboratório de Bentos (IB-UFRJ), Com o auxílio do programa de edição de imagens Photoshop 6.0, que permitiu grandes ampliações da foto, além de outros recursos como a possibilidade de medir os organismos e sobrepor fotos (camadas). Neste programa foi gerada uma grade de 20X 20 cm subdividida em quadrados de 1 cm², usados para a delimitação dos transectos e contagem dos indivíduos.

Para o monitoramento do recrutamento e sucessão foi feita uma transposição da distribuição dos principais invertebrados para um esquema em menor escala (em papel vegetal sobre uma base quadriculada). Essa transposição foi realizada para cada transecto inteiro, montado pelas fotos seqüenciais (4 quadrados de 20X 20 cm, total de 1600cm²), a cada dois meses para todos os tratamentos. Os indivíduos novos que surgiam neste intervalo de tempo foram contados, medidos, e classificados como recrutas. As alterações que ocorreram ao longo do tempo foram identificadas pela sobreposição das fotos de meses sucessivos, e marcadas nos esquemas.

√ Análise dos dados:

Os recrutas de cirripédios foram classificados em duas classes de tamanho:

- Recrutas de cirripédios classe I → indivíduos com tamanhos entre 0,7 mm e 3 mm, indistinguíveis a nível de espécie pelas fotos.
- Recrutas de cirripédios classe II → indivíduos com tamanhos maiores de 3 mm, com menos de 2 meses de vida, distinguíveis a nível de espécie.

Para as demais espécies foram considerados recrutas, quaisquer indivíduos que tenham surgido no intervalo de 2 meses.

Aos dados de recrutamento foram aplicados testes estatísticos paramétricos. A homogeneidade das variâncias foi testada e, sempre que necessário, foi feita a transformação dos dados (raiz quadrada de x).

Comparações entre os tratamentos

Para comparar o recrutamento nos 3 tratamentos foram realizadas análises de variância monofatorial (ANOVA), com intervalo de confiança de 95% ($\alpha = 0,05$), para verificar diferenças significativas entre os tratamentos usando os valores totais de recrutamento ao longo dos 18 meses (somatório dos recrutamentos do intervalo, recrutamento acumulativo), e *a posteriori* o teste de Tukey (Zar, 1996).

Em alguns casos foram realizadas análises de variância bifatoriais (2-way ANOVA), com intervalo de confiança de 95% ($\alpha = 0,05$), para verificar diferenças significativas entre os tratamentos e entre os meses, e *a posteriori* o teste de Tukey (Zar, 1996), considerando o recrutamento do transecto inteiro (1600cm²).

Para a comparação entre o recrutamento na região lisa e o tratamento de alto relevo para *Tetraclita stalactifera*, o recrutamento que ocorreu fora dos elementos de baixo relevo (região lisa) foram usados como mais 3 réplicas do tratamento liso, a fim de reduzir a grande variância entre as réplicas do tratamento liso, aumentando assim o n amostral. A análise estatística foi feita por teste T de student, utilizando um teste F para verificar se as variâncias eram equivalentes.

Variações do recrutamento ao longo dos meses

Como as medidas tomadas a cada mês correspondem a amostragens de um mesmo ponto, foi realizada uma análise de variância monofatorial de medidas repetidas (Zar, 1996), seguida do teste de Tukey, para discriminar diferenças significativas (ao nível de 95%) entre os meses.

Distribuição dos recrutas nos níveis do costão

Os transectos foram divididos em 4 quadrados de 400 cm² seqüenciais que representam diferentes alturas do costão. A média do número total de recrutas em cada nível foi obtida pela média dos recrutamentos acumulados nos 18 meses de estudo nos tratamentos onde a espécie ocorre, para quadrados de mesmo nível. Quando o recrutamento foi muito baixo (*Petalonchus sp.* e *Ostrea sp.*), foi usado o número total de indivíduos que ocorreram em cada faixa, independente do tratamento.

A área total (1600 cm²) dividida em 4 níveis seqüenciais correspondem a porção central do médio litoral, tendo início (quadrado superior) do meio da faixa normalmente ocupada por *Chthamalus bisinuatus* e fim (quadrado inferior) a aproximadamente 10 cm da faixa limite da distribuição do recife formado por *Petalconchus sp.*

Correlações

Para determinar se havia relação entre a inclinação do substrato e o maior ou menor recrutamento de *Tetraclita stalactifera* foi feita uma correlação de Pearson (em todos os casos com $\alpha = 0,05$). Outras correlações também foram feitas para ver se haveria interação entre as duas espécies de bivalves, ou variações do recrutamento em função da variação no número de elementos de rugosidade.

Densidades

Para recrutas classe II de *Chthamalus bisinuatus* e os recrutas classe I de cirripédios, foram utilizadas as densidades (ind./cm²), uma vez que os mesmos foram muito abundantes, sendo pouco prática a contagem total de indivíduos. As densidades foram determinadas por subamostragens dentro de quadrados de 400 cm², sorteando aleatoriamente 10 subamostras de 1 cm², nos quais o número de indivíduos foi contado. Este procedimento foi repetido para os 4 níveis do costão. Para a padronização dos gráficos, posteriormente os valores de densidade foram extrapolados para o número de indivíduos.

RESULTADOS

Resultados:

Tetraclita stalactifera

Tetraclita stalactifera exibiu o comportamento de seleção do substrato, não estando presente em elementos topográficos de baixo relevo (furos) em nenhum dos meses de estudo (figura 13). Além desta preferência, existe um maior recrutamento nos transectos com elementos topográficos de alto relevo do que nos com substrato liso.

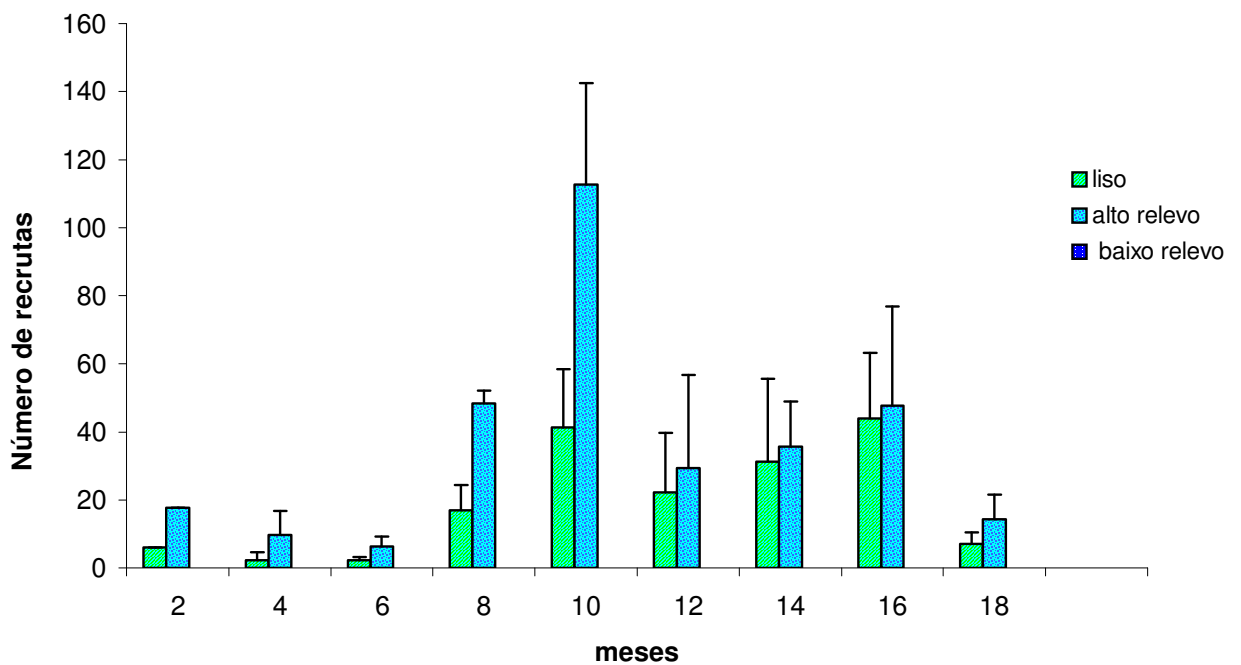


Figura 13: Recrutamento de *Tetraclita stalactifera* nos elementos topográficos. Transectos: Alto relevo – transectos com cracas artificiais, Baixo relevo-dentro dos furos no transectos com furos e liso – transectos. Número de recrutas por transectos de 20 cm X 80 cm, ao longo dos 18 meses de sucessão. Barras representam erros padrão.

Os resultados de uma ANOVA bifatorial (fatores: tempo e tratamento), corroboram com a tendência apresentada, uma vez que houve diferença entre e os tratamentos ($p < 0,195$, $F=4,24$) (tabela 5, capítulo III), quando comparado o recrutamento da área lisa dos transectos com furos e os outros dois tratamentos. O teste de tukey *a posteriori* apresentou diferença, entre as áreas lisas do transecto de furos e o transecto de cracas ($p= 0,024$), não havendo separação entre as áreas lisas dos tratamentos furos e os transectos lisos ($p=0,889$, teste de Tukey). Entre o tratamento liso e o de cracas não houve diferença significativa ($p=0,07$), apesar da tendência do maior recrutamento em alto relevo. Resultado semelhante foi encontrado comparando o total de recrutas no período de 18 meses entre o transecto de alto relevo e o tratamento liso (teste t de student, $p=0,2636$ e $T=1,3$), onde as diferenças também não foram significativas. Entretanto, é possível que diferenças não tenham sido encontradas devido a grande variação entre as réplicas.

A variação no recrutamento entre as réplicas foi bastante expressiva dentro do tratamento liso. Especificamente, a réplica liso 1 apresenta uma inclinação menor do que a dos demais transectos (figura 14). Para os recrutamentos nas regiões sem rugosidade (liso e região lisa dos transectos com furos) houve correlação negativa entre o total de recrutas ao longo dos 18 meses de estudo e a inclinação do substrato ($r = -0,9445$ e $p= 0,0045$, 95% de intervalo de confiança), padrão que pode ser observado na figura 14 . Em contraposição, os transectos de alto relevo estão fora desta correlação, evidenciando a tendência de um maior recrutamento nesses transectos, não relacionado à diminuição da declividade do costão.

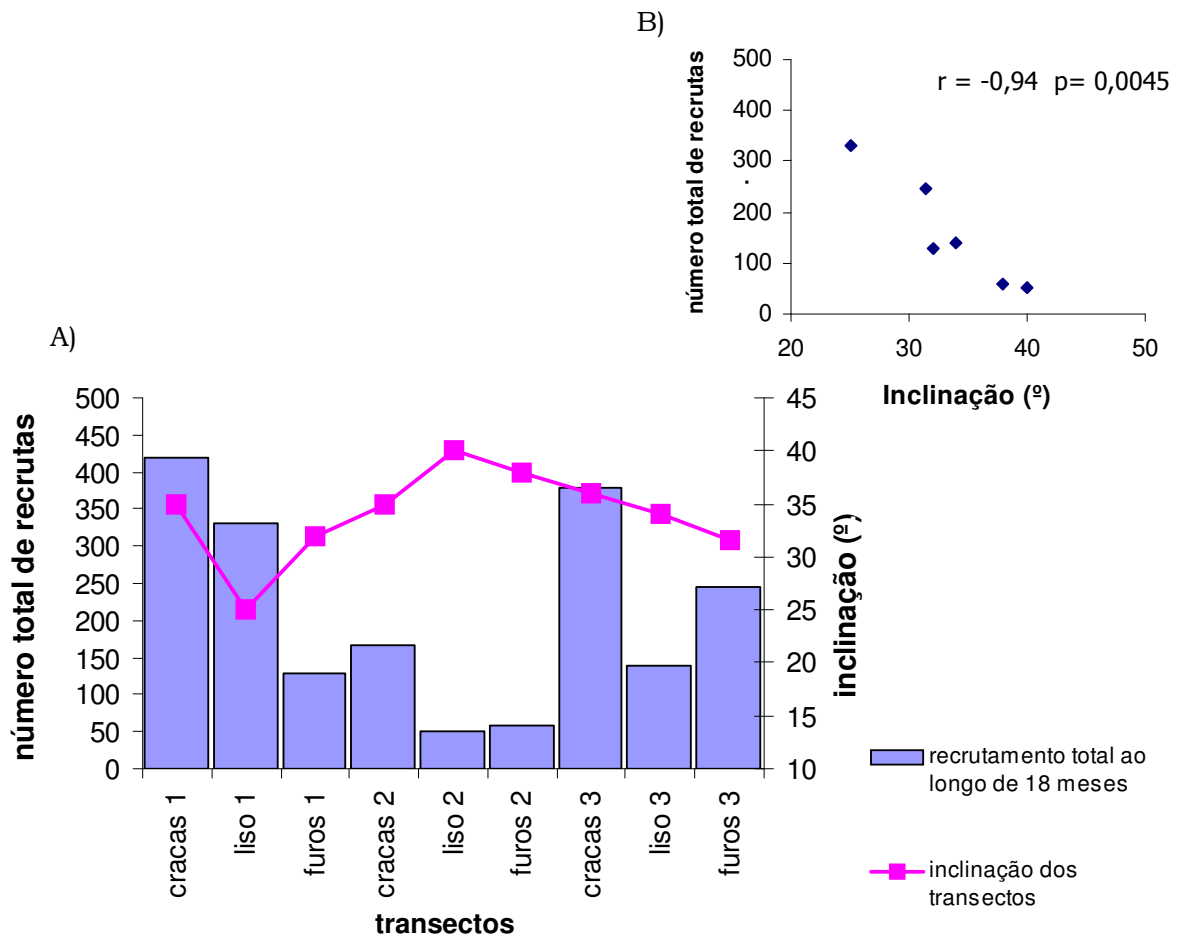


Figura 14: Número total de indivíduos de *T. stalactifera* recrutados ao longo dos 18 meses de estudo e a inclinação média de cada transecto. A) número total de indivíduos e inclinação média para cada transecto. B) correlação entre a inclinação e o recrutamento nos transectos liso e furos. O recrutamento nos transectos furos e liso representam apenas indivíduos recrutados na região lisa dos transectos. Transectos de 20 cm X 80 cm.

Com base no resultado da ANOVA bifatorial e o teste de Tukey, já citados, foi realizada uma comparação entre o recrutamento em áreas lisas e o transecto com alto relevo, excluindo a réplica liso 1, e aumentando o número de “réplicas”, ao utilizar o recrutamento das áreas lisas do transectos furos junto com os transectos propriamente lisos e houve diferença significativa entre o recrutamento nos dois tipos de superfície ($p = 0,038$ $t = 2,66$, teste t de student, bicaudal).

Dentro do tratamento de alto relevo, existem áreas em alto relevo representadas pelas cracas artificiais e áreas lisas (entre as cracas artificiais). O recrutamento sobre elementos de rugosidade foi similar, em número, ao recrutamento nas áreas lisas nos primeiros meses de estudo. A partir de 16 meses de sucessão, o recrutamento sobre os elementos em alto relevo se tornou maior (teste t de student, $t=336$ e $p=0,028$, no intervalo de confiança de 95%), acompanhando um aumento no número de elementos topográficos de alto relevo representados pelas cracas naturais recrutadas anteriormente (figura 15).

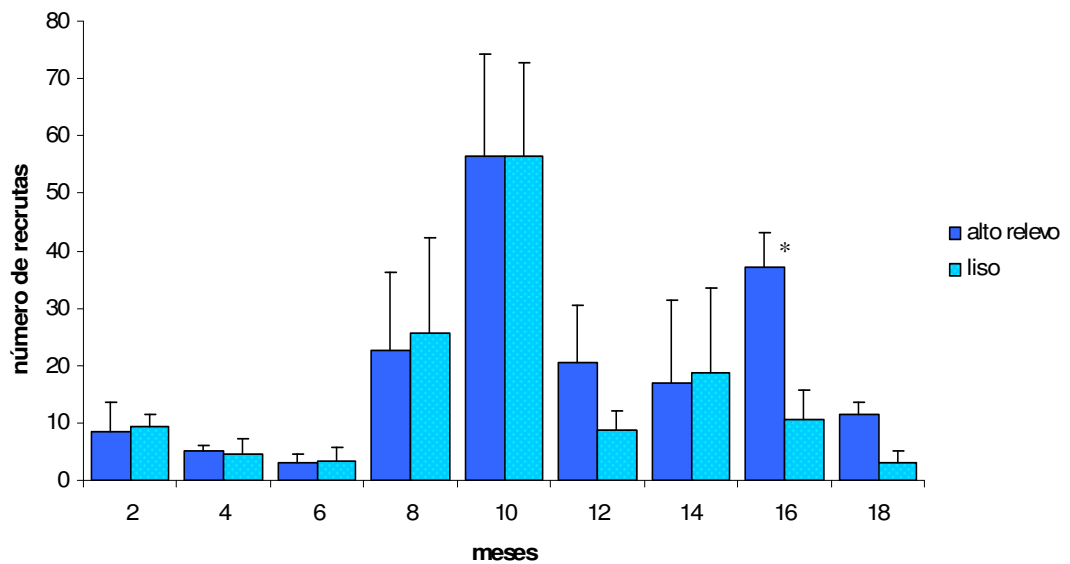


Figura 15: Seleção do substrato por *Tetraclita stalactifera*, seleção dentro do tratamento com estruturas em alto relevo. Recrutamento sobre cracas X região lisa do transecto. * representa diferença significativa no intervalo de confiança de 95% para o teste t student (16 meses, $t=336$ e $p=0,028$). Barras representam erros padrão.

Existe um pico de recrutamento no verão, como pode ser observado na figura 16. O pico é mais evidente para o tratamento de alto relevo, que apresenta em média um maior recrutamento. Analisando o recrutamento independente dos tratamentos, o mês de janeiro apresentou diferença significativa entre os demais meses (ANOVA para medidas repetidas, $p < 0,0001$ e $F = 7,07$, separado *a posteriori* pelo teste de Tukey). Em julho (16 meses de estudo), houve um ligeiro aumento do recrutamento que representa uma taxa de recrutamento superior aos primeiros meses de estudo, mas não é significativamente diferente dos meses pós-verão.

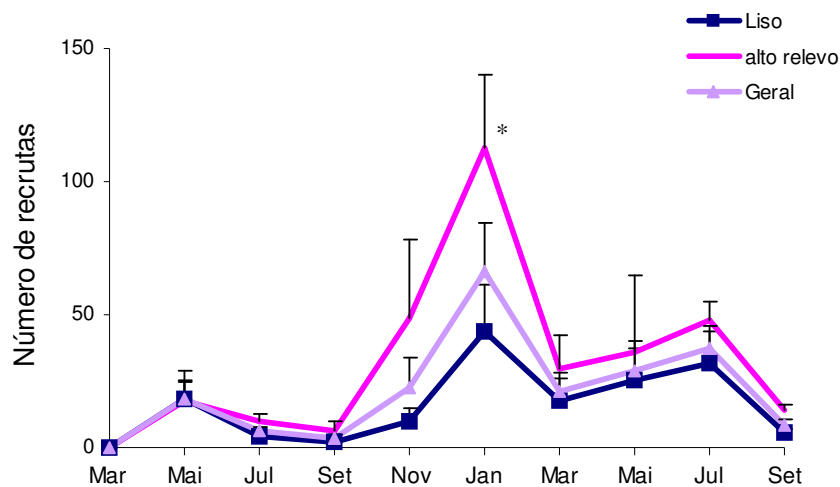


Figura 16: Sazonalidade no recrutamento de *Tetraclita stalactifera*. Média do número de recrutas por meses de estudo, para o tratamento com elementos em alto relevo, os tratamentos liso (tratamento liso e área lisa do tratamento com furos) e independente do tratamento (geral). Transectos de 20 cm X 80 cm. * representa diferenças significativas. Barras correspondem ao erro padrão.

Quanto à seleção do nível do costão pelos recrutas de *Tetraclita stalactifera*, houve um maior recrutamento na faixa média do médiolitoral (diferenças significativas, ANOVA, $p = 0,025$ e $F = 3,55$, mas o teste de Tukey não teve poder de segregação), como é apresentado na figura 17.

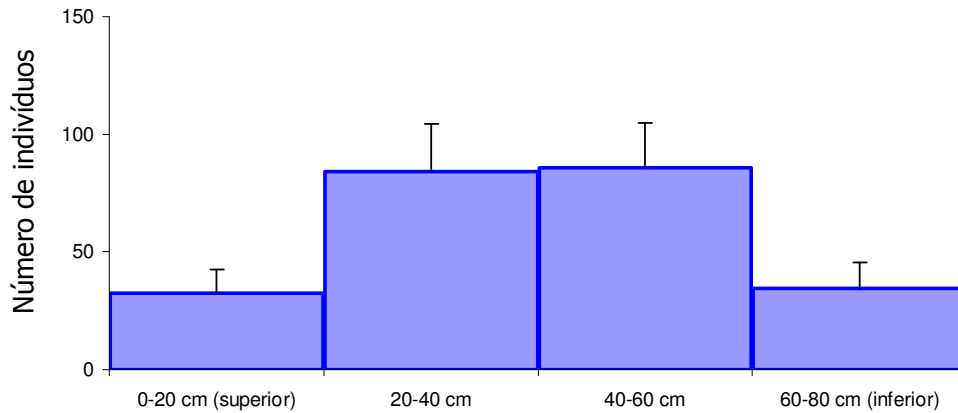


Figura 17: Recrutamento de *Tetraclita stalactifera* nas faixas do médiolitoral. Número médio de indivíduos por 400cm². Barras correspondem ao erro padrão entre as réplicas.

Chthamalus bisinuatus

O cirripédio *Chthamalus bisinuatus* não apresentou diferença significativa no seu recrutamento entre os tratamentos, apresentando altas densidades em todos os tratamentos. Com relação à variação do recrutamento ao longo do tempo, essa espécie apresenta um inquestionável pico de recrutamento em janeiro (figura 18).

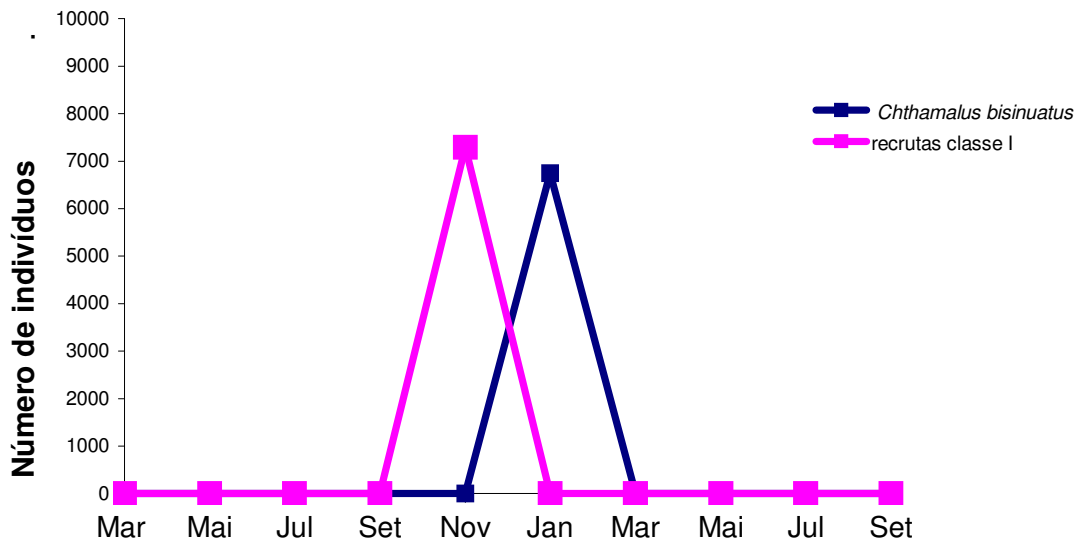


Figura 18: Recrutamento *Chthamalus bisinuatus* e recrutas de cirripédios classe I ao longo do tempo. Número médio de indivíduos obtido pela extrapolação da densidade média de cada transecto.

Nota-se grande amplitude na faixa de recrutamento desta espécie. Apenas a faixa inferior do médiolitoral apresentou menor densidade de recrutas (figura 19).

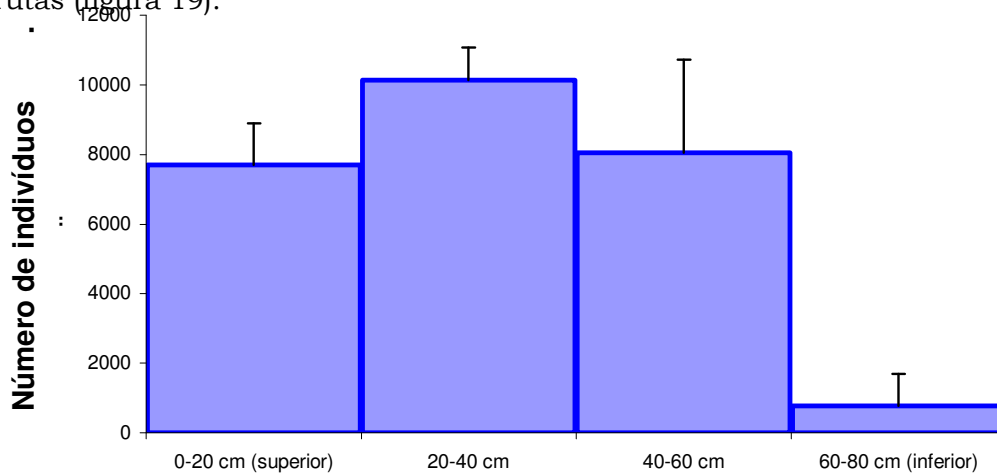


Figura 19: Número médio de recrutas classe II de *Chthamalus bisinuatus* nas 4 faixas do médiolitoral. Barras representam erro padrão entre os quadrados.

Recrutas de Cirripédios Classe I

Assim como o resultado para as duas espécies de cirripédios, os recrutas da classe I apresentaram marcada sazonalidade no recrutamento, com pico de recrutamento em novembro (figura 18).

Sua distribuição é semelhante à de *Chthamalus*, atingindo maiores densidades nas regiões superiores (figura 20).

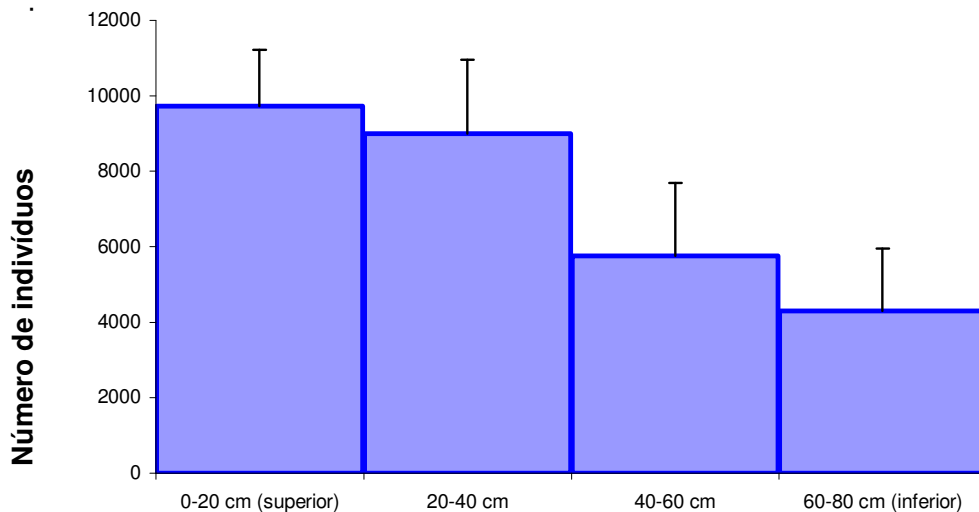


Figura 20: Número médio de recrutas de cirripédios classe I nas 4 faixas do médiolitoral. Barras representam erro padrão entre os quadrados.

Isognomon bicolor

Ao contrário do resultado encontrado para *Tetraclita stalactifera*, o bivalve *Isognomon bicolor* recrutou preferencialmente em estruturas em baixo relevo, só ocorrendo dentro de furos ou em estruturas equivalentes, ao longo de todos os meses de estudo. Na figura 21 estão representados o número de indivíduos que recrutaram ao longo dos 18 meses de estudo nos três tratamentos. Os poucos indivíduos que recrutaram nos tratamentos liso e alto relevo, correspondem a indivíduos que se fixaram em carapaças de cracas vazias que surgiram ao longo do tempo, fendas, ou furos que passaram despercebidos no início do trabalho.

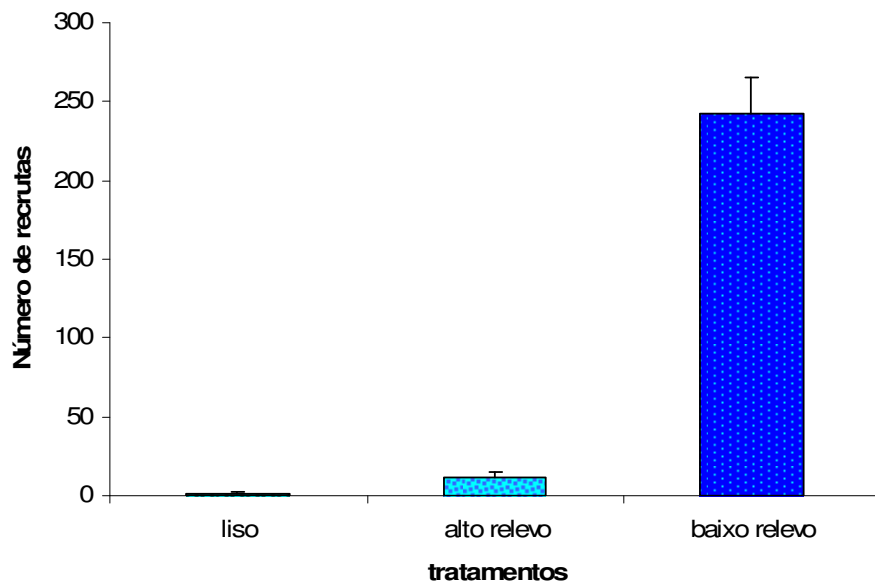


Figura 21: Recrutamento total de *Isognomon bicolor* ao longo de 18 meses nos três tratamentos: Liso, alto relevo e baixo relevo. Barras representam erro padrão .

O recrutamento se mostrou semelhante ao longo do tempo, não ocorrendo nenhum pico representativo de uma estação reprodutiva (figura 22). Houve um rápido aumento inicial correspondente ao início do trabalho e uma média de 27 indivíduos recrutados por transecto a cada dois meses. Ao longo de todo o estudo, nunca houve saturação de todos os elementos em baixo relevo; em outras palavras, ao longo do tempo, novos furos foram ocupados, enquanto outros eram desocupados, mantendo sempre alguns furos livres.

Isognomon bicolor recrutou de forma agregada desde o início do estudo, ocorrendo até 5 indivíduos por furo, na presença de outros furos vazios.

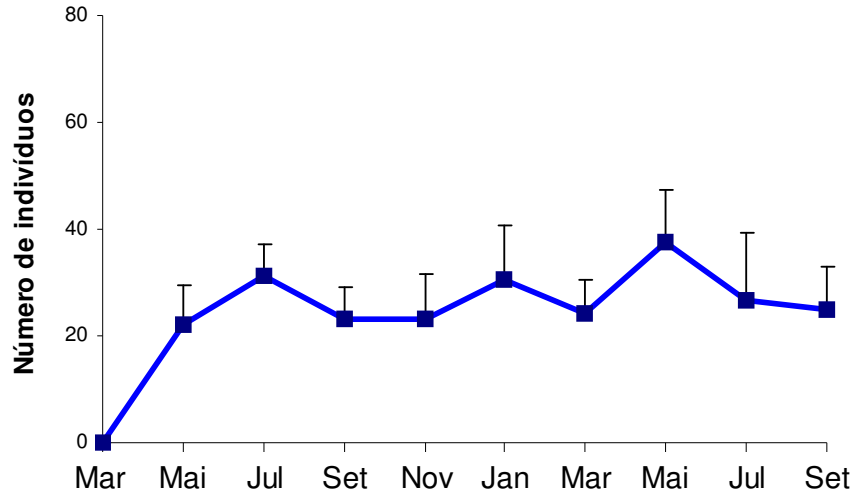


Figura 22: Recrutamento de *Isognomon bicolor* ao longo do tempo. Média do número de recrutas por intervalo de tempo, por transecto de baixo relevo (20 cm X 80 cm). Barras representam erro padrão.

A ocupação do médio litoral pelos recrutas de *Isognomon bicolor* ocorreu preferencialmente nas faixas mais inferiores do médio litoral, como está mostrado na figura 23. Assim como *Tetraclita stalactifera*, *Isognomon bicolor* ocorre numa ampla faixa de recrutamento, recrutando em toda a faixa do médio litoral. Apresenta um recrutamento crescente em direção ao infralitoral.

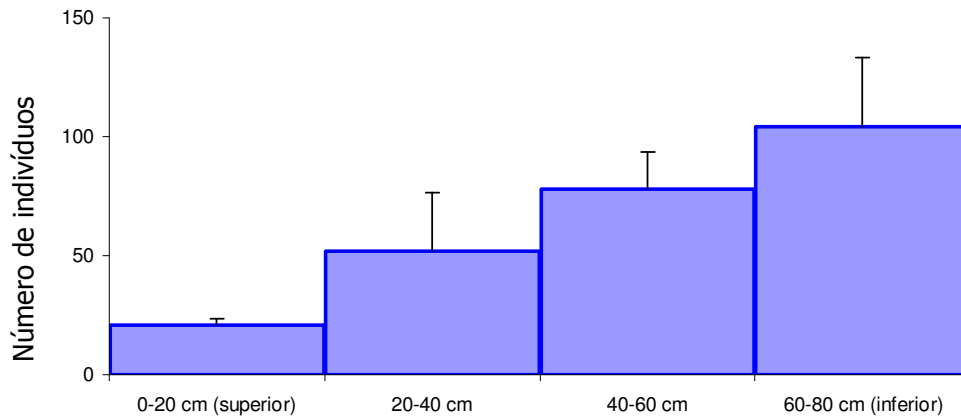


Figura 23: Recrutamento de *Isognomon bicolor* nas faixas do médiolitoral. Número médio de recrutas totais por 400cm² (total acumulado no intervalo de 18 meses). Barras representam erro padrão entre as réplicas (tratamento furos).

Não houve correlação entre o número de furos e o recrutamento, nem quanto à densidade de adultos, nem com a inclinação do substrato, entre os transectos do tratamento baixo relevo.

Brachidontes solisianus

O bivalve *Brachidontes solisianus*, assim como o bivalve *Isognomon bicolor*, recrutou preferencialmente em estruturas em baixo relevo (figura 24). As poucas vezes em que *Isognomon bicolor* ocorreu fora dos furos, também foi em fendas, ou espaços dentro de carapaças vazias, ou estruturas equivalentes formadas pela junção de carapaças de cracas. Ao contrário de *Isognomon bicolor*, alguns *Brachidontes solisianus* foram encontrados dentro de carapaças vazias de *Chthamalus bisinuatus*, que possuem um tamanho menor que as de *Tetraclita stalactifera*.

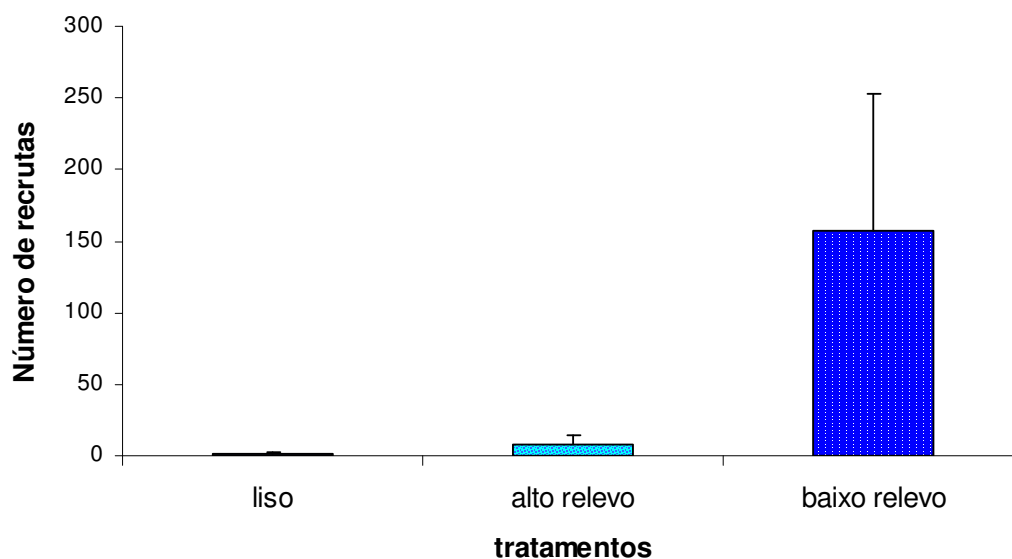


Figura 24: Recrutamento total de *Brachidontes solisianus* ao longo de 18 meses nos três tratamentos liso, alto relevo e baixo relevo. Transecto 20 cm X 80 cm. Barras representam erros padrão.

Brachidontes solisianus apresentou um baixo recrutamento nos primeiros meses de estudo, recrutando a partir de janeiro, com pico de recrutamento em maio (com diferença significativa para o pico de recrutamento no intervalo de confiança de 95%, ANOVA, $p = 0,002$ e $F = 5,51$, seguido pelo teste de Tukey).

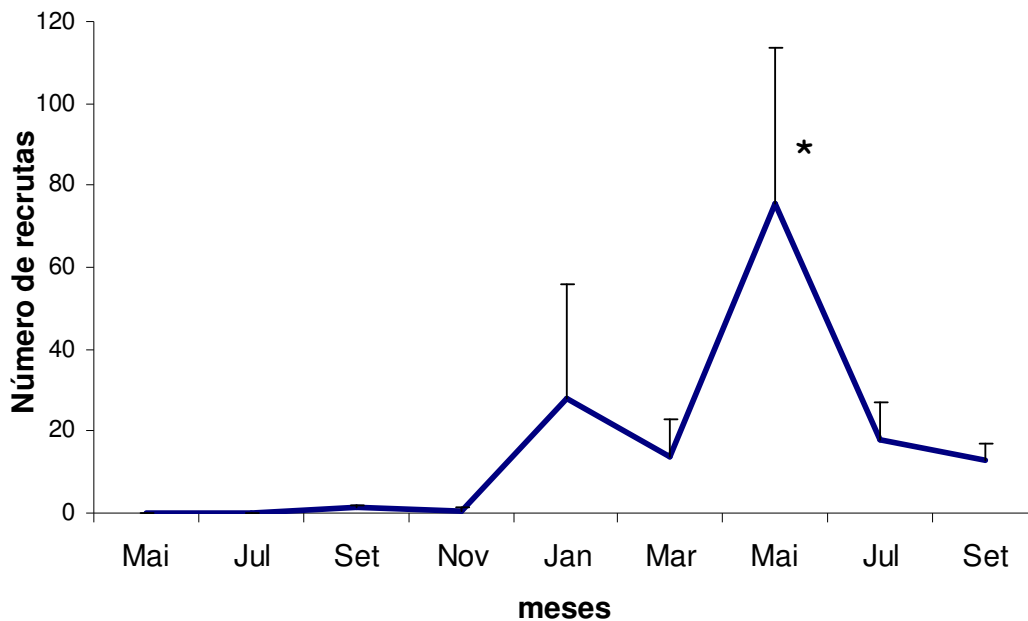


Figura 25: Recrutamento de *Brachidontes solisianus* ao longo do tempo. Média do número de recrutas por intervalo de tempo, por transecto de baixo relevo (20 cm X 80 cm). Barras representam os erros-padrão.

Não houve correlação entre o número de *Isognomon bicolor* e o recrutamento de *Brachidontes solisianus*. O último também apresentou agregação nos furos, chegando a ocorrer até 11 indivíduos por furo, na presença de áreas em baixo relevo não ocupadas.

Brachidontes solisianus, recrutou preferencialmente nas faixas superiores do médio litoral, como é mostrado no gráfico da figura 26.

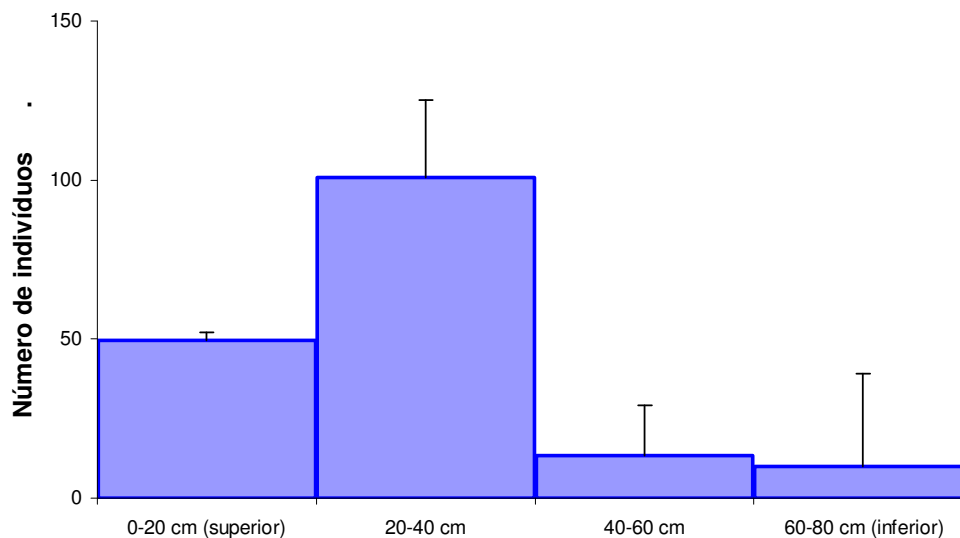


Figura 26: Recrutamento de *Brachidontes solisianus* nas faixas do médiolitoral. Número médio de indivíduos por 400cm² (total acumulado no intervalo de 18 meses). Barras representam erro padrão entre as réplicas (tratamento furos).

Outros invertebrados

Dois outros invertebrados sésseis que recrutaram ao longo do estudo foram o vermetídeo *Petalconchus sp.* e a ostra *Ostrea sp.*. Ambos recrutaram em baixa densidade ao longo dos meses. O primeiro recrutou em quase todos os meses de estudo, com um total de 28 indivíduos em 18 meses de estudo (considerando todos os tratamentos e réplicas). Excetuando-se dois casos, todos os demais recrutaram em superfície lisa (os outros dois na lateral das cracas artificiais).

Ostrea sp. teve apenas 12 representantes ao longo dos 18 meses de estudo, dois ocorreram na lateral de *Tetraclita stalactifera* (artificial e natural), outros dois dentro de furos (no transecto de baixo relevo), e os demais na superfície lisa. Entretanto, os indivíduos que recrutaram na área lisa, em geral, recrutaram entre ou dentro de carapaças de *Chthamalus bisinuatus*.

Estes dois invertebrados diferiram na faixa de recrutamento no médiolitoral, *Ostrea sp.* teve leve preferência pelas faixas superiores, enquanto que *Petalconchus* só recrutou nas faixas inferiores.

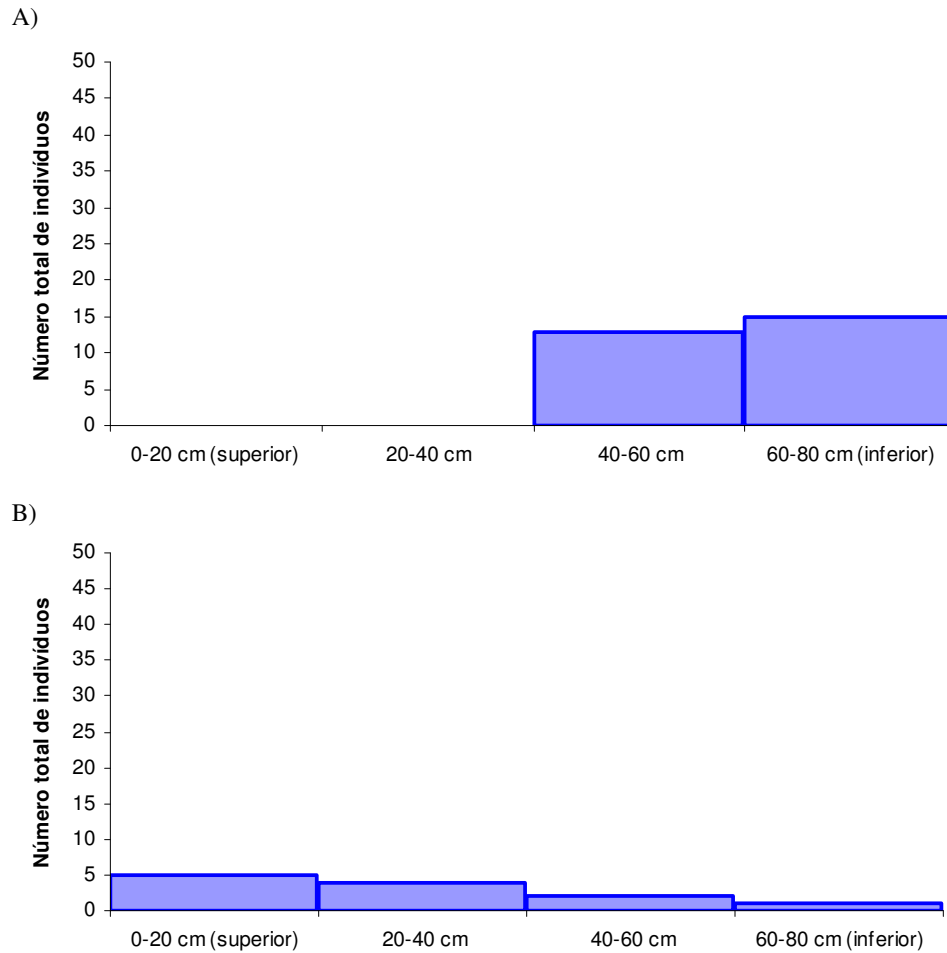


Figura 27: Recrutamento de *Petaloconchus sp* e *Ostrea sp.* em cada nível do médiolitoral. Número total de indivíduos por 400cm² (em todos os tratamentos). A) *Petaloconchus sp* B) *Ostrea sp.*

Os gastrópodes pastadores *Colisella subrugosa* e *Fissurella clenchi* ocorreram ao longo de todos os meses de estudo, estando presente em várias fotos. Apesar de serem organismos móveis, houve uma preferência desses organismos por transectos com elementos de topografia (figura 28). Foram encontrados vários desses gastrópodes dentro de furos e na lateral de cracas artificiais, algumas vezes estando presentes na mesma posição em fotos consecutivas, de meses distintos.

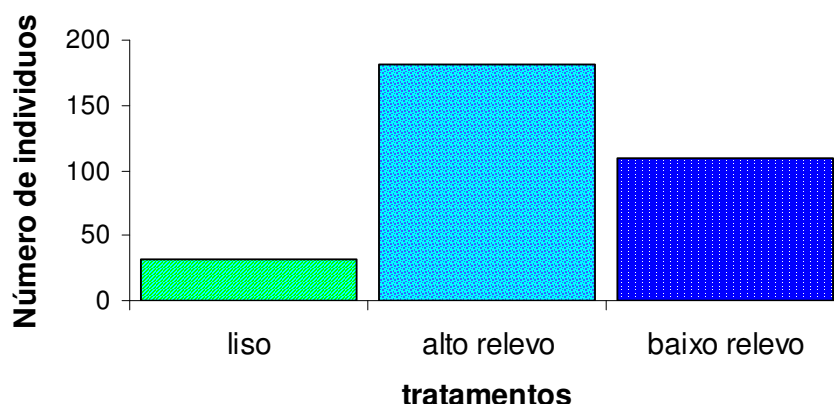


Figura 28: Ocorrência de gastrópodes pastadores (*Colisella subrugosa* e *Fissurella clenchi*) nos três tratamentos. Número total de indivíduos ao longo de 18 meses de estudo. Transectos de 20 cm X 80 cm.

Os controles (comunidade inalterada) não mostraram alterações visíveis em sua estrutura, por impactos ou variações ambientais de eventos estocásticos. Houve recrutamento das espécies também nos controles, mas em menor quantidade. Não foi possível quantificar o recrutamento dos principais invertebrados nos controles, em função de problemas metodológicos, como por exemplo a cobertura da comunidade por algas, principalmente no médiolitoral inferior, que passa mais de 8 meses coberta. Contudo, uma avaliação qualitativa mostrou correspondência dos picos de recrutamento nos tratamentos e nos controles. Também foi evidenciado o recrutamento de *Isognomon bicolor* ao longo de todos os meses do ano, ocorrendo dentro de *Tetraclita stalactifera* mortas, entre as mesmas (vivas), ou ainda entre *Petalonchus sp.*, como será discutido mais adiante (capítulo III).

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Discussão:

Os padrões de recrutamento das espécies podem ser afetados por fatores que atuam no assentamento, e na seleção do substrato e sobrevivência pós-assentamento (Rodriguez *et al.*, 1993).

Um fator bastante estudado em cirripédios, é a atração química do cimento de coespecíficos (Wright & Boxshall, 1999). A quinonotanimoproteína é uma substância presente no cimento, identificada como responsável pela atração química de cirripédios coespecíficos. Essa proteína é muito estável e de acordo com Carefoot (1979), é muito difícil de ser removida do substrato, estando ativa até em cirripédios mortos (ou no rastro de cimento). Como todos os tratamentos tiveram sua comunidade incrustante removida no início do trabalho e em todos restaram rastros do cimento, este trabalho considera que todos os tratamentos teriam capacidades atrativas equivalentes. Além disso, a própria exploração do substrato pelas larvas nos meses sucessivos, recobriria novamente o substrato com esta substância química atrativa, liberada por suas antenas durante a seleção do substrato (Largersson & Høeg, 2002).

A heterogeneidade do substrato é um fator que atua na alteração das condições do fluxo (características hidrodinâmicas) e na disponibilidade de microhabitats (Abelson & Denny, 1997; Thomason *et al.*, 1998 e Barreto, 1999). O papel deste fator no recrutamento varia de acordo com as características larvais e as estratégias de vida de cada espécie, e o tipo de heterogeneidade do substrato (Abelson & Denny, 1997).

Transectos com estruturas em baixo relevo podem favorecer o assentamento de larvas com pouca capacidade locomotora e deposição gravitacional (Abelson & Denny, 1997). O fluxo de água ao passar sobre uma depressão reduz de velocidade, permitindo uma maior retenção da água e deposição de larvas. Adicionalmente, um vortex no interior da depressão, além de facilitar a captura das larvas, dificulta a saída das mesmas até sua deposição e fixação. Na região entre-marés, a presença de depressões representa microhabitats mais úmidos, possibilitando um refúgio para as espécies não muito resistentes à dessecação. Podem também servir de refúgios contra predadores e proteção contra o impacto mecânico das ondas. As duas espécies de bivalve mais

abundantes, mostraram uma resposta similar para este tipo de rugosidade, tendo seu recrutamento preferencial nessas estruturas. Esta coincidência, deve estar relacionada às características da larva pediveliger deste grupo. Já a não ocorrência destas espécies nos demais transectos, sugere a incapacidade das larvas assentarem em regiões de maior fluxo, ou ainda, caso consigam assentar, a ação de ondas, predação e dessecação podem não permitir a sobrevivência das larvas até a faixa etária definida como recruta. O efeito do fluxo de água e a ação de ondas parecem ser os fatores mais importantes, uma vez que *Isognomon bicolor* e *Brachidontes solisianus* não ocorreram nas regiões lisas do médiolitoral inferior, onde a suscetibilidade à dessecação é baixa. Esta suposição encontra respaldo no trabalho de Rocha (2002), no qual não houve recrutamento de *Isognomon bicolor* e *Perna perna* no substrato nu nos costões estudados (apenas recrutaram em regiões mais protegidas representadas por carapaças de cracas e fendas). E vários são os trabalhos que enfatizam o papel da ação das ondas na estruturação dos bancos de bivalves entre-marés (Menge & Sutherland, 1976; Carefoot, 1979; Suchanek, 1985; Lavrado 1992; Nybakken, 1997; Levinton, 1996).

A rápida ocupação de estruturas em baixo relevo por *Isognomon bicolor*, incluindo as carapaças de cracas vazias que surgiram ao longo do tempo, mostra o grande potencial invasivo desta espécie, na presença de substrato adequado a seu recrutamento.

O resultado encontrado para *Tetraclita stalactifera* parece ser contraditório com os vários exemplos de rugofilia presentes na literatura para Balanomorpha: *Balanus improvisus* (Wahl & Hoppe, 2002) e *Balanus sp* (Walters & Wethey, 1996). Entretanto, a escala dos elementos de rugosidade podem levar a diferentes respostas. O trabalho de Wahl & Hoppe (2002) mostrou uma redução do recrutamento com o aumento do diâmetro dos elementos de rugosidade, utilizando escalas variando de 0 a 5 mm. Os elementos topográficos em baixo relevo utilizados no presente estudo, apresentavam 1 cm de diâmetro, logo, o resultado não destoava do esperado, já que o maior recrutamento ocorre em escalas mais próximas da escala da larva (aproximadamente 0,5 mm), com características hidrodinâmicas distintas das estudadas neste trabalho.

Os transectos em alto relevo podem afetar o assentamento das larvas em duas etapas: 1) na fixação das larvas, saída da coluna d'água e contato com o

substrato; e 2) na seleção do substrato pelas larvas. O uso de partículas inertes, mostrou que a turbulência gerada pelos elementos de alto relevo permitem um maior número de contatos involuntários da larva com o substrato, o que poderia, por si só, aumentar o recrutamento das espécies (Miron *et al.*, 1996). Os elementos em alto relevo não só geram microturbulência, como mudam a velocidade do fluxo da água. A carapaça de uma craca viva, por exemplo, gera uma corrente mais rápida na lateral da carapaça. Regiões de maior fluxo implicam num maior aporte de larvas e alimento por tempo (Eckman & Duggins, 1993; Eckman, 1996 e Levinton, 1996).

Trabalhos como o de Costa (1962), mostram uma maior densidade de *Tetraclita stalactifera* em áreas mais batidas, com maior fluxo de água do que em costões mais calmos. Essas observações corroboram o resultado encontrado por nós, quanto à preferência de transectos com maior velocidade do fluxo de água e menor “boundary-layer” no recrutamento desta espécie. No presente trabalho, não ocorreu recrutamento quando o fluxo de água era muito baixo (elementos em baixo relevo), apresentando a tendência a um recrutamento intermediário nos transectos lisos (e fora dos elementos em baixo relevo), e um maior recrutamento nos transectos com maior velocidade de corrente e turbulência (gerada pelas estruturas de alto relevo).

Além da própria diferença encontrada entre os tratamentos, dentro do tratamento alto relevo, houve grande recrutamento sobre os elementos topográficos, mais do que seria esperado ao acaso pela área ocupada por essas estruturas. As áreas em alto relevo correspondiam a menos de 10% da área total do transecto, no entanto, aproximadamente 50 % dos recrutas se fixaram sobre estas regiões que correspondem a áreas de maior velocidade de corrente. Resultados similares foram obtidos em estudos no fluxo, para *Balanus crenatus*, onde houve um assentamento preferencial sobre as carapaças de adultos, na região próxima ao rostro, posição que apresenta maior corrente (Miron *et al.*, 1996).

Ao longo dos meses houve um aumento no número de recrutas sobre estruturas em alto relevo, em função não só do aumento do recrutamento por si só, mas também pelo maior número de estruturas em alto relevo representadas por *Tetraclita* vivas recrutadas em meses anteriores. Em 16 meses de sucessão o

recrutamento sobre estruturas em alto relevo (cracas artificiais e naturais) passa a ser significativamente superior ao das regiões lisas, no entanto, além do aumento da área com rugosidade, poderíamos estar vendo o papel da atração química pelas cracas já recrutadas. Este efeito não foi exclusivo dos transectos com cracas artificiais, pois após sucessivos meses de recrutamento, até os transectos originalmente lisos, apresentavam *Tetraclita* incrustadas (estruturas em alto relevo).

O aumento progressivo da heterogeneidade do substrato em todos os tratamentos, atuaria no sentido de reduzir as diferenças entre os padrões de seleção do substrato, pela descaracterização dos tratamentos. Isso pode explicar, porque não encontramos uma grande diferença entre o tratamento com estruturas em alto relevo e o liso. Logo, o que seria um artefato, contribui para reforçar a tendência a um maior recrutamento nos transectos com estruturas em alto relevo.

Chthamalus bisinuatus foi a única espécie que recrutou em todos os transectos, independente da topografia do substrato, sendo aceita a hipótese nula. Esse padrão corrobora com as estratégias reprodutivas desse gênero, que produz alta densidade de larvas, com rápida ocupação do substrato disponível (Benedetti-Cecchi *et al.*, 2000). Contudo, altas densidades de recrutas, levam a uma menor seletividade do substrato por competição intraespecífica (Wright & Boxshall, 1999).

Ostrea sp., apesar de apresentar baixo recrutamento, parece selecionar estruturas em baixo relevo, não na escala dos furos utilizados por nós, mas possivelmente na escala da cavidade gerada pelas carapaças de *Chthamalus*. Essa suposição é sustentada pela observação de que 25% das larvas recrutaram dentro dos furos e aproximadamente 70% recrutaram entre carapaças de *Chthamalus* (dentro ou na lateral), o que também pode ser considerado como um elemento topográfico em baixo relevo, em menor escala. Já *Petalonchus sp.*, não parece selecionar os elementos topográficos para seu recrutamento, já que a maioria dos recrutas estavam em regiões lisas, no entanto, pelo baixo recrutamento, esta resposta pode ser apenas uma coincidência, por existirem mais áreas lisas disponíveis ao assentamento.

Apesar do trabalho não enfatizar o papel da inclinação do substrato no recrutamento, este foi um fator que mostrou importância neste trabalho, uma vez que se relacionou ao maior recrutamento dentro de réplicas, explicando a grande variação no recrutamento entre réplicas dos tratamentos sem estruturas de alto relevo. A menor inclinação do substrato leva a uma maior extensão da faixa de distribuição dos organismos e menor variação dos fatores físicos e biológicos por cm² (Little & Kitching, 1996, Levinton, 1996). Logo, seria esperado um maior recrutamento, em função da maior área ótima disponível à fixação, assentamento e sobrevivência das larvas. Este fator pode ter sido o responsável pelo grande recrutamento no transecto liso, já que da réplica liso 1 apresentou inclinação consideravelmente mais baixa (25°), o que levaria a um maior recrutamento, não pelo efeito da rugosidade do substrato, mas sim pela extensão da faixa ótima.

A atividade de pastagem dos gastrópodes herbívoros pastadores, também é um fator importante na compreensão de padrões de recrutamento, uma vez que está subentendido um período de sobrevivência dos indivíduos recém-assentados. De acordo com Wahl & Hoppe (2002), os gastrópodes pastadores podem afetar o recrutamento de 3 formas: 1) pela remoção dos recrutas diretamente pela ingestão acidental durante a atividade de pastagem; 2) pela ocupação do espaço disponível à fixação das larvas; 3) pela secreção de muco no seu deslocamento, deixando um rastro de muco na superfície do substrato que torna o mesmo inadequado à fixação das larvas. Com relação aos Gastrópodes pastadores *Colisella subrugosa* e *Fissurella clenchi*, notamos uma preferência destes organismos pelos transectos com algum elemento de rugosidade. Esses gastrópodes poderiam ter afetado os padrões de recrutamento das espécies. Se isso for verdade, poderíamos supor a existência de uma diferença maior entre os transectos liso e alto relevo, por exemplo, no recrutamento de *Tetraclita stalactifera*, onde a diferença seria reduzida pela maior pressão de pastagem. Contudo, Esse efeito não foi suficientemente forte para encobrir as diferenças na seleção do substrato pelas espécies estudadas neste trabalho. Logo, a distribuição destes gastrópodes reforçaria as tendências encontradas no presente estudo.

A competição por espaço para fixação das larvas não pareceu ser um fator limitante ao longo dos 18 meses de estudo; pois, ao longo de todo o tempo,

sempre existiram áreas (nos três tipos de topografia) livres para o recrutamento. O único período em que houve quase ocupação total do substrato foi no final do verão, entre janeiro e maio, pelo grande recrutamento de *Chthamalus bisinuatus* e a cobertura do substrato pela alga oportunista *Hincksia breviarticulata*.

A composição e qualidade (idade e estado fisiológico) do biofilme são conhecidos fatores que podem facilitar ou inibir o assentamento larval. Wieczorek *et al.* (1995) mostraram que *Balanus amphitrite* tem seu recrutamento inibido por componentes da matriz extracelular presente nos biofilmes recém-formados. Conforme o biofilme se torna mais antigo, ocorrem alterações na atividade metabólica da microbiota, que levam a uma maior atratividade do biofilme, com conseqüente aumento do assentamento dos cypris de *Balanus amphitrite*. Esse efeito não poderia ser responsável pela diferença no recrutamento de *Tetraclita stalactifera* encontrado neste trabalho, visto que a idade do biofilme presente nos tratamentos seria a mesma, pois todos foram raspados no início do trabalho. Contudo, diferenças na composição do biofilme entre as regiões de baixo relevo e as lisas (ou alto relevo) não poderiam ser descartadas, pois as estruturas de baixo relevo produzem modificações das condições físicas do microhabitat, determinadas pelas variações na incidência luminosa, maior sedimentação e retenção de água (menor exposição ao ar).

Infelizmente não foi possível determinar o papel do fator predação, nos diferentes tratamentos, pois a maior atividade dos organismos predadores marinhos ocorre no período de submersão. Contudo foi observado um maior número de gastrópodes carnívoros no verão (capítulo 3).

Outros fatores como correntes, disponibilidade de alimento, disponibilidade larval e outros parâmetros da coluna d'água não foram determinados neste estudo, mas os mesmos não parecem relevantes na diferença entre os tratamentos, visto que a distância entre tratamentos foi de aproximadamente 2 metros.

A marcada sazonalidade encontrada para os cirripédios neste estudo, já foi descrita antes para outras regiões (Silva-Brum & Martins, 1997) podendo estar relacionada a variações na disponibilidade de alimento, afetando o desenvolvimento das larvas planctotróficas, ou ainda ciclos reprodutivos anuais.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES-CAPÍTULO II

Já o recrutamento constante ao longo do ano para *Isognomon bicolor* pode representar estratégias reprodutivas, responsável por forte capacidade invasiva.

Analisando o desenvolvimento desta cohorte de recrutas da classe I, foi possível notar que aproximadamente 4 % vieram a ser *Tetraclita stalactifera* da classe II em janeiro, todo o resto correspondendo a *Chthamalus bisinuatus*. Contudo ressalto que, recrutamentos de cirripédios da classe I adicionais ocorreram no intervalo de tempo que divide as duas classes, podendo se somar aos recrutas encontrados. Isso poderia justificar densidades em alguns casos superiores de *Chthamalus bisinuatus*, comparado as densidades dos recrutas de classe II no oitavo mês de estudo.

A distribuição de recrutas de *Chthamalus bisinuatus* se sobrepôs a de *Tetraclita stalactifera*, assim como padrões já bem discutidos na literatura (Connell, 1961). *Chthamalus bisinuatus* recruta numa larga faixa do médiolitoral, mas, como pode ser visto no capítulo 3 desta dissertação, essa distribuição não condiz com a distribuição da fase adulta. A fase adulta se restringe as faixas mais superiores do costão (veja capítulo III).

Encontrar animais que não são sésseis em uma mesma posição meses sucessivos seria pouco provável, entretanto, em se tratando de *Colisella subrugosa* e *Fissurella clenchi*, essa observação não seria estranha. Esse grupo de gastrópodos apresenta o comportamento de “home-scar”, eles forrageiam e retornam para um mesmo refúgio (Levinton, 1996). Pelas fotos pudemos constatar esse conhecido comportamento excêntrico destes animais.

Conclusões

- A hipótese nula foi rejeitada; portanto, a heterogeneidade do substrato influencia os padrões de recrutamento dos invertebrados bentônicos dominantes do médiolitoral da Ilha do Brandão.
- *Tetraclita stalactifera* recruta preferencialmente em estruturas em alto relevo, representadas, por exemplo, por seus coespecíficos.
- Estruturas em baixo relevo facilitam o recrutamento dos bivalves *Isognomon bicolor* e *Brachidontes solisianus*. E ambos apresentam dificuldade de recrutarem em regiões sem rugosidade.
- A hipótese nula foi aceita para *Chthamalus bisinuatus*, pois a heterogeneidade do substrato não influenciou o padrão de recrutamento desta espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS - CAPÍTULO II

Referências bibliográficas:

- ABELSON , A. & DENNY, M. 1997. Settlement of marine organisms in flow. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 28: 317-339.
- ARCHAMBAULT, P. & BOURGET, E. 1996. Scales of coastal heterogeneity and benthic intertidal species richness, diversity and abundance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 136: 11-121.
- BARNES, M. 1999. The mortality of intertidal cirripedes. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 37: 153-244.
- BARRETO, C.C. 1999. Heterogeneidade espacial do hábitat e diversidade específica: implicações e métodos de mensuração. *Oecologia Brasiliensis* . vol.VII :121-153.
- BENEDETTI-CECCHI, L. ; ACUNTO, S. ; BULLERI, F. & CINELLI, F. 2000. Population ecology of the barnacle *Chthamalus stellatus* in the northwest Mediterranean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 198: 157-170.
- BERTNESS, M.D.; GAINES, S.D.; STEPHENS, E.G. & YUND, P.O. 1992. Components of recruitment in populations of acorn barnacle *Semibalanus balanoides* (Linnaeus). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 156: 199-215.
- CAFFEY, H. M. 1985. Spatial e temporal variation in settlement and recruitment of intertidal barnacles. *Ecol. Monogr.* 55:313-332
- CAREFOOT, T. 1979. **Pacific Seashores: a guide to intertidal ecology.** University of Washington press, North Vancouver. USA
- CONNELL, J.H. 1961. The influence of interspecific competition and other factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. *Ecology.* 42: 710-723.
- CONNELL, J. H. 1972. Community interaction on marine rocky intertidal shores. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 3: 169-192

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES-CAPÍTULO II

- COSTA, H. R. 1962. Nota preliminar sobre a fauna de substrato duro no litoral dos estados do Rio de Janeiro e Guanabara.. *Centro de estudos zoológicos*. Nº 15.
- ECKMAN, J. E. 1996. Closing the larval loop: linking larval ecology to the population dynamics of marine benthic invertebrates. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 200: 207-237
- ECKMAN, J. E. & DUGGINS, D.O. 1993. Effects of flow speed on growth of benthic suspension feeders. *Biol. Bull.* 185: 28-41.
- 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.
- HOLM, E. R. 1990. Attachment behavior in the barnacle *Balanus Amphitrite Amphitrite* (Darwin): genetic and environmental effects. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 135: 85-98.
- LAGERSON, N.C. & HØEG, J.T., 2002. Settlement behavior and antennular biomechanics in cypris larvae of *Balanus amphitrite* (Crustacea: Thecostraca: Cirripedia). *Marine Biology.* 141: 513-526.
- LAVRADO, H. P. 1992. Seleção de presas pelo gastropodo thais haemastoma (L.) na região de Arraial do Cabo, RJ. Dissertação de Mestrado em ecologia. Universidade Estadual de Campinas
- LEVINTON, J.S. 1996. **Marine Biology: function, biodiversity, ecology.** Oxford University Press. New York.
- LITTLE, C. & KITCHING, J.A. 1996. **The biology of rocky shore** (biology of habitats). Oxford University Press. New York.
- MENGE, B. A. & SUTHERLAND, J. P. 1976. Species diversity gradients: synthesis of the roles of predation, competition, and temporal heterogeneity. *Amer. Natur.* 110 (973): 351-369.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES-CAPÍTULO II

- MIRON, G.; BOURGET, E. & ARCHAMBAULT, P. 1996. Scale of observation and distribution of adult conspecifics: their influence in assessing passive and active settlement mechanisms in the barnacle *Balanus crenatus* (Brugière). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 201:137-158.
- NYBAKKEN, J. W. 1993. **Marine Biology and Ecological Approach**. 3.ed. Addison Wesley Logman. Nova York .
- QIU, J.W.; GOSSELIN, L. A. & QIAN, P. 1997 Effects of short-term variation in food availability on larval development in the barnacle *Balanus amphitrite amphitrite* . *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 161: 83-91.
- 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 p.
- RODRIGUEZ, S. R. ; OJEDA, F. P. & INESTROSA, N. C. 1993. Settlement of benthic marine invertebrates. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 97: 193-207.
- 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-BRUM, I.N. & MARTINS, E. M. P. 1997. Seasonal variation of intertidal community of Balanomorpha of the rocky shore of Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil (Crustacea, Cirripedia). *Revista Brasileira de Biologia*. 57(2): 275-288.
- SUCHANEK, T.H. 1985. Mussels and their role in structuring rocky shore communities. **In:** MOORE, P. G. & SEED, R. **The ecology of rocky coasts**. Hodder and Stoughton. London.
- THOMASON, J.C.; HILLS J.M.; CLARE, A.S.; NEVILLE A. & RICHARDSON, M. 1998. Hydrodynamic consequences of barnacle colonization. *Hydrobiologia*. 375/376: 191-201.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES-CAPÍTULO II

- ZAR, J. H. 1996. **Biostatistical Analysis**, third ed.. Prentice Hall Inc., New Jersey
- WAHL, M. & HOPPE, K. 2002. Interaction between substratum rugosity, colonization density and periwinkle grazing efficiency. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 225:239-249.
- WALTERS, L.J. & WETHEY, D.S. 1996. Settlement and early post-settlement survival of sessile marine invertebrates topographically complex surfaces: importance of refuge dimensions and adult morphology. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 137: 161-171.
- WRIGHT, J. R. & BOXSHALL, A. J. 1999. The influence of small-scale flow and chemical cues on the settlement of two congeneric barnacle species. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 183: 179-187.
- WIECZOREK, S.K.; CLARE, A.S. & TODD, C.D. 1995. Inhibitory and facilitatory effects of microbial films on settlement of *Balanus amphitrite* amphitrite larvae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 119: 221-228.

Capítulo III

**INFLUÊNCIA DA HETEROGENEIDADE DO SUBSTRATO NA ESTRUTURAÇÃO
E SUCESSÃO ECOLÓGICA PRIMÁRIA DA COMUNIDADE DO MÉDIOLITORAL
DA ILHA DO BRANDÃO, ANGRA DOS REIS- RJ**

Danuza Nogueira Moysés

Resumo

O sucesso no estabelecimento de uma espécie introduzida depende da habilidade da mesma em colonizar e manter uma população viável. Isso vai depender de características do hábitat, e pode ter efeito na estrutura da comunidade. Para entender o mecanismo envolvido na colonização do substrato e o estabelecimento de duas espécies potencialmente invasoras, estudamos mudanças sucessionais primárias na comunidade entre-marés (invadida). O estudo sucessional foi realizado utilizando três tipos de complexidades estruturais do substrato (furos, mímicas de cracas e superfície plana), reproduzindo os elementos microtopográficos presentes no hábitat, e que podem ter efeito nas taxas de colonização pela comunidade bentônica do médiolitoral. A comunidade estudada é dominada por *Petalconchus* sp, um gastrópodo sésil (possivelmente introduzido), os bivalves *Brachidontes solisianus* e *Isognomon bicolor* (espécie introduzida), e os cirripédios *Tetraclita stalactifera* e *Chthamalus bisinuatus*. A microtopografia do substrato levou a diferentes estágios sucessionais iniciais, com diferenças na diversidade da comunidade de invertebrados. Os bivalves mostraram a dependência de depressões para o recrutamento e sobrevivência nos estágios iniciais de sucessão. A colonização do substrato por *T. stalactifera*, seguida de sua subsequente morte, proporciona o microhábitat necessário para a colonização secundária por *I. bicolor*. Este trabalho propõe este, como sendo o mecanismo envolvido na invasão, e que não só a facilitação por *T. stalactifera*, mas qualquer elemento topográfico de baixo relevo (como depressões), na escala testada, pode atuar como facilitador da invasão por esta espécie.

Palavras-chave: sucessão ecológica, recrutamento, heterogeneidade do substrato, comunidade entre-marés, espécies introduzidas, costão rochoso, facilitação.

Abstract

The successful establishment of a marine introduced species depends on their ability to colonize and maintain a viable population. This depends on habitat characteristics, and may have effects on the community structure. To understand the mechanism involved in colonization of the substrate and establishment of two potentially invasive species, we have studied the primary successional changes in the intertidal community (invaded). The successional study was performed under three types of heterogenic complex surfaces (tips, barnacle mimics and planar surface), reproducing habitat microtopographic elements provisions that may have an effect on rates of colonization by mid-intertidal benthic community. This community is dominated by the sessile gastropod *Petaloconchus* sp. (potentially introduced specie), the bivalves *Brachidontes solisianus* and *Isognomon bicolor* (introduced specie), and the barnacles *Chthamalus bisinuatus* and *Tetraclita stalactifera*. Microtopography of substrata leads the community to distinct successional stages, with differences in invertebrate community diversity. The bivalves showed dependence of depressions to recruit and survive in initial successional stages. The colonization of the substrata by *Tetraclita stalactifera*, following subsequent death, provides requisitioned microhabitats for *Isognomon bicolor* secondary colonization. We proposed this as the mechanism involved in invasion, and that not just barnacle facilitation, but any topographic element (such as depression) in this scale may act facilitating invasion by this specie.

Key-Words: Succession, substrate heterogeneity, bioinvasion, intertidal community, rocky shore, facilitation.

INTRODUÇÃO

Introdução

O termo sucessão ecológica se refere à seqüência de colonização e substituição de espécies, por exemplo, na recuperação da comunidade após um distúrbio (Connell & Slatyer, 1977). Na comunidade entre-marés, há todo momento, novos espaços são abertos, tanto pela ação de predadores como as estrelas-do-mar (Paine, 1966), quanto por distúrbios mecânicos gerados pelo impacto das ondas. Contudo, se o distúrbio for em pequena escala a recuperação da comunidade se dará não por uma seqüência de substituição de espécies colonizadoras, mas sim pela expansão das populações adjacentes, não se tratando de uma sucessão verdadeira (Osman, 1977; Souza, 1984). O distúrbio precisa remover uma grande biomassa da comunidade para garantir que a colonização deste novo espaço se dê principalmente pela disponibilidade de larvas ou propágulos de espécies pioneiras presentes na coluna d'água.

Connell e Slatyer (1977) resumiram os mecanismos que governam o curso da sucessão ecológica em três modelos : Facilitação, Inibição e Tolerância. Esses modelos descrevem o efeito de uma espécie na probabilidade do estabelecimento de uma segunda espécie.

Facilitação → espécies pioneiras modificam o microambiente, de forma a facilitar a colonização e estabelecimento de espécies tardias.

Inibição → Espécies pioneiras interagem negativamente (produzem barreiras químicas, fisiológicas, etc.) que impedem que outras espécies se estabeleçam.

Tolerância → a colonização do hábitat só depende das capacidades das espécies de se manterem nas condições ambientais existentes, independente da interação de outras espécies que a antecedam.

Existem estudos que suportam todos os três mecanismos. Os exemplos são vários, como a inibição do assentamento pelo biofilme, ou a alelopatia em esponjas e corais (Levinton, 1996); a tolerância de espécies em ambientes estressantes, onde as populações são mantidas em densidades baixas, e as interações são evitadas (Menge & Sutherland, 1987); ou ainda a facilitação do recrutamento de mitilídeos pela trama formada por algas filamentosas (Davis &

Moreno, 1995), e o refúgio à herbivoria gerado por *Balanus* permitindo o crescimento de *Fucus* (Farrel, 1991), dentre vários outros exemplos.

O modelo de facilitação tem ganhado espaço ultimamente, levando a reformulação de modelos matemáticos clássicos como o de Lotka e Volterra para a competição, e a rediscussão de fundamentos teóricos da ecologia como o conceito de nicho, formulado por Hutchinson em 1957 (Bruno *et al.*, 2003).

Os modelos de sucessão ecológica também têm sido bastante retomados, por seu papel na compreensão dos padrões e processos envolvidos nas invasões biológicas.

Conhecer a seqüência de colonização do substrato e recuperação de uma dada comunidade a um distúrbio, pode nos fornecer indícios da suscetibilidade das comunidades a bioinvasores, assim como o mecanismo envolvido na ocupação e expansão do nicho dessas espécies.

Espécies bioinvasoras são vistas como ameaças à biodiversidade, na medida em que podem causar o desaparecimento de espécies nativas, por exclusão competitiva, ou levar ao declínio populacional pela constrição dos nichos das populações residentes (Abrams, 1996; Shea & Chesson, 2002). São vários os exemplos das anormalidades ecológicas geradas por espécies invasoras, inclusive para comunidades bentônicas, como as alterações geradas pela invasão dos costões rochosos do sul da África por *Mytilus galloprovincialis* (Branch & Steffani, 2004) dentre outros casos já documentados (para mais exemplos vide Carlton, 1999; Reise *et al.*, 1999 e Ruiz *et al.*, 2000).

Existem algumas hipóteses que relacionam a diversidade local, ou o grau de estresse (perturbações), à maior vulnerabilidade das comunidades a invasão por outras espécies. Contudo, isso ainda é foco de grandes discussões, dada a escassez de dados empíricos (Lodge, 1993).

A maior diversidade local, pode levar a uma maior resistência da comunidade à invasão, pois quanto mais diversa, maior é a exploração dos recursos e menores são os nichos fundamentais realizados pelas populações. Logo, seria mais difícil uma espécie entrar nessa comunidade, pela restrição do nicho que poderiam ocupar. Contudo, esta hipótese subentende uma supervalorização da competição em detrimento a outras interações positivas, como a facilitação, que também tendem a ser maiores em comunidades mais

diversas. Ao contrário do descrito anteriormente, essas interações poderiam facilitar a entrada de novos colonizadores na comunidade, além de aumentar a sobrevivência dos indivíduos. Este ponto de vista suporta a contraproposta de que comunidades mais diversas seriam mais susceptíveis à introdução de espécies, pela existência de um maior pool de espécies “facilitadoras” (Bruno *et al.*, 2003).

Compreender o peso desses fatores, particulares de cada localidade, poderia nos levar a formulação de previsões quanto ao resultado de uma invasão e eventos de introdução.

Em locais assolados por distúrbios freqüentes, a competição entre as espécies é evitada. Em contrapartida, as interações positivas têm um papel importante no melhoramento do hábitat possibilitando a recuperação da comunidade, e de certa forma, aumentando a suscetibilidade à invasão (Bruno *et al.*, 2003).

Dentro desta conjuntura, se encaixa o presente estudo acerca do papel da heterogeneidade do substrato na sucessão ecológica de uma comunidade de médiolitoral onde estão presentes duas espécies de invertebrados potencialmente invasores.

OBJETIVOS

Objetivo Geral:

Acompanhar a sucessão ecológica primária do mediolitoral da Ilha do Brandão, sob diferentes tipos de complexidade estruturais do substrato.

Objetivos específicos:

1. Determinar a influência da heterogeneidade do substrato na estruturação da comunidade.
2. Compreender as dinâmicas populacionais das espécies ao longo do tempo
3. Determinar se a distribuição de carapaças de *Tetraclita stalactifera* sob *Petaloconchus sp.* e *Isognomon bicolor* trata-se apenas de uma situação histórica, ou são resquícios de estágios sucessionais anteriores.
 - 3.1. Determinar se a presença das cracas facilita a colonização e desenvolvimento das outras espécies.

ÁREA DE ESTUDO

Área de estudo:

O estudo foi realizado no costão rochoso da Ilha do Brandão (23°01,5' latitude Sul e 44° 24' longitude Oeste), na Baía de Ilha Grande, litoral sul do estado do Rio de Janeiro (figuras 29 e 31), no período de Março de 2003 a Setembro de 2004.

A área estuda é considerada oligotrófica, com águas claras e baixa biomassa fitoplanctônica, assim como a maior parte da Baía de Ilha Grande (Silva *et al.*, 1989). Esta região apresenta clima tropical úmido, com marcada sazonalidade, principalmente devido à precipitação atmosférica, caracterizando uma estação chuvosa (primavera e verão) e uma estação mais seca (outono e inverno) (figura 30).

O costão rochoso é moderadamente batido e acentuadamente inclinado (média de 33°). Em função da grande circulação de lanchas e barcos de passeio, principalmente no verão e finais de semana, o costão rochoso desta área também recebe a ação de “marolas”.

A profundidade local é de 11 metros e meio, com transparência de até 11 metros. Estudos em áreas adjacentes (Ilha da Gipóia, figura 31) caracterizaram a coluna d’água como possuindo salinidades variando entre 32 e 35, temperaturas entre 24 e 27°C, além de valores máximos de clorofila a em 1,77 µg/l (baixa biomassa fitoplanctônica) e 1,13 µM de nitrato (Mayer-Pinto & Junqueira, 2003).

A faixa de médiolitoral é composta principalmente pelo molusco *Petalonchus sp* (ocupa aproximadamente 50% da zona, na região inferior), os bivalves *Isognomon bicolor* e *Brachidontes solisianus*, e os cirripédios *Tetraclita stalactifera* e *Chthamalus bisinuatus* (figura 29).



Figura 29: Aspecto geral da faixa do médiolitoral da Ilha do Brandão.

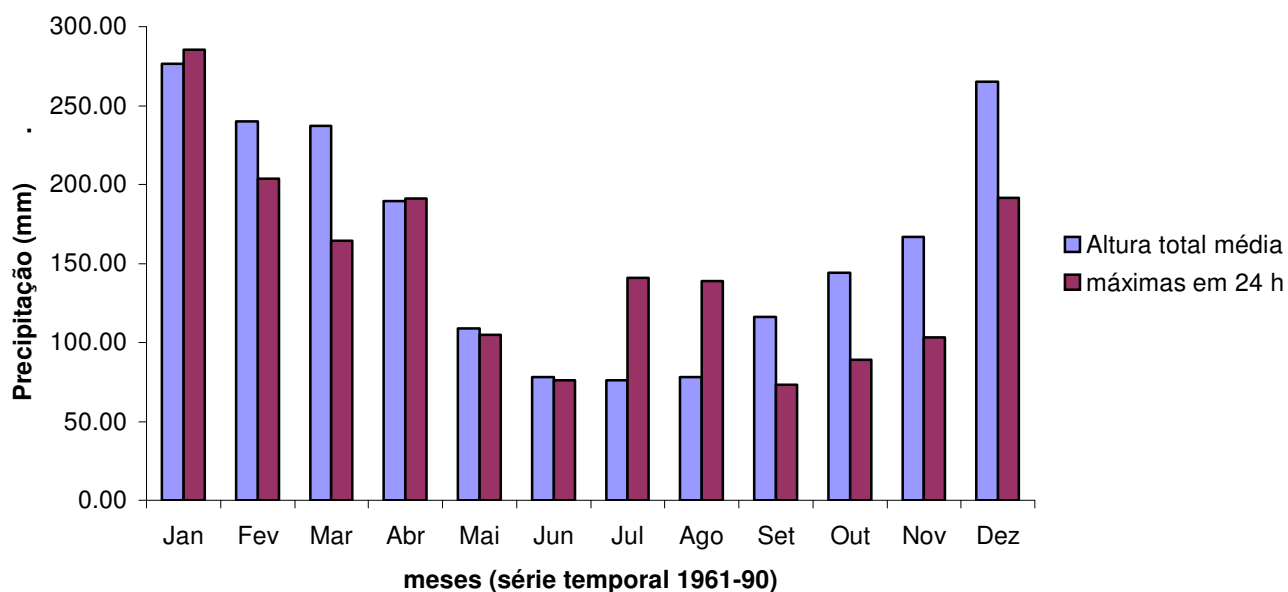


Figura 30: Histograma da precipitação média mensal da estação Angra dos Reis (plano de manejo PNSB). Altura total média = média mensal das alturas totais diárias.

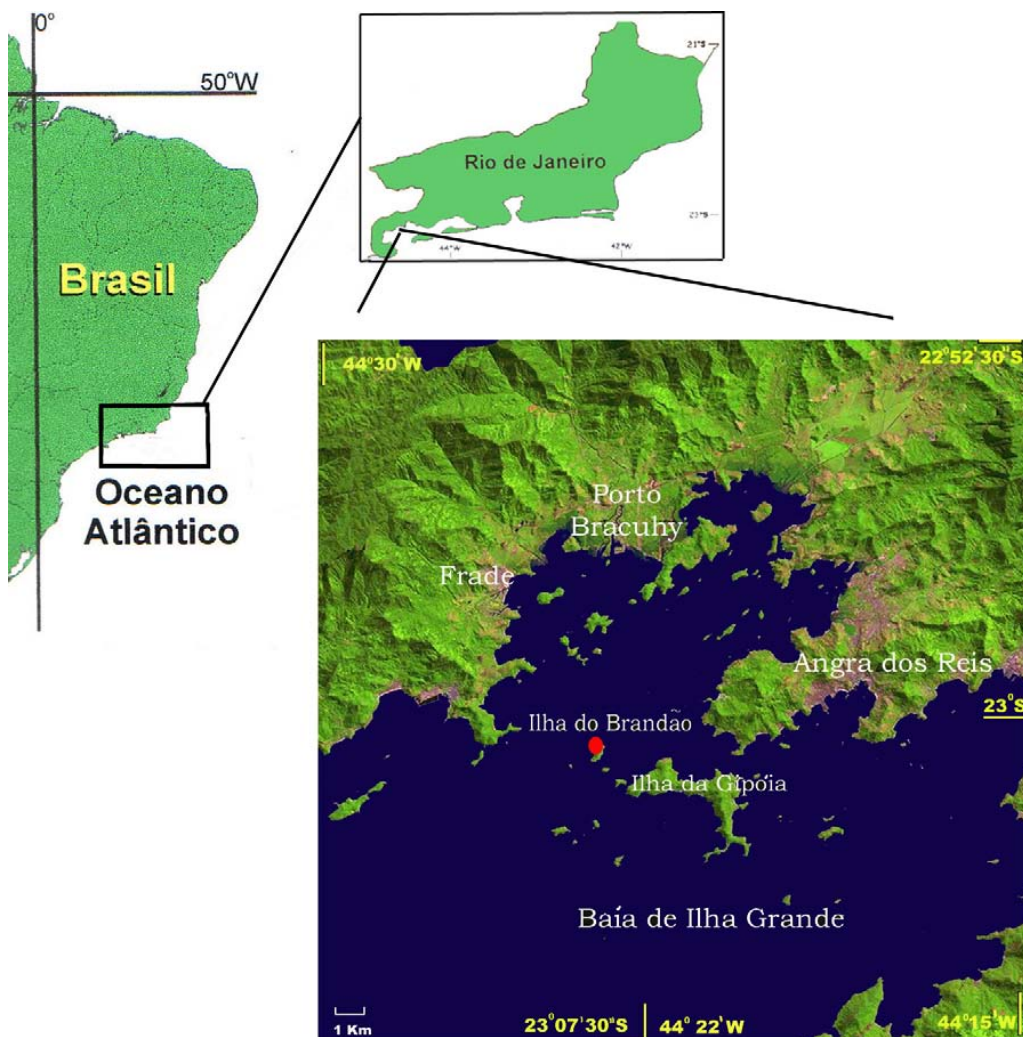


Figura 31: Mapa da localização da área de estudo, localizada pelo círculo vermelho (Ilha do Brandão, Angra dos Reis).

O costão em estudo, aparentemente sofre pouca interferência antrópica, possivelmente pelo difícil acesso (e desembarque), baixo potencial turístico e econômico, do lado da ilha onde foi desenvolvido o trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais e métodos

Foram realizadas campanhas mensais ao longo de 18 meses (de março de 2003 a setembro de 2004), para o monitoramento das principais espécies de invertebrados colonizadores da faixa do médiolitoral do costão rochoso natural, sob três tratamentos para criar rugosidade ao substrato.

A coleta de dados em campo foi realizada com um método não destrutivo, descrito no capítulo I, que utiliza uma máquina fotográfica digital Kodak modelo DX3900 acoplada a uma caixa de acrílico desenvolvida para o presente estudo (Capítulo I). O método permite a obtenção de imagens seqüenciais, de mesmo tamanho e distância do objeto, possibilitando a sobreposição das imagens, na análise no laboratório.

O trabalho de campo foi realizado na maré baixa de sizígia, quando toda a faixa do médiolitoral estava exposta. O trabalho era realizado no período máximo de duas horas (uma antes e uma depois do pico da maré baixa), pois ao final deste período, parte da faixa começava a ficar encoberta, não podendo mais ser monitorada.

Foi efetuada uma amostragem qualitativa das espécies presentes na região, para posteriormente serem identificadas ao menor nível taxonômico possível. As algas foram fixadas em formol 4% e animais em álcool 70%. As algas foram identificadas num laboratório especializado da UFRJ, por taxonomista com experiência na região.

√ Desenho experimental:

Foram realizados três tratamentos e um controle, como mostrado na figura 32, com 3 réplicas de cada caso. Foram abertas valas de 36 cm por 1,2m na zona entre-marés, eliminando toda a comunidade incrustante da faixa. Em seguida, as áreas foram raspadas com escova de aço, e submetidas aos seguintes tratamentos (figura 32):

Alto relevo (cracas) - foram aparafusadas em média 43 cracas artificiais distribuídas uniformemente na vala, na sua faixa de ocorrência natural. As cracas artificiais foram feitas com carapaças de *Tetraclita stalactifera* mortas, preenchidas com tubolite e fixadas a um parafuso (exemplo na figura 33b).

Baixo relevo (furos) - foram feitos em média 110 furos de aproximadamente 1 cm de diâmetro, também uniformemente distribuídos na faixa do médiolitoral (exemplo na figura 33c).

Liso - o substrato foi apenas raspado (exemplo na figura 33a).

As regiões controle foram demarcadas para acompanhar a comunidade sem as nossas alterações. Os pontos de estudo foram aleatoriamente distribuídos no costão, mas respeitando a ordem dos tratamentos: cracas, liso, furos e controle.

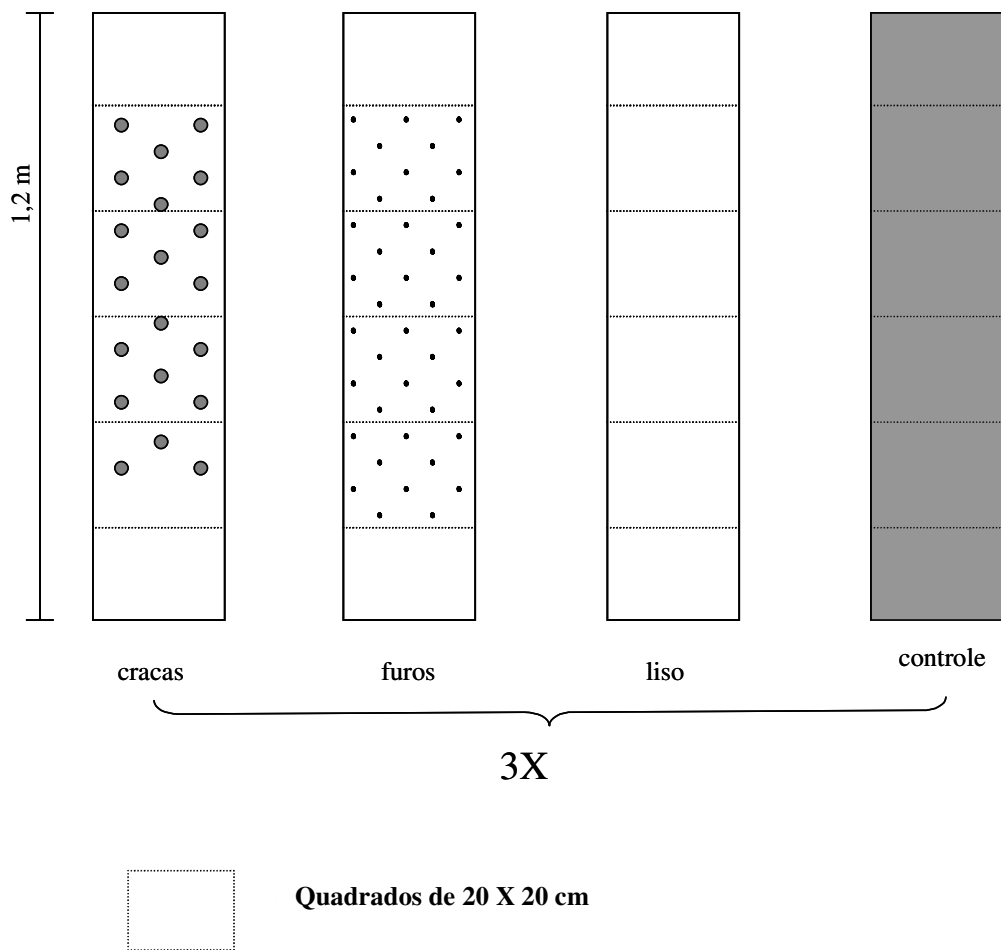


Figura 32: Esquema dos tipos de tratamentos utilizados e distribuição dos elementos topográficos.



Figura 33: Exemplos dos tratamentos utilizados. A) liso; B) Cracas artificiais fixadas ao costão; C) furos.

Em campo, cada tratamento foi fotografado a cada 20 cm, formando uma seqüência de imagens contínuas para serem posteriormente analisadas, e a partir delas, obtermos os parâmetros populacionais desejados.

O início dos transectos inicialmente foi marcado pelo nível da maré (altura) no costão, e transferido para os demais pontos. Entretanto, ao longo do experimento, foi constatado que havia grandes variações na distribuição dos organismos no costão, não correspondendo às mesmas faixas de zonação em todos os transectos. Para tornar os níveis comparáveis entre si, foi feita uma nova marcação do início dos transectos, respeitando a faixa de início do médiolitoral determinada pela distribuição de *Chthamalus bisinuatus* nas regiões laterais do transecto. Em função disso, foram utilizados nas análises um transecto final de apenas 1600 cm², correspondente a 4 quadrados de 20 X 20 cm (4 níveis).

√ Obtenção dos dados

A análise das fotos foi realizada no Laboratório de Bentos (IB-UFRJ), com o auxílio do programa de edição de imagens, que permitiu grandes ampliações da foto, além de outros recursos como sobreposição das fotos (camadas). Neste programa foram geradas uma grade de 20X 20 cm e outra de 10 X 10 cm, ambas subdividida em quadrados de 1 cm², usados para a delimitação dos transectos, contagem dos indivíduos e leitura das porcentagens de cobertura, respectivamente.

Para o monitoramento foi feita uma transposição para um esquema em menor escala (em papel vegetal sobre uma base quadriculada) da distribuição dos principais invertebrados de cada transecto inteiro (montado pelas fotos seqüenciais, 4 quadrados de 20X 20 cm). Essa transposição foi feita para todos os tratamentos a cada dois meses de sucessão. Os indivíduos novos que surgiam neste intervalo de tempo e os indivíduos mortos foram contados. As alterações que ocorreram ao longo do tempo foram identificadas pela sobreposição das fotos de meses sucessivos, e marcadas nos esquemas.

A porcentagem de cobertura de cada espécie foi determinada pelo preenchimento dos quadrados menores (1cm²) em quadrados de 100cm² seqüenciais, dispostos verticalmente ao longo de toda a faixa de médiolitoral. Os quadrados foram dispostos na parte central do transecto.

Algas cuja distinção visual pelas fotos era deficiente foram agrupadas. Como exemplo, temos a macroalga *Ralfsia expansa* que foi agrupada com as algas formadoras de “crosta ralfsióide”. Assim como *Laurencia sp.* e *Centroceras clavulatum*, as quais formam tufos multiespecíficos sobre o recife de *Petalconchus sp.*. Não foi possível determinar as proporções dessas espécies no tufo pelas fotos, logo, as mesmas foram agrupadas nas análises.

√ *Análise dos dados:*

Comparações

Para comparar o recrutamento, mortalidade e crescimento nos 3 tratamentos foram realizadas análises de variância bifatoriais (2-way ANOVA), com intervalo de confiança de 95% ($\alpha = 0,05$), para verificar diferenças significativas entre os tratamentos usando os valores totais de recrutamento ao longo dos 18 meses, e *a posteriori* o teste de Tukey (Zar, 1996).

Variações da porcentagem de cobertura ao longo dos meses

Os transectos foram divididos em 8 quadrados de 100 cm², que representam diferentes alturas do costão. A média da cobertura de cada espécie em cada nível foi obtida pela média dos quadrados de mesmo nível nas réplicas dos tratamentos ou controle.

Para as algas, as leituras de 4 tratamentos escolhidos aleatoriamente foram usadas como réplicas de “tratamentos”, utilizando a média das mesmas na representação gráfica. Essa compilação foi realizada em função da pequena variação entre os tratamentos.

Para *Petalocochus sp.* nos meses de verão onde houve muita cobertura de algas, as medidas de porcentagem de cobertura desta espécie seria subestimada, gerando padrões de flutuação da população irreais. A fim de evitar erros de interpretação, as medidas dos meses anteriores foram repetidas até que se pudesse novamente fazer uma leitura condizente com a realidade. O mesmo foi feito pra *Isognomon bicolor* na faixa em que se encontram entre os *Petalocochus*.

Caracterização da comunidade

As porcentagens de cobertura dos meses de final do verão janeiro e março 2003 foram usadas de base para a construção do gráfico de recobrimento, para a caracterização da estação verão, enquanto que os meses de julho e setembro de 2003 foram utilizados para a caracterização da estação inverno.

Apenas os grupos de algas mais representativos (acima de 3% de cobertura) foram mostrados.

Tradicionalmente em estudos de sucessão se compara a diversidade de espécies nos estágios sucessionais (Dean e Connell, 1987). contudo, neste trabalho não seria correto fazer esta análise devido às más resoluções taxonômicas. Principalmente porque as algas presentes nos primeiros estágios sucessionais correspondem a cianofíceas, diatomáceas e o grupo de algas que formam “crosta ralfsióide”, que podem representam muitas espécies diferentes que não conseguimos identificar ao nível de espécie, tal qual obtivemos para a maior parte das macroalgas de talo ereto e invertebrados. Logo, as comparações de diversidade e riqueza foram restritas a invertebrados e se baseiam em análises qualitativas, considerando quantidade de espécies e abundância de indivíduos, sem a utilização dos modelos matemáticos.

Para o gráfico da variação do número de marés baixas próximos ao pico de irradiância, conseqüente maior susceptibilidade à dessecação, foram consideradas as marés baixas entre -0.2 e 0.3, que ocorreram no período de 10:00 a 14:00 horas, ao longo dos meses de estudo.

RESULTADOS

Resultados:

√ *Composição da comunidade*

Foram identificados 12 taxa de invertebrados bentônicos (tabela 3) e 32 taxa de algas (tabela 4) que ocorreram no médiolitoral da Ilha do Brandão ao longo dos meses de estudo. Os invertebrados estiveram presentes em quase todos os meses do ano. Já entre as algas, destaco a ocorrência de *Hincksia breviarticulata* e *Hincksia michelliae* apenas no período de verão, a primeira chegando a altas densidades. A comunidade é rica em microalgas, que ocorrem ao longo do ano todo, não só nos transectos em sucessão primária.

Tabela 3: Lista de espécie de Invertebrados Bentônicos que ocorrem na Ilha do Brandão, na faixa de médiolitoral .

Mollusca - Gastropoda

Littorina ziczac (Gmelin, 1791)

Trachypolia nodulosa (Adams, 1855)

Colisella subrugosa (Orbigny, 1846)

Fissurella clenchi (Farfante, 1943)

Petalochonchus sp.

Stramonita haemastoma (Linnaeus, 1767)

Leucozonia nassa (Gmelin, 1791)

Mollusca - Bivalvia

Brachidontes solisianus (Orbigny, 1846)

Ostrea sp.

Isognomon bicolor (Adams, 1845)

Crustacea - Cirripedia

Chthamalus bisinuatus (Pilsbry, 1916)

Tetraclita stalactifera (Lamarck, 1818)

Tabela 4: Lista de algas que ocorreram na Ilha do Brandão, na faixa do médiolitoral entre março de 2003 e setembro de 2004. Baseado em Wynne, M.J., 1998.

MICROALGAS

Filo Monera:

Cyanophyta - Cyanophyceae

Chroococaceae

Nostacaceae

Oscillatoriaceae

Rivulariaceae

Filo Plantae:

Bacillariophyta – Bacillariophyceae

Pennales

Centrales

Outras diatomáceas coloniais não identificadas

MACROALGAS

Phaeophyta

Bachelotia antillarum (Grunow) Gerloff

Dictyota cervicornis Kütz.

Feldmannia indica (Sond.) Womersley & A. Bailey

Feldmannia irregularis (Kütz.) Hamel

Hincksia breviarticulata (J. Agardh) P. C. Silva

Hincksia mitchelliae (Harv.) P. C. Silva

Ralfsia expansa (J. Agardh) J. Agardh

Sphacelaria rigidula (furgigera) Kütz.

Sphacelaria tribuloides Meneghini

Padina gymnospora (Kütz.) Sond.

Rhodophyta

Acanthophora spicifera (Vahl) Borgesen

Amphiroa fragilissima (Linnaeus) Lamour.

Centroceras clavulatum (C. Agardh) Mont.

Jania capilacea Harv.

Jania adherens Lamour.

Laurencia sp1.

Laurencia sp2.

Laurencia papillosa (C. Agardh) Greville

Hypnea spinella (C. Agardh) Kuetzing

Gelidium pusillum var. *conchicola* (Stackhouse) Le Jolis

Hypnea musciformis (Wulfen) Lamouroux

Polisiphonia subtilissima Mont.

Chlorophyta

Chondria sp.

Cladophora sp.

Enteromorpha sp.

Enteromorpha lingulata (J.A. Agardh)

√ *Dinâmica das populações de invertebrados dominantes nos tratamentos*

Tetraclita stalactifera

Como já descrito no capítulo II, o cirripédio *Tetraclita stalactifera* apresenta o pico de recrutamento no verão, mas há recrutamento também ao longo de todo o ano (figura 34). A mortalidade apresenta ligeiro aumento após épocas de maior recrutamento, como visto em julho e março, ambos significativamente diferentes dos demais meses (ANOVA, $p < 0,0001$ e $F = 8,45$, seguido do teste de Tukey) . O crescimento da população após o momento inicial da sucessão, acompanha o recrutamento. No início da sucessão há uma pequena diminuição da população (não significativa) que volta crescer com o início da época de pico de recrutamento, ocorrendo um rápido acréscimo no tamanho populacional (figura 34).

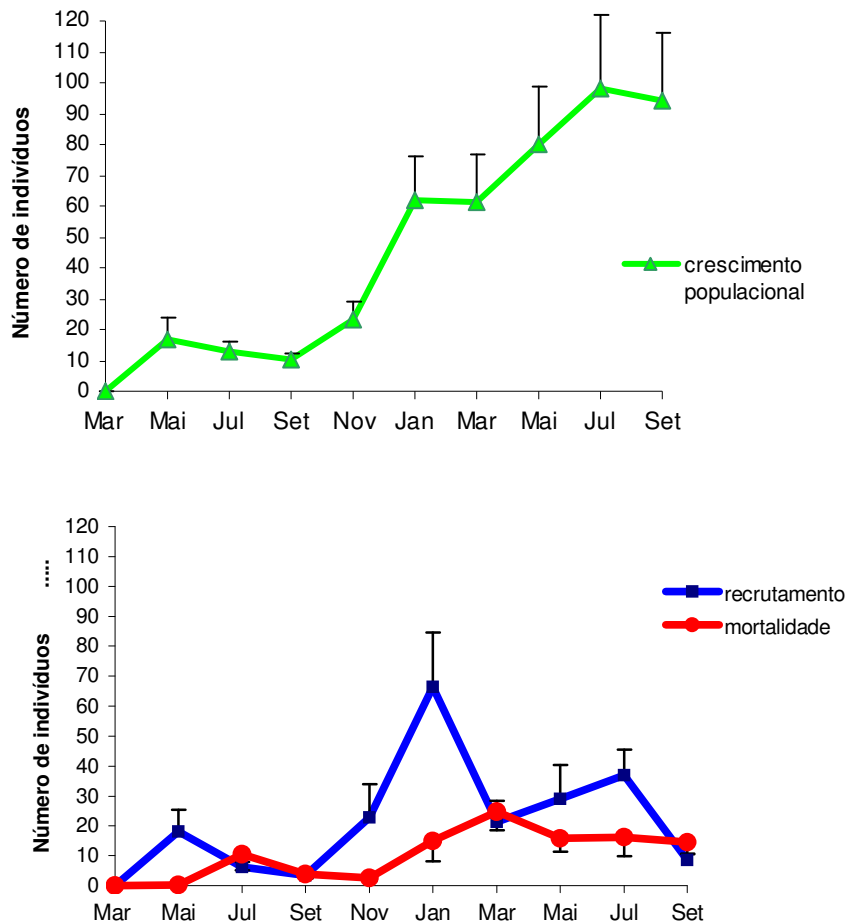


Figura 34: Cinética populacional de *Tetraclita stalactifera*. Recrutamento, mortalidade e crescimento populacional médio. Considerando o número médio de indivíduos por transectos de 20 cm X 80 cm (todos os tratamentos)

A partir de um teste de análise de variância bifatorial (ANOVA), verificamos diferenças na taxa de mortalidade entre o tratamento com estruturas em alto relevo e os de área lisa. Os transectos com elementos em alto relevo apresentaram uma maior mortalidade. Diferenças também foram encontradas para o recrutamento, que foi maior nestes transectos. Quanto ao crescimento populacional, não foi encontrada nenhuma diferença significativa entre os tratamentos (tabela 5). Contudo, não foi observada interação entre os fatores tratamento e tempo, permitindo a representação dos transectos em conjunto, como mostrado na figura 35 (página anterior), para a variação ao longo do tempo.

Tabela 5: Resultados da ANOVA bifatorial da abundancia de *Tetraclita stalactifera* entre os tratamentos (cracas, liso e furos-liso) e entre os meses de sucessão (de maio/2003 a setembro/2004). * representam diferenças significativas para $\alpha=0,05$, intervalo de confiança de 95%.

ANOVA BIFATORIAL			
a) Crescimento populacional			
fatores:	GL	F	p
TEMPO (MESES)	8	4.8	0.0001 *
TRATAMENTOS	2	0.56	0.573
INTERAÇÃO	16	0.23	0.999
b) Recrutamento			
fatores:	GL	F	p
TEMPO (MESES)	8	4.74	0.0002 *
TRATAMENTOS	2	4.24	0.020 *
INTERAÇÃO	16	0.89	0.580
c) Mortalidade			
fatores:	GL	F	p
TEMPO (MESES)	8	3.63	0.002 *
TRATAMENTOS	2	5.12	0.009 *
INTERAÇÃO	16	1.56	0.115

Isognomon bicolor

Isognomon bicolor apresenta recrutamento quase constante ao longo do ano (F=3,60 e p=0,9273, não significativo para $\alpha=0,05$, ANOVA monofatorial de medidas repetidas). Há dois momentos de rápido aumento da população, o primeiro bem no início da sucessão, ao contrário de *Tetraclita stalactifera*, e outro em maio (figura 35). Esses aumentos são acompanhados por baixa mortalidade. Entretanto, esta foi apenas uma tendência, uma vez que as diferenças não foram significativas, nem para mortalidade nem para o crescimento (os dados são heterocedásticos e testes não paramétricos, Kruskal-Wallis, não tiveram poder de separação, p=0,69 com $\alpha=0,05$).

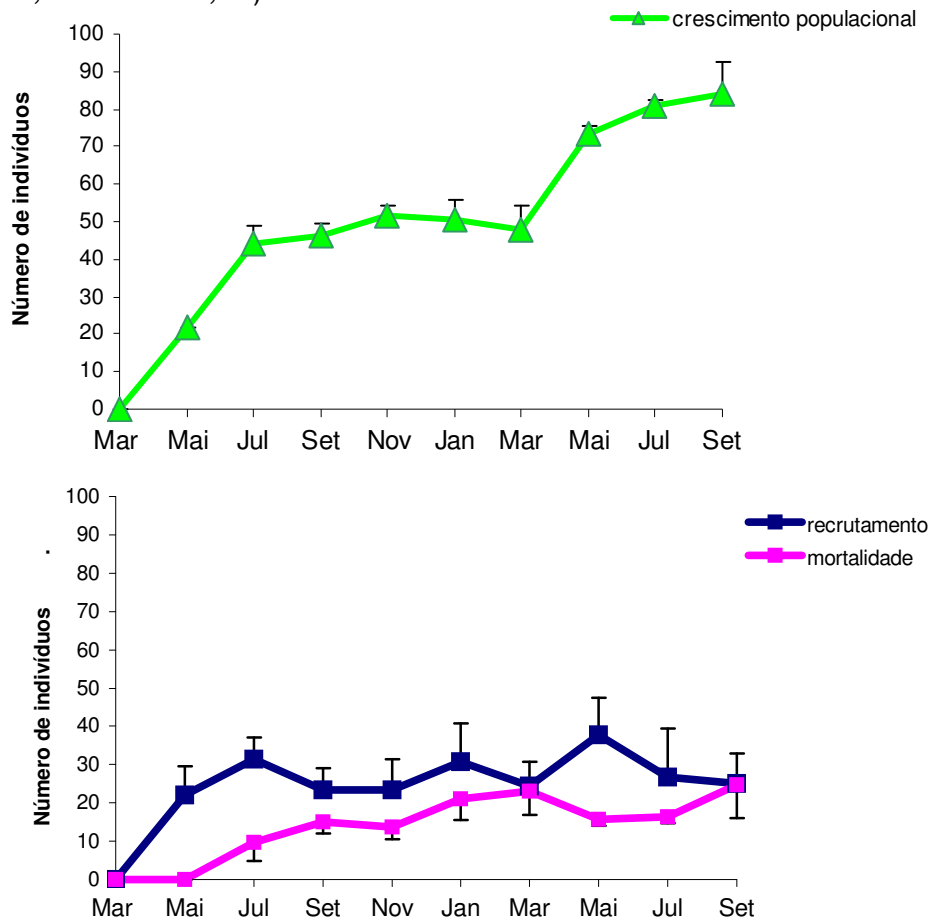


Figura 35: Cinética populacional de *Isognomon bicolor* no tratamento de baixo relevo. Recrutamento, mortalidade e crescimento populacional médio; considerando o número médio de indivíduos por transectos de 20 cm X 80 cm .

Brachidontes solisianus

Na figura 36, pode se notar um aumento populacional seguindo o pico recrutamento de *Brachidontes solisianus*. O aumento da mortalidade ocorre nos últimos meses (setembro-2004 apresentou diferença significativa, $p=001$ e $F=6,67$, ANOVA para medidas repetidas). Somado a isto, há uma diminuição do recrutamento, ambos acompanhados de uma leve tendência à redução da população. Mais uma vez, a tendência apresentada não corresponde a diferenças significativas, pela grande variação das réplicas.

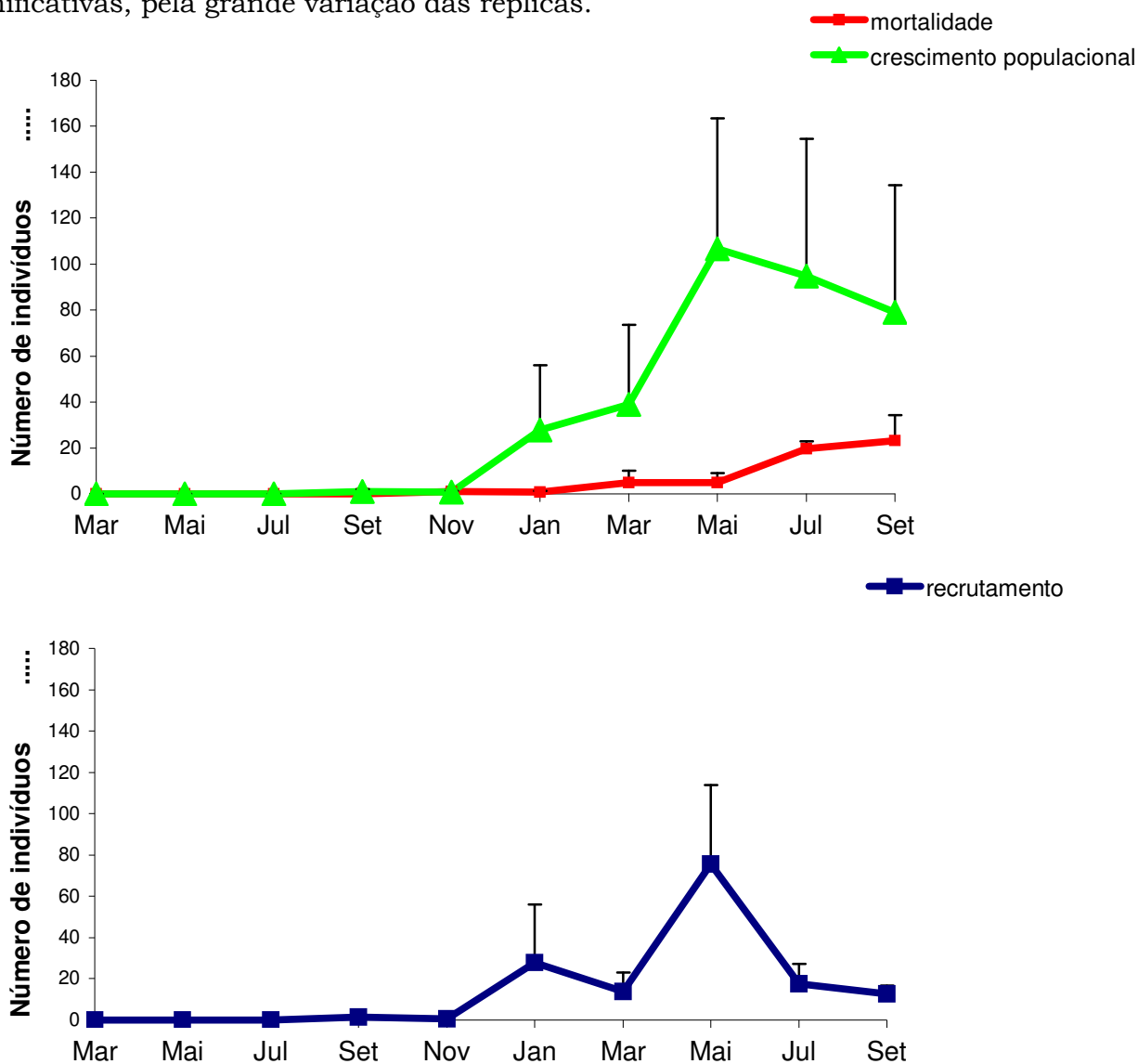


Figura 36: Cinética populacional de *Brachidontes solisianus*. Recrutamento, mortalidade e crescimento populacional médio. Considerando o número médio de indivíduos por transectos de 20 cm X 80 cm .

Outros invertebrados

Os gastrópodes foram um grupo de invertebrados que apareceu com frequência nos transectos de sucessão. E as duas guildas (herbívoros e carnívoros), os primeiros representados por *Colisella subrugosa* e *Fissurella clenchi*, e os carnívoros representados por *Trachypolia nodulosa*, *Stramonita haemastoma* e *Leucozonia nassa*, apresentaram diferentes flutuações na exploração dos transectos ao longo do ano. Os herbívoros pastadores foram mais abundantes no inverno, enquanto os carnívoros no verão (figuras 37 e 38 respectivamente).

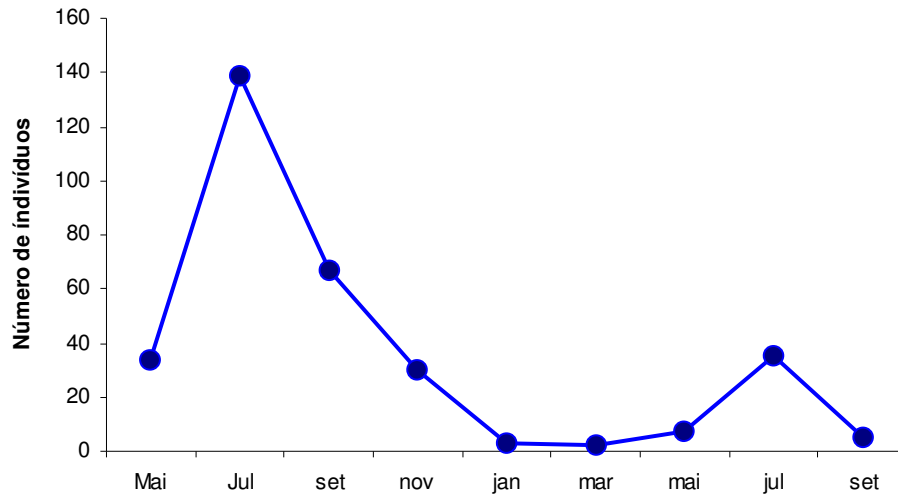


Figura 37: Abundância de gastrópodes pastadores (*Colisella subrugosa* e *Fissurella clenchi*) nos transectos de sucessão ao longo do tempo. Número total geral encontrado.

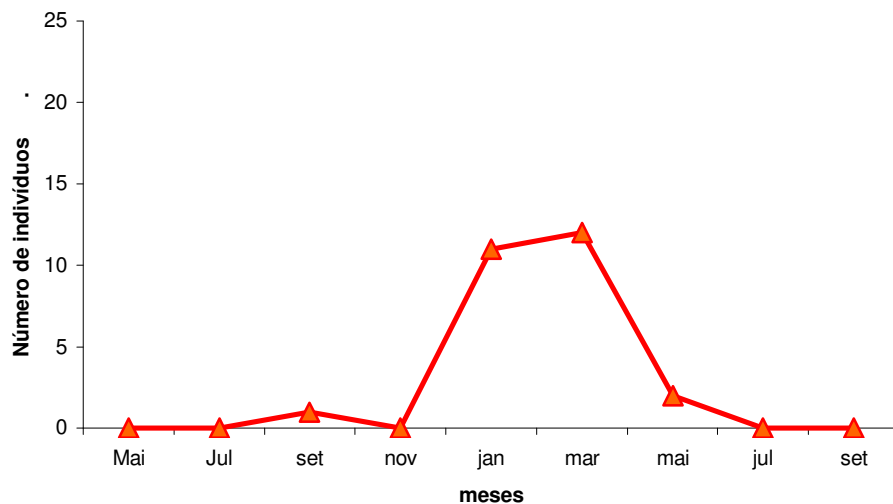


Figura 38: Abundância de gastrópodes carnívoros (*Trachypolia nodulosa*, *Stramonita haemastoma* e *Leucozonia nassa*) nos transectos de sucessão.

Vários dos gastrópodes carnívoros apresentaram pico reprodutivo por volta do mês de julho, caracterizado pela grande quantidade de desovas encontradas (observação pessoal), sucedido de abundância de jovens nos meses subseqüentes.

√ *Sucessão de invertebrados*

Petaloconchus sp tem quase completo domínio da região inferior da faixa do médiolitoral, chegando a ocupar quase 50% da faixa de médiolitoral como um todo. Aparentemente não apresenta flutuações sazonais na cobertura, entretanto, ao longo do tempo, comparando os meses onde há baixa cobertura por algas (julho e setembro) dos dois anos de estudo, podemos notar que em Q7 e Q8 houve redução significativa da cobertura por essa espécie, representada por várias aberturas no recife formado por essa espécie. Dentro desses espaços foram encontradas grandes densidades de gastrópodes carnívoros, e observações subaquáticas, mostraram que pelo menos *Trachypolia nodulosa* se utiliza desta espécie como recurso alimentar.

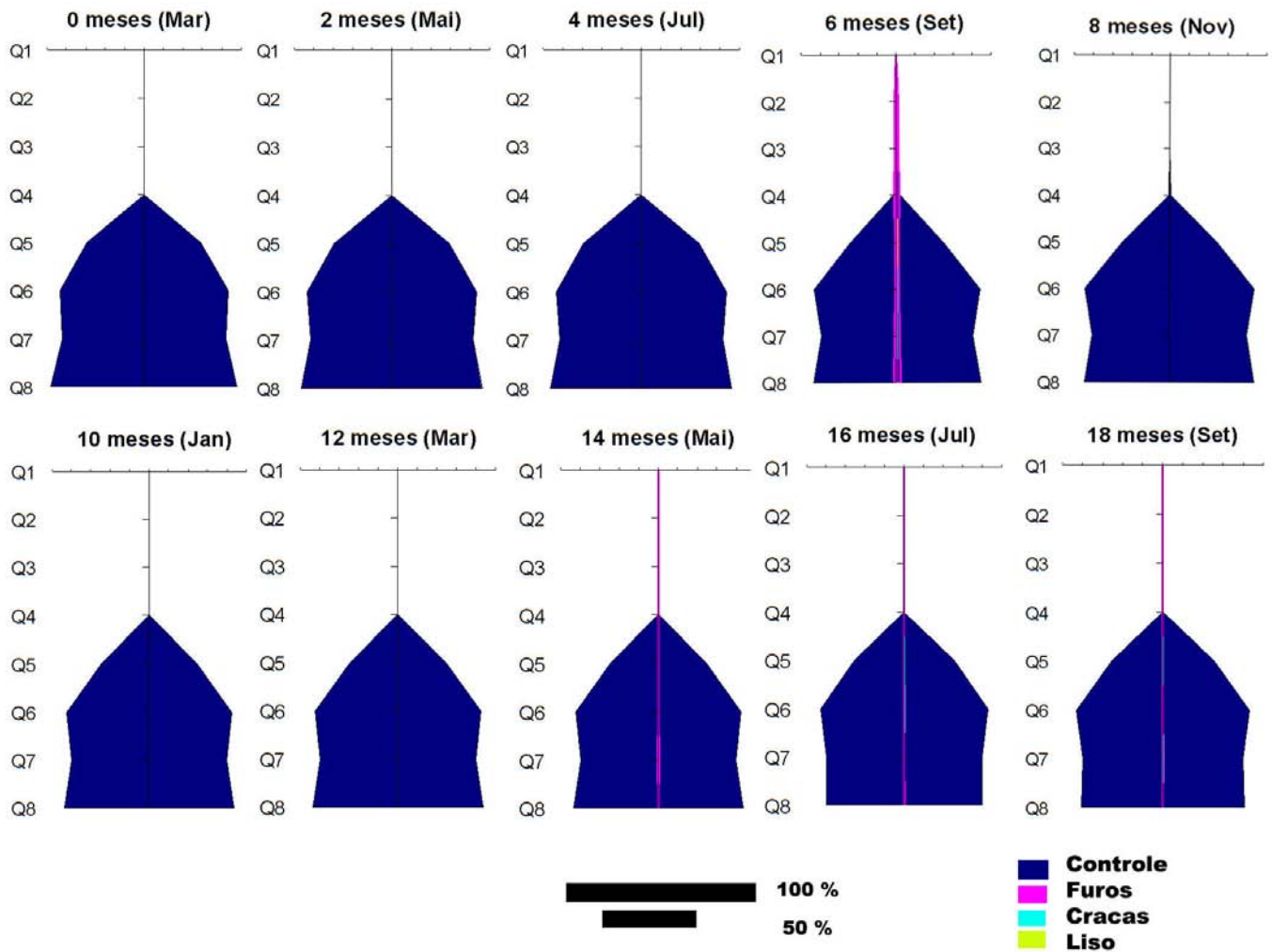


Figura 39: Variações na Porcentagem de cobertura média de *Petaloconchus sp.* nos tratamentos e no controle, ao longo do tempo. Quadrados (Q) de 100cm².

Sendo Q1-limite superior do médiolitoral e Q8- limite inferior, próximo à linha d'água.

A baixa colonização de *Petalochonchus sp* nos tratamentos, ao longo dos 18 meses de estudo, diz respeito não só ao baixo recrutamento discutido no capítulo II, como também à sobrevivência dos indivíduos que colonizaram as áreas lisas dos transectos. Independente da época ou do tratamento, os recrutas não sobreviveram por mais de 2 meses. Portanto, *Petalochonchus sp.* não conseguiu manter uma população nos primeiros estágios sucessionais de colonização do substrato, como pode ser visto na figura 39, pela ausência de porcentagem de cobertura significativa nos tratamentos.

Isognomon bicolor apresentou rápida colonização do transecto com elementos topográficos de baixo relevo, estando presente desde o primeiro mês de estudo. Não houve variação significativa na porcentagem de cobertura desta espécie neste tratamento a partir de 2 meses de sucessão (figura 40), condizente com uma dinâmica de ocupação e liberação de novos furos. A expansão da cobertura desta espécie fica limitada às regiões de furos, que correspondem a uma baixa proporção do substrato. Nos últimos meses de estudo, já foi possível encontrar alguns poucos indivíduos colonizando áreas fora dos furos, representadas por eventuais carapaças vazias que surgiram e espaços entre carapaças de *Tetraclita stalactifera*. Excetuando-se uma pequena porcentagem de cobertura que surge pela ocupação de carapaças vazias que surgiram nos transectos de alto relevo, como pode ser verificada na figura 40, toda a cobertura de *Isognomon bicolor* nos transectos de sucessão corresponderam aos transectos com furos.

O aumento do número de *Isognomon bicolor* observado na figura 35 se caracteriza por uma maior agregação de *Isognomon* nos furos, estando presente em alguns casos até 5 indivíduos em um mesmo elemento de baixo relevo, o que não representaria um acréscimo considerável na porcentagem de cobertura, apesar do aumento da população.

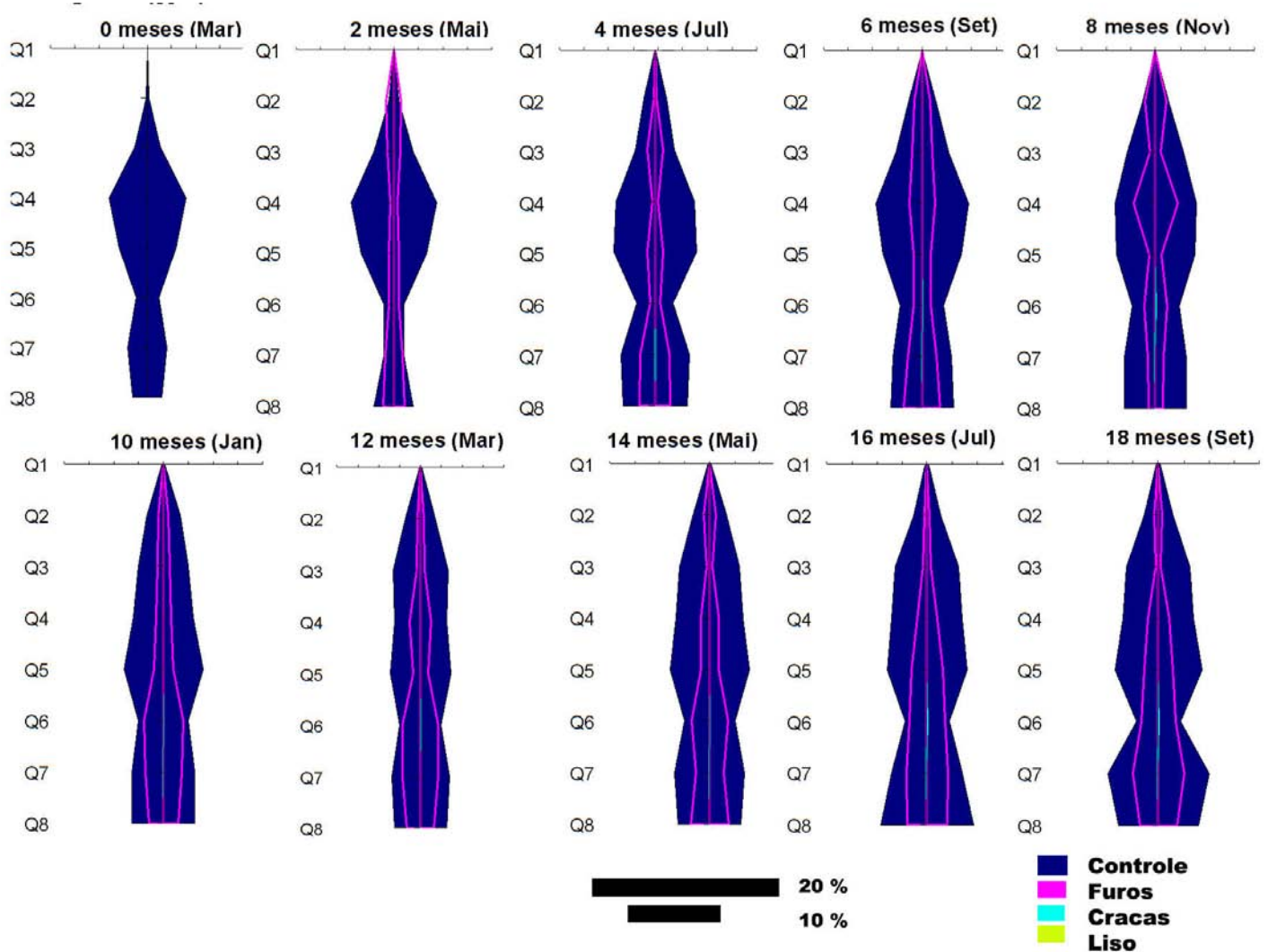


Figura 40: Variações na Porcentagem de cobertura média de *Isognomon bicolor* nos tratamentos e no controle, ao longo do tempo. Quadrados (Q) de 100cm². Sendo Q1-limite superior do médiolitoral e Q8- limite inferior, próximo à linha d'água.

Isognomon bicolor apresenta baixa porcentagem de cobertura por faixa, porém são capazes de ocupar quase toda a faixa de médiolitoral. Seu limite superior corresponde ao limite de ocorrência de *Tetraclita stalactifera*, visto que estes ocorreram associados a estas ou nos espaços entre *Petaloconchus sp.* nas faixas inferiores.

Houve uma tendência ao aumento da porcentagem de *Isognomon bicolor* em meio ao recife de *petaloconchus* entre os dois anos estudados, correspondendo a um incremento de cerca de 15% da área ocupada no inverno de 2003 para o de

2004 (época de melhor visualização), contudo, devido à grande variação entre as réplicas não houve diferença significativa, mesmo a tendência sendo acompanhada nas três réplicas.

Pequenas oscilações no recobrimento de *Isognomon bicolor* nas zonas de *Tetraclita* (nos controles) acompanhavam a dinâmica das populações de *Tetraclita stalactifera*. A expansão da cobertura por *Isognomon bicolor* foi seguida da morte de grandes *Tetraclita*, e sua constrição correspondeu ao desprendimento dessas carapaças. A saída dos blocos de *Tetraclita stalactifera* afetava não só a cobertura diretamente representada pelos indivíduos que estavam dentro das carapaças vazias, mas reduzia a distribuição dos *Isognomon bicolor* que passavam a estar numa região sem rugosidade, e conseqüentemente não conseguiam se manter.

A pesar da aparente estabilidade na cobertura de *Tetraclita stalactifera* nos controles, o observado foi um mosaico dinâmico de mortes, desprendimento e novos recrutamentos. Os meses de verão foram os meses de maior mortalidade, abertura de espaço e recrutamento (dados não quantitativos).

Isso chegou a refletir na diminuição da porcentagem de cobertura observada na figura 41, em 10 meses de sucessão. Essa redução é rapidamente recuperada pelo crescimento dos recrutas que chegaram principalmente em novembro (assim como nos tratamentos, figura 34).

A análise da figura 41 indica uma crescente ocupação dos tratamentos por *Tetraclita stalactifera*, que chegou a ocupar uma proporção maior nos tratamentos nas faixas médio-inferiores do que a que ocupavam nos controles. O aumento da porcentagem de cobertura no tratamento com cracas artificiais foi clara. Em 10 meses, logo após o pico de recrutamento (vide capítulo II), a distribuição foi larga e homogênea em todas as faixas do médiolitoral, o que não ocorre no controle. O aumento da cobertura após 10 meses corresponde ao crescimento dos indivíduos mais do que o recrutamento de novos. E destaco a constrição da população nas faixas inferiores, representado por uma maior mortalidade dos recrutas em crescimento nas faixas inferiores em março e em maio de 2004, sendo este último, o período de maior constrição da população pela alta mortalidade, até em faixas mais superiores, principalmente no transecto em alto relevo.

No início da sucessão, a ocupação do substrato é mais rápida no transecto com estruturas em alto relevo, entretanto, ao longo do tempo essa diferença foi desaparecendo.

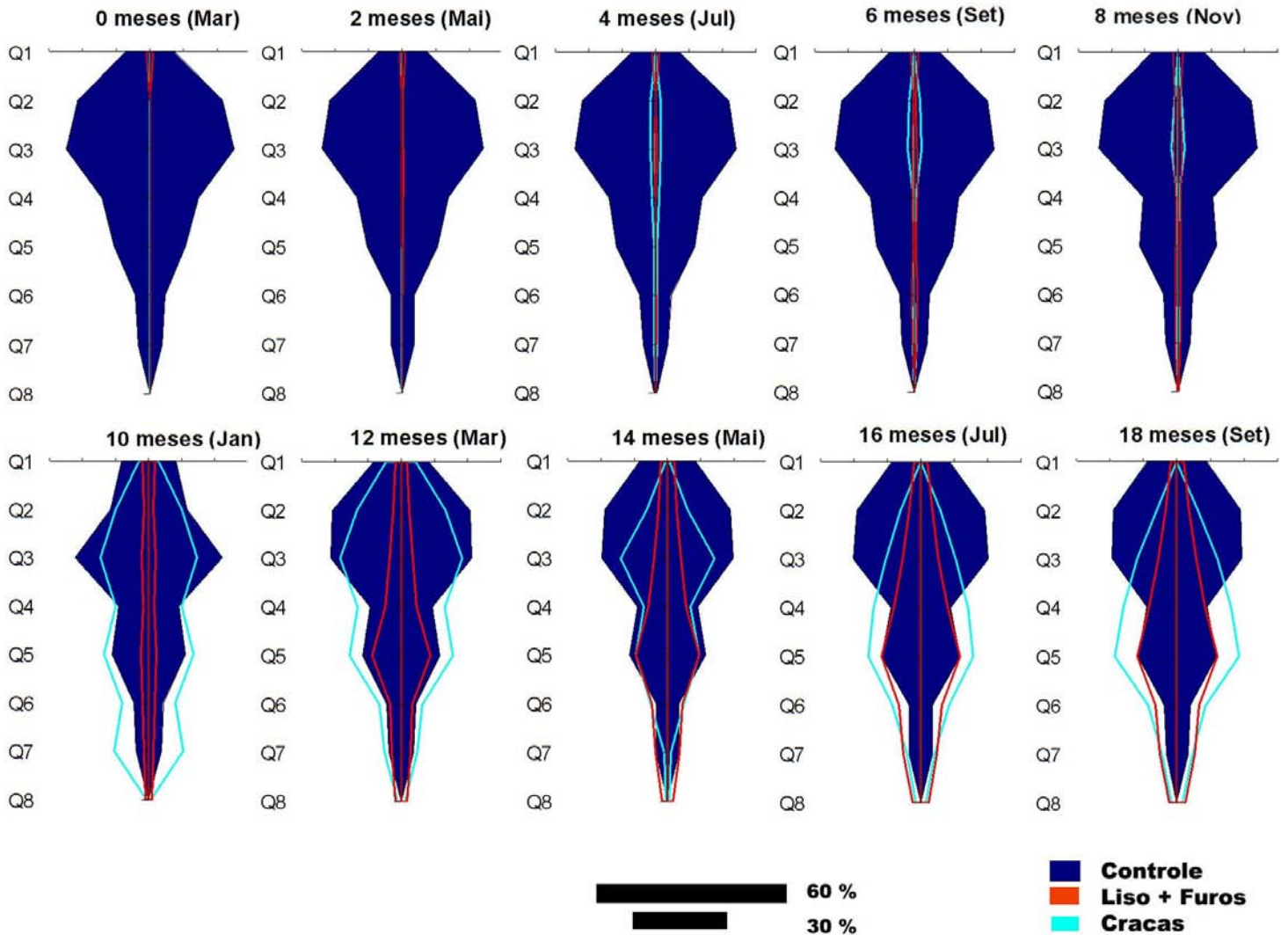


Figura 41: Variações na Porcentagem de cobertura média de *Tetraclita stalactifera* nos tratamentos e no controle, ao longo do tempo. Quadrados (Q) de 100cm². Sendo Q1-limite superior do médiolitoral e Q8- limite inferior, próximo à linha d'água.

O cirripédio *Chthamalus bisinuatus*, como mostrado na figura 42, apresentou forte sazonalidade tanto nos controles quanto nos tratamentos. Estando praticamente ausente nos meses de inverno, enquanto nos meses de verão chegou a ocupar uma grande proporção do substrato.

Como observado no capítulo II não foi observada diferença entre o recrutamento desta espécie nos tratamentos, portanto, fizemos uma análise dos tratamentos em conjunto (figura 42). Comparações entre a distribuição de *Chthamalus bisinuatus* nos tratamentos e controle, mostraram diferenças na faixa de distribuição desta espécie (figura 42, 10 meses) na época de maior recrutamento. Além de uma cobertura superior a distribuição natural desta espécie nos controles. No entanto, nos meses subseqüentes, essa distribuição foi limitada à faixa superior, onde são normalmente encontradas no controle.

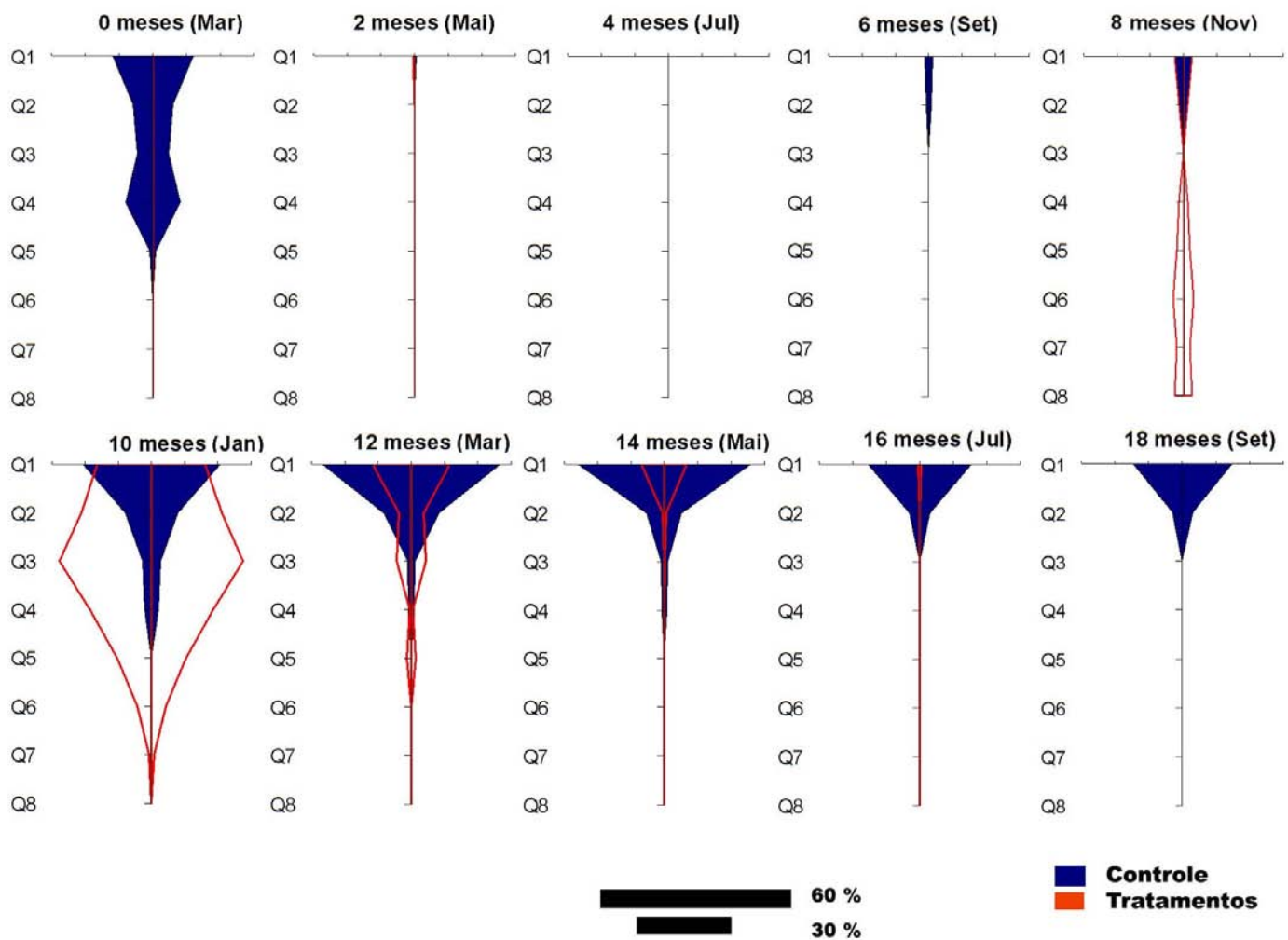


Figura 42: Variações na Porcentagem de cobertura média de *Chthamalus bisinuatus* nos tratamentos e no controle, ao longo do tempo. Quadrados (Q) de 100cm². Sendo Q1-limite superior do médiolitoral e Q8- limite inferior, próximo à linha d'água.

Nos meses de inverno de 2003, houve completa eliminação das populações de *Chthamalus bisinuatus* no controle, que só se recuperou no verão. Outra observação que chamou a atenção, foi a exclusão dessa espécie no inverno de 2004 nos tratamentos, o que não foi acompanhado pelas coberturas da mesma nos controles, que apesar de terem suas populações muito reduzidas se mantiveram.

Para *Brachidontes solisianus* foram observadas variações sazonais nas populações, tanto nos tratamentos como nos controles. No período de inverno ocorre uma redução na porcentagem de cobertura por esta espécie, principalmente nas faixas mais superiores (Q1, Q2 e Q3), como pode ser observado na distribuição desta espécie no controle (figura 43). Já no início do verão começou a recrutamento de novos indivíduos, que conseguiram colonizar com sucesso apenas o tratamento com elementos topográficos em baixo relevo. Começou a partir daí, o estabelecimento de uma pequena população desta espécie no transecto com furos, que ao contrário da distribuição desta espécie no controle, ocupou faixas mais inferiores do médiolitoral. Todavia, no inverno seguinte ocorreu um constrição da população que passa a ocupar uma distribuição mais semelhante a distribuição apresentada no controle (figura 43). Pode ser observada novamente uma pequena tendência à redução das populações do controle em setembro do segundo ano de estudo.

Assim como *Isognomon bicolor*, *Brachidontes solisianus* apresentou baixa porcentagem de cobertura. Essa espécie tem sua distribuição limitada região à superior do médiolitoral (Q1 a Q3), correspondendo à faixa de ocorrência dos cirripédios. O recrutamento nos controles aparentemente foi baixa no verão estudado, o que implicou numa redução na cobertura desta espécie comparado ao início do estudo.

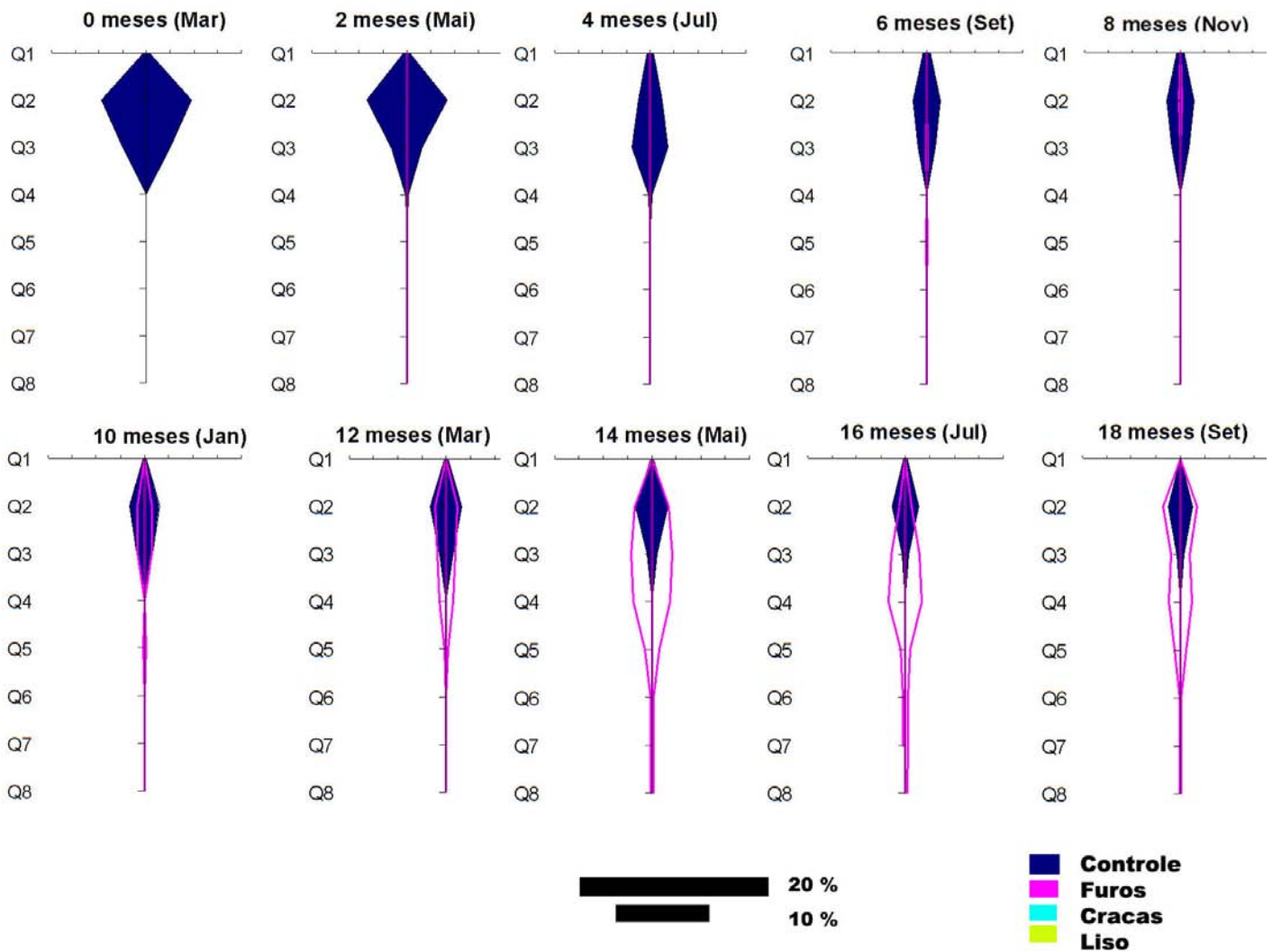


Figura 43: Variações na Porcentagem de cobertura média de *Brachidontes solisianus* nos tratamentos e no controle, ao longo do tempo. Quadrados (Q) de 100cm². Sendo Q1-limite superior do médiolitoral e Q8- limite inferior, próximo à linha d'água.

√ *Sucessão em algas*

A distribuição na faixa do médiolitoral e as substituições das algas ao longo do tempo, tanto para os transectos de tratamentos, onde vemos a sucessão primária, quanto para os controles é mostrado na figura 44. Destaca-se a presença de *Enteromorpha* nos transectos de sucessão primária logo no primeiro mês e a existência de muitas microalgas e algas crostosas. Já o controle

apresenta aproximadamente 50% do médiolitoral coberto por um tufo multiespecífico dominado por *Centroceras clavulatum* e *Laurencia sp.* (figura 44).

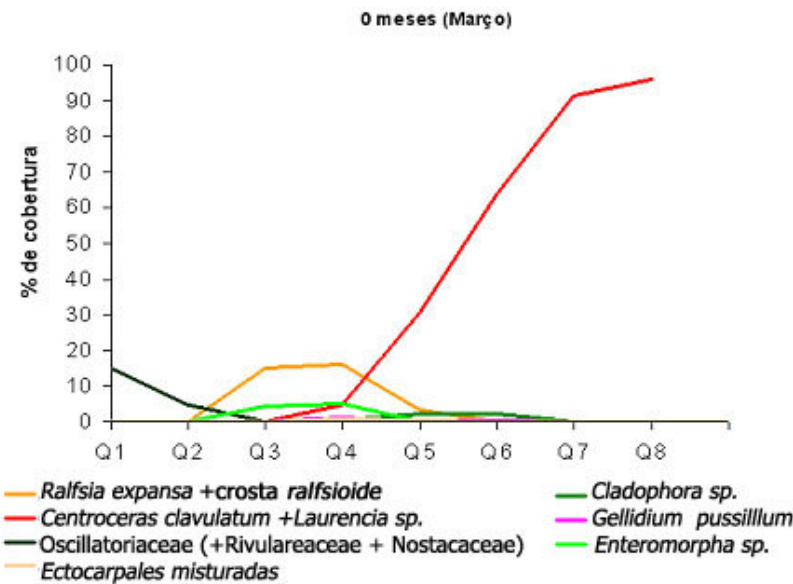
A região superior dos transectos passa maior parte do ano coberta por *Ralfsia expansa* (ou “crosta ralfsióide”), ou microalgas. As cianofíceas chegam a formar pequenos tufos macroscópicos que em alguns meses, como por exemplo, em 18 meses, tanto no controle quanto nos tratamentos, quando podem chegar a até 30 % de cobertura de uma faixa (Oscillatoriaceae, principalmente).

A comunidade parece ter uma sucessão muito lenta, pois ao longo dos 18 meses, poucas foram as algas de porte não rasteiro ou que não fossem oportunistas, que conseguiram colonizar. *Centroceras clavulatum* e *Laurencia sp.* que estão presentes no entorno em grandes densidades, somente em 12 e 14 meses que conseguiram colonizar os transectos de sucessão, e mesmo assim em com baixa cobertura e próximo ao limite inferior do médiolitoral, desaparecendo nos meses seguintes. Nos meses de inverno era observada com freqüência, principalmente nos tratamentos, uma camada superficial de diatomáceas coloniais que cresciam sobre *Enteromorpha* ou em alguns casos sobre Oscillatoriaceae, associadas ou não a mucilagem de cianofíceas (figura 44, ex. 4 e 6 meses). Essas colônias davam um aspecto amarelo esbranquiçado as algas abaixo das mesmas.

Uma aparente sucessão ocorreu começando pela colonização da rocha nua por *Enteromorpha* e “crosta ralfsióide” seguidas por cianofíceas filamentosas, diatomáceas coloniais, *Ralfsia expansa* e algumas poucas rodofíceas e feofíceas não crostosas, mas essas últimas não se mantêm. A partir do segundo mês, as regiões com substrato primário nu tornam-se raras. No verão existe um pico de algas oportunistas, principalmente de Ectocarpales como a *Hinckesia breviarticulata*, que recobre quase todo o substrato a partir da faixa média do médiolitoral. O crescimento desta feofícea leva ao declínio de *Ralfsia expansa* e “crosta ralfsióide”. No final do verão com a redução da cobertura por *Hinckesia*, há o crescimento de *Centroceras clavulatum* e *Laurencia sp.*. Mas em seguida, com a chegada do inverno, a aparente sucessão das algas que vinha aumentando a complexidade do hábitat, parece retornar à estágios primários, onde as macroalgas dão lugar às cianofíceas e diatomáceas, reduzindo, inclusive, a

distribuição de *Ralfsia*, que é a alga mais dominante ao longo de toda essa sucessão primária.

Controle



Sucessão primária

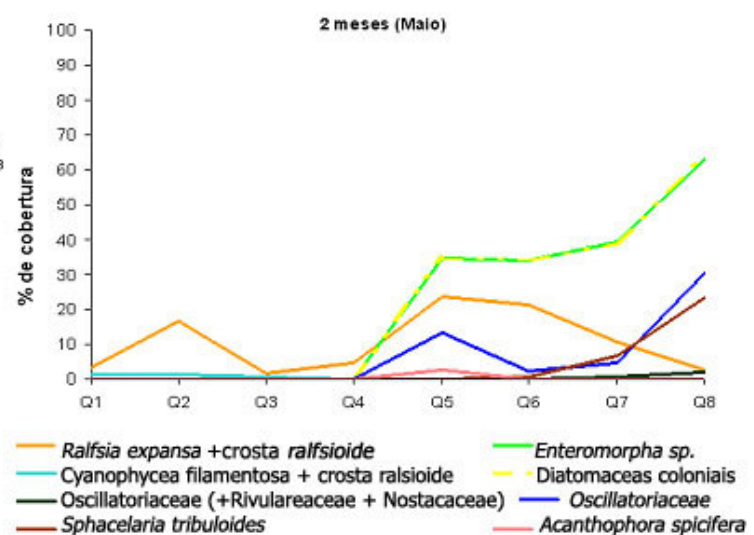
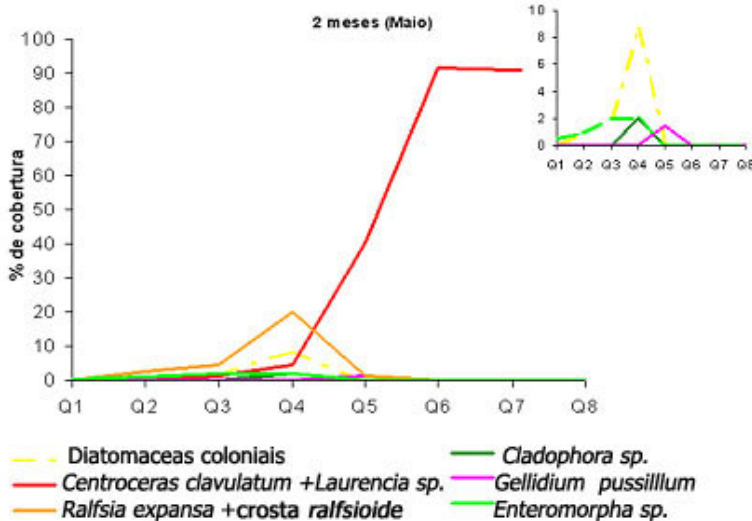
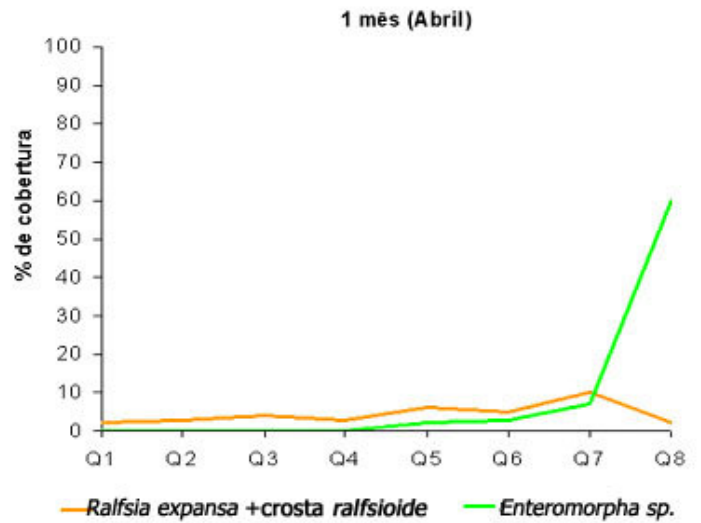
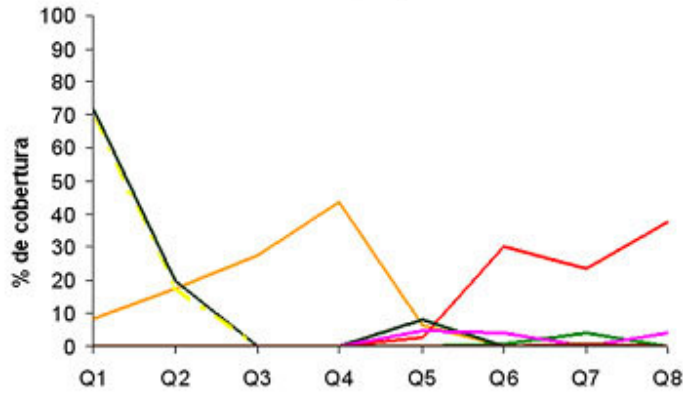


Figura 44: Variações na Porcentagem de cobertura média das algas nos tratamentos e no controle, ao longo do tempo. Quadrados (Q) de 100cm². Sendo Q1- limite superior do médiolitoral e Q8- limite inferior, próximo à linha d'água. Gráficos menores correspondem a ampliações do gráfico grande abaixo dele, para visualizar a distribuição de espécies de baixa cobertura

Controle

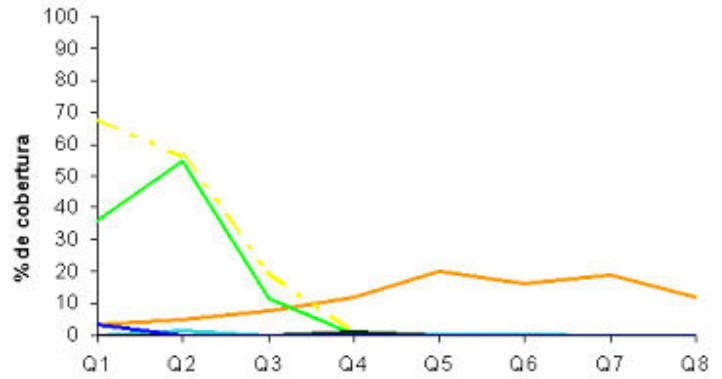
Sucessão primária

4 meses (Julho)



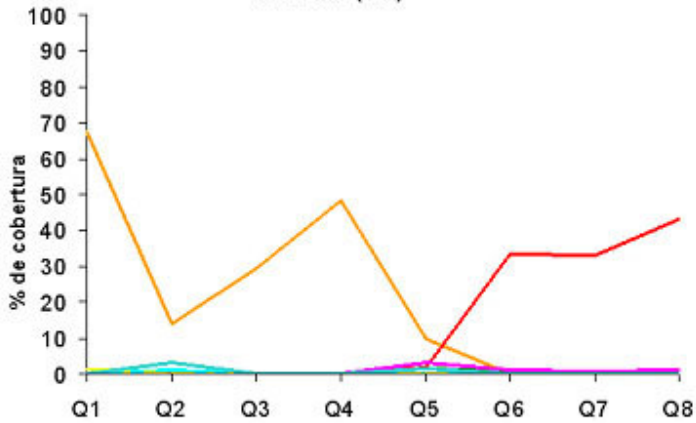
- *Ralfsia expansa* + crosta ralfsioide
- *Centroceras clavulatum* + *Laurencia sp.*
- *Cladophora sp.*
- Oscillatoriaceae (Rivulariaceae + Nostocaceae)
- *Gelidium pusillum*
- *Sphacelaria tribuloides*
- Diatomaceas coloniais

4 meses (Julho)



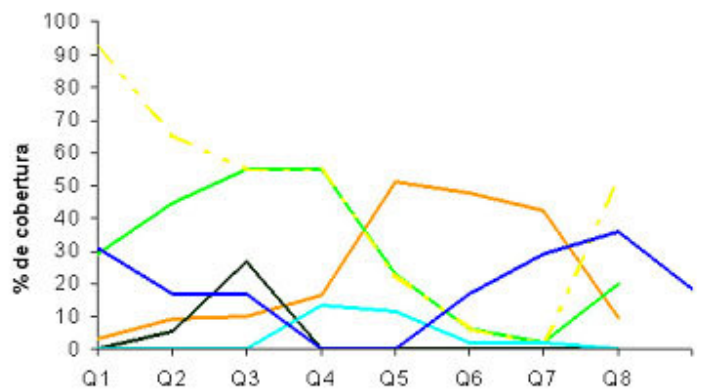
- *Ralfsia expansa* + crosta ralfsioide
- Cyanophyceae filamentosa + crosta ralfsioide
- Oscillatoriaceae (Rivulariaceae + Nostocaceae)
- Diatomaceas coloniais
- *Enteromorpha sp.*
- Oscillatoriaceae

6 meses (Set)



- *Ralfsia expansa* + crosta ralfsioide
- *Centroceras clavulatum* + *Laurencia sp.*
- Chroococaceae (Oscillatoriaceae + Nostocaceae)
- *Cladophora sp.*
- Cyanophyceae filamentosa + crosta ralfsioide
- Diatomaceas coloniais
- *Gelidium pusillum*

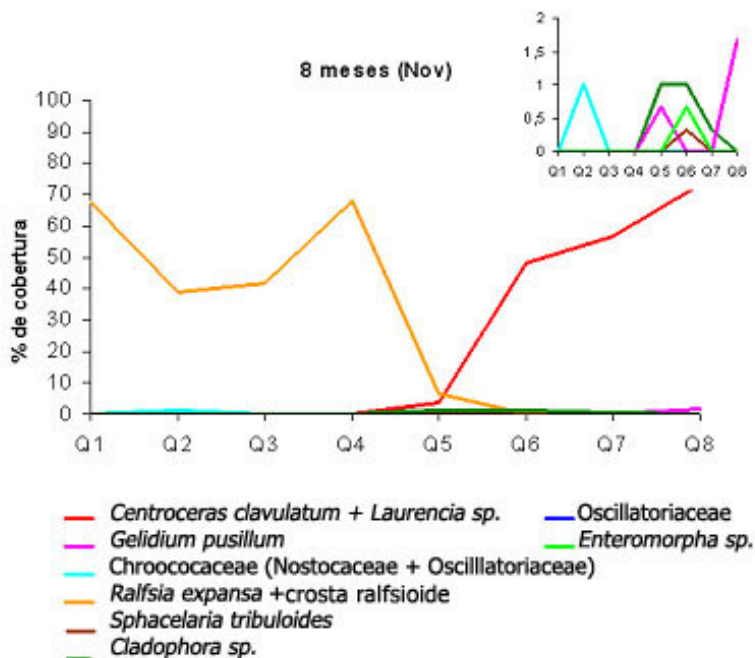
6 meses (Set)



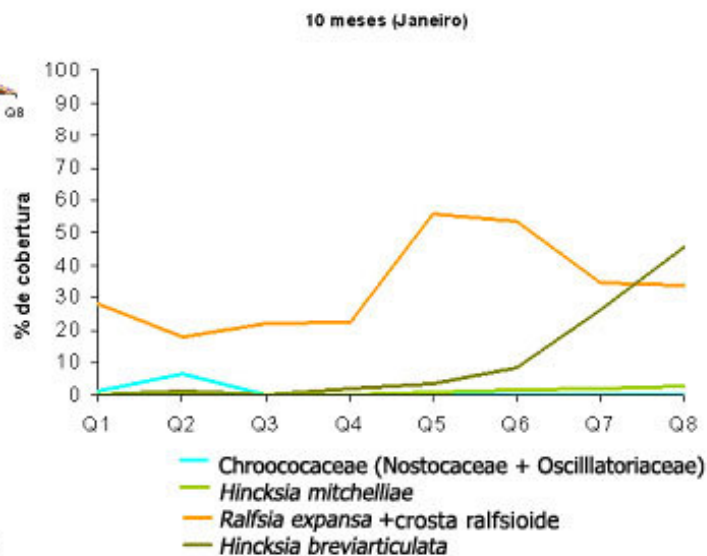
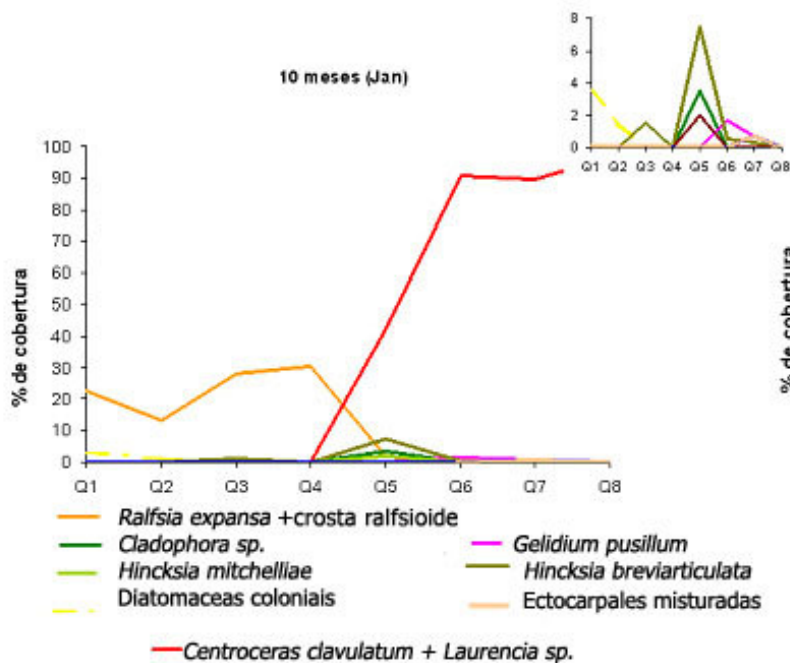
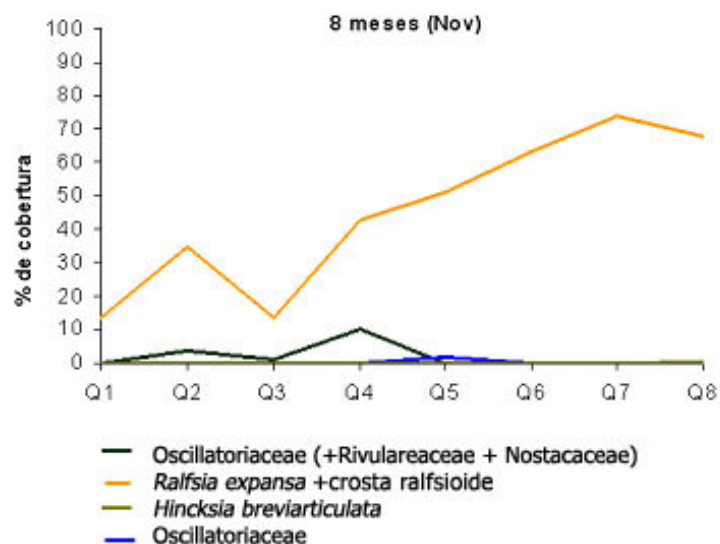
- *Ralfsia expansa* + crosta ralfsioide
- Chroococaceae (Oscillatoriaceae + Nostocaceae)
- Oscillatoriaceae (Rivulariaceae + Nostocaceae)
- Diatomaceas coloniais
- *Enteromorpha sp.*
- Oscillatoriaceae

(CONTINUA)

Controle



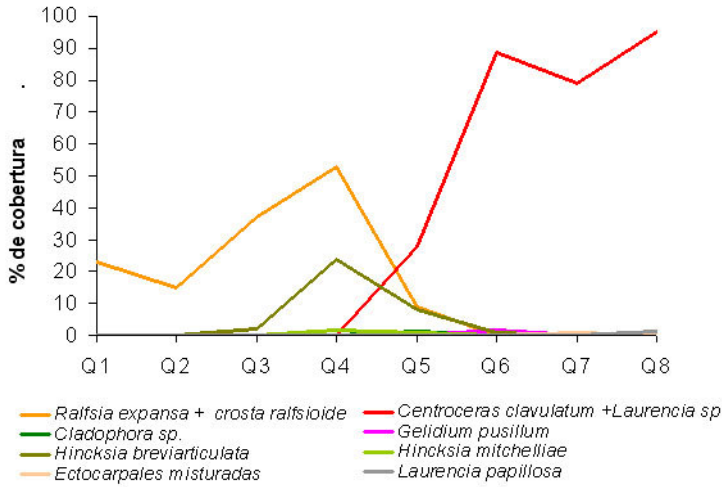
Sucessão primária



(CONTINUA)

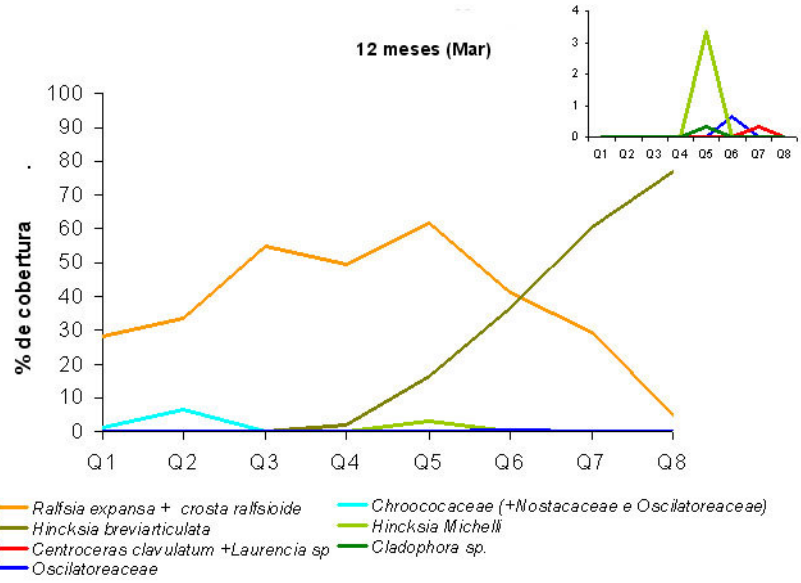
Controle

12 meses (Mar)

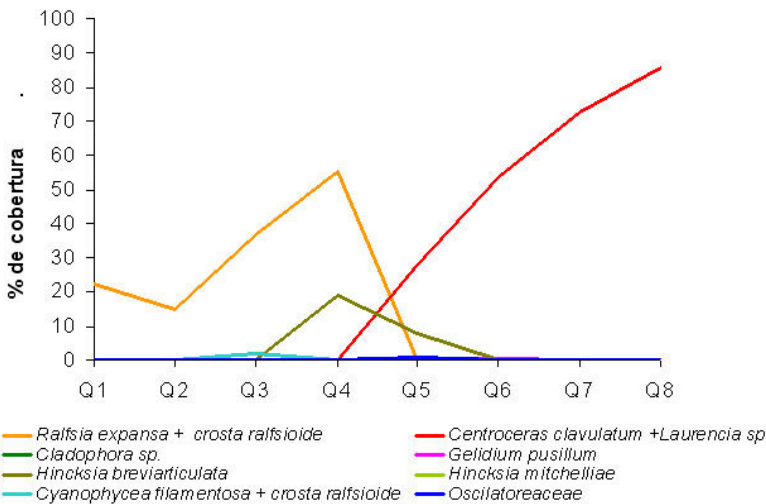


Sucessão primária

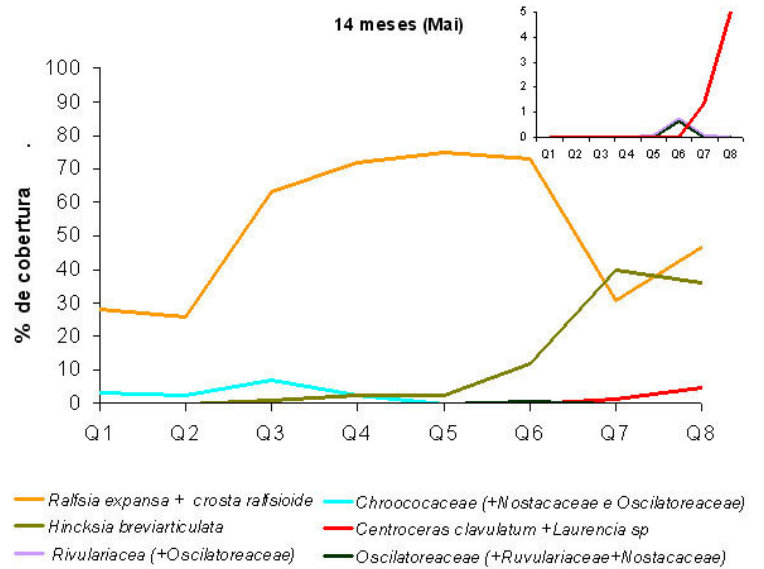
12 meses (Mar)



14 meses (Mai)



14 meses (Mai)

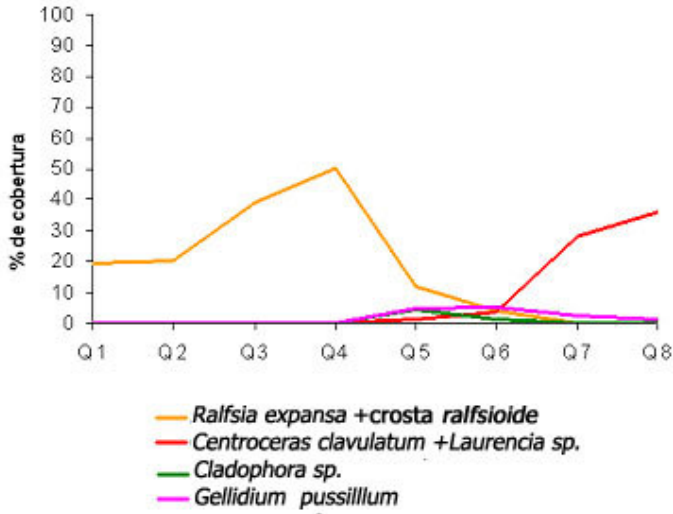


(CONTINUA)

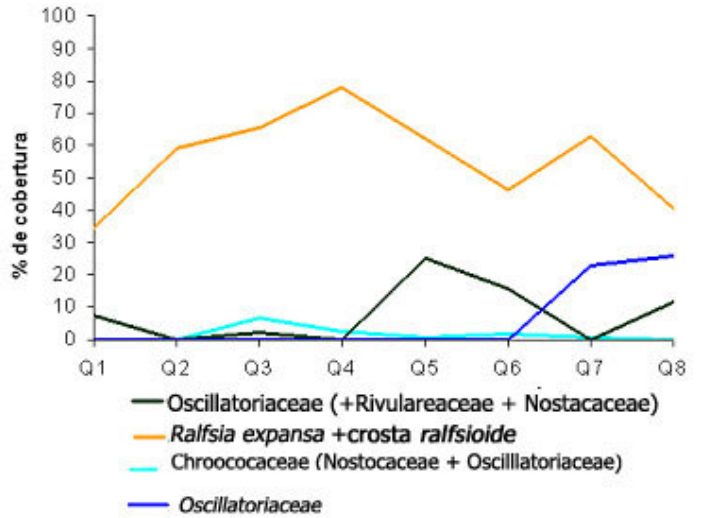
Sucessão primária

Controle

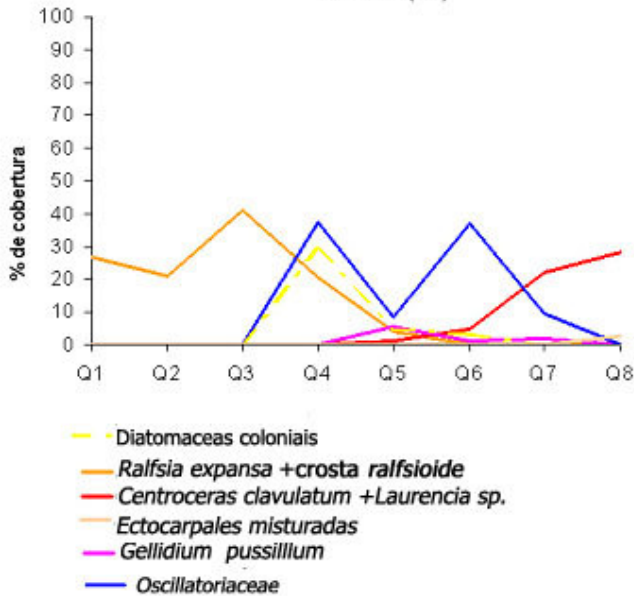
16 meses (Jul)



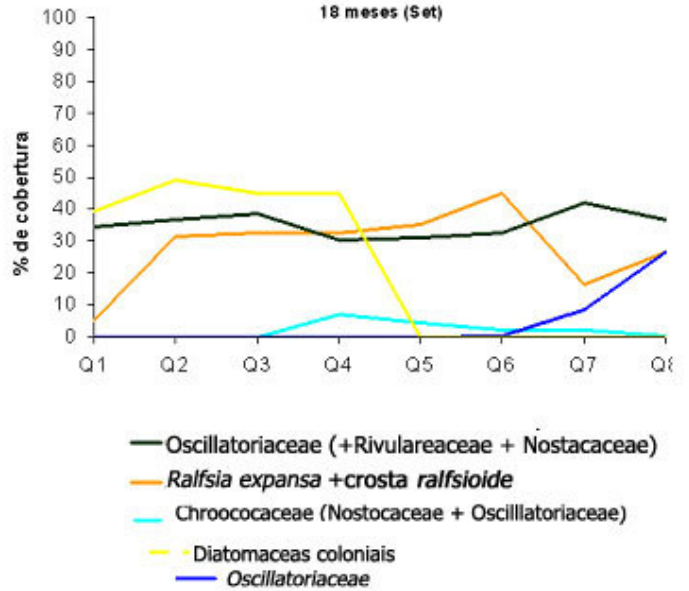
16 meses (Jul)



18 meses (Set)



18 meses (Set)



Ao longo do tempo, ocorrem variações não só na composição das espécies mas no desenvolvimento das mesmas. Na sucessão, *Enteromorpha*, que é a primeira a se destacar, já no terceiro mês encontra-se totalmente coberta por cianofíceas que geram uma bainha de mucilagem onde crescem colônias de diatomáceas. *Enteromorpha*, apesar de ainda presente, apresenta-se sem pigmentação. Neste mês surgem frondes bem desenvolvidas de *Acanthophora spicifera*, mas este mês parece ser atípico, com marés mais altas e menor tempo de exposição ao ar, pois foi observada a presença de anêmonas acima da região média do mediolitoral.

Nos controles, *Centroceras clavulatum* e *Laurencia sp.* apresentam seu auge do desenvolvimento (frondes mais altas) nos meses de janeiro a março. Nos meses de julho a setembro estas praticamente desaparecem, as poucas presentes estavam com a fronde pouco desenvolvida. Entretanto, foram nesses meses que as cianofíceas se apresentam mais desenvolvidas, formando tufo macroscópicos, principalmente na região inferior dos transectos de sucessão.

√ Caracterização da comunidade

A comunidade de médio litoral apresenta duas fisionomias bem distintas de acordo com a estação do ano. No verão nota-se grande abundância de macroalgas, tendo a região médio-inferior dominada por *Centroceras clavulatum* e *Laurencia sp.*, com já citado, é a época de várias espécies oportunistas como as Ectocarpales e *Enteromorpha*. A região superior é ocupada principalmente por *Ralfsia expansa*, e poucas são as cianofíceas presentes (figura 45). Já no inverno, as algas da zona médio-inferior reduzem a menos da metade e com fronde pouco desenvolvida. As algas oportunistas desaparecem por completo, e muitas cianofíceas diferentes ganham espaço nessa comunidade, ocupando boa parte das zonas superiores (figura 46).

A sazonalidade não se limita só às algas, seu efeito também pode ser visualizado para invertebrados. *Chthamalus bisinuatus* apresenta claro padrão sazonal, estando presente em altas densidades no verão e praticamente ausente no inverno (figuras 45 e 46).

RESULTADOS-CAPÍTULO III

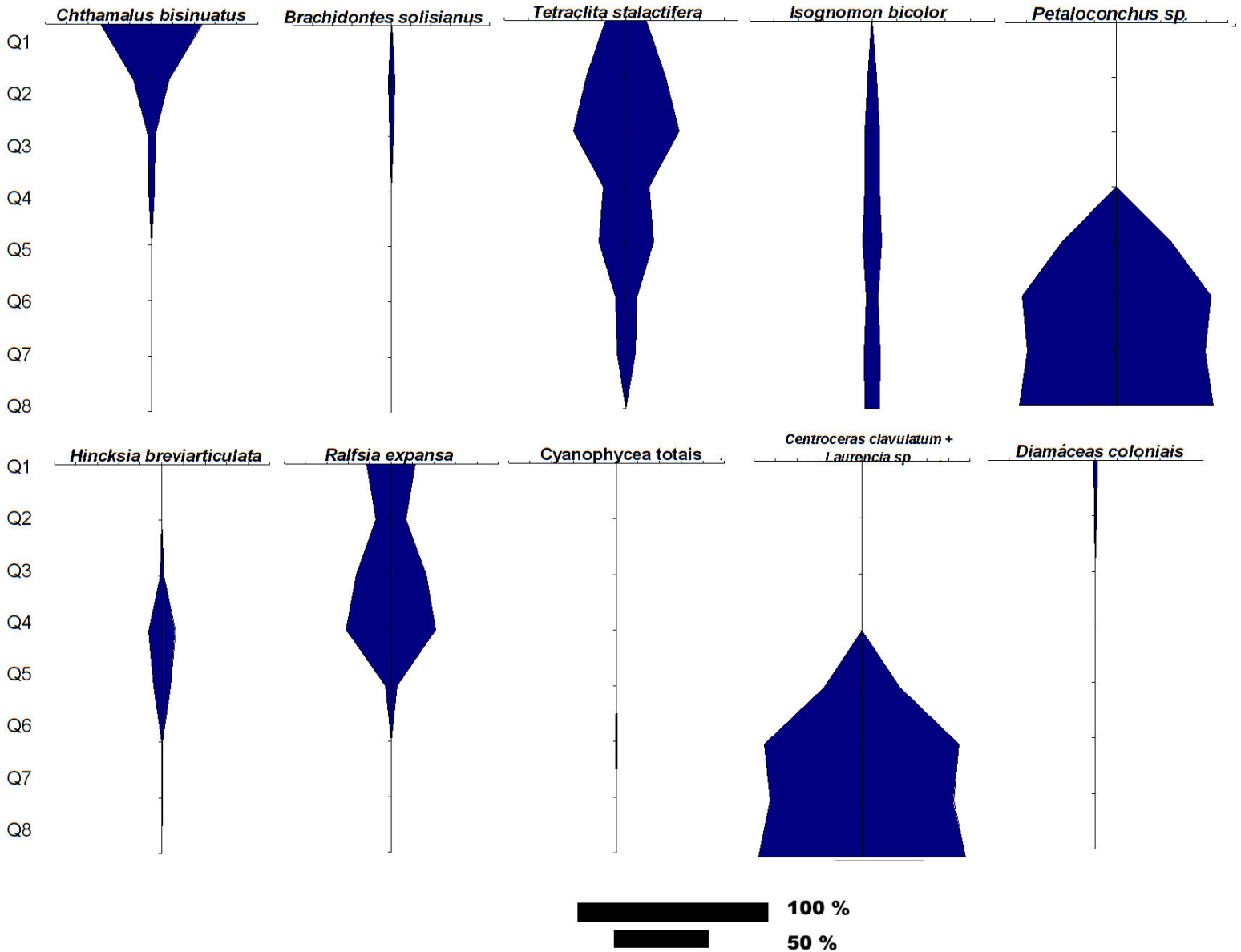


Figura 45: Padrão de distribuição das espécies bentônicas do médiolitoral no VERÃO. Q1- superior e Q8- quadrado inferior, próximo a linha d'água. *Ralfsia expansa* = *Ralfsia expansa* + crosta ralfsióide.

RESULTADOS-CAPÍTULO III

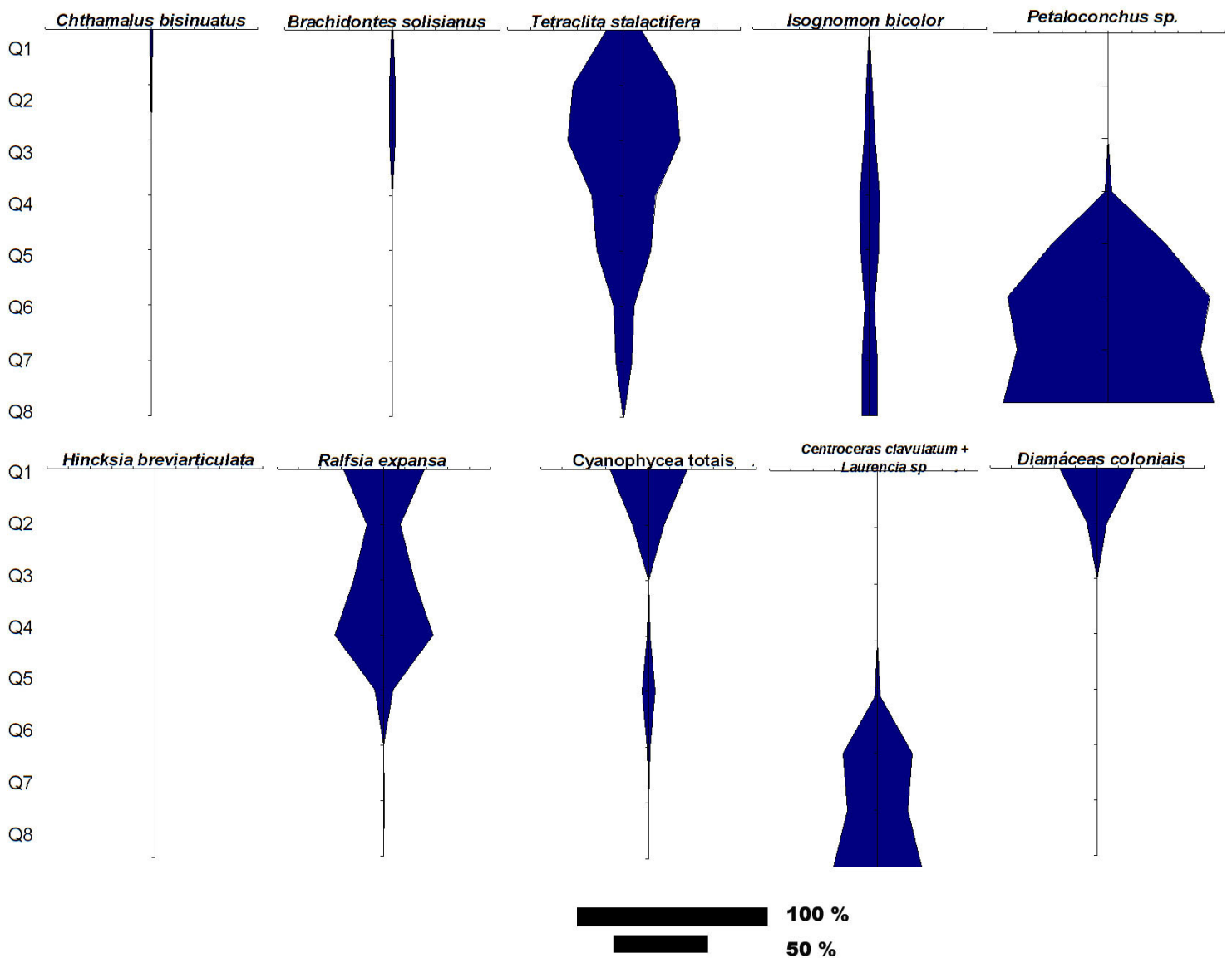


Figura 46: Padrão de distribuição das espécies bentônicas do médiolitoral no INVERNO. Q1- superior e Q8- quadrado inferior, próximo a linha d'água. *Ralfsia expansa* = *Ralfsia expansa* + crosta ralfsióide.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Discussão:

Tetraclita stalactifera mostrou ser uma espécie pioneira, colonizando o substrato desde os primeiros meses de sucessão. Sua população se encontrou em fase de crescimento ao longo do período estudado, tendo seu crescimento determinado principalmente pelo recrutamento. Esta variação no tamanho populacional é reflexo da ausência de regulação denso-dependente (Caley *et al.* 1996), esperada nos primeiros estágios sucessionais, dada a disponibilidade de substrato.

A presença de cracas artificiais acelera o processo de colonização do substrato por *Tetraclita stalactifera*, uma vez que houve um maior recrutamento neste tratamento. Apesar da tendência a um maior crescimento populacional nos transectos com estruturas em alto relevo, a maior mortalidade, neste tratamento, levou a tamanhos populacionais semelhantes entre os tratamentos. A diferença na mortalidade entre os tratamentos deve estar relacionada justamente ao maior recrutamento, pois como foi visto, existem dois picos de mortalidade que seguem os picos de recrutamento (com uma fase lag). Esses dados corroboram como os trabalhos já descritos na literatura (Gosselin & Qian, 1996; Barnes, 1999), quanto a maior vulnerabilidade das primeiras fases de vida bentônica a fatores como dessecação, predação e estresse térmico.

Uma outra explicação para o pico de mortalidade do final do verão, não excluindo a anterior, seria o aumento de gastropodos predadores nos transectos de sucessão, que podem estar relacionados não só a época reprodutiva desses gastropodos (aumento em número), mas ao menor número de marés baixas diurnas (figura 47) e a própria cobertura de algas, permitindo uma maior atividade desses gastropodos que ficam menos sujeitos a dessecação.

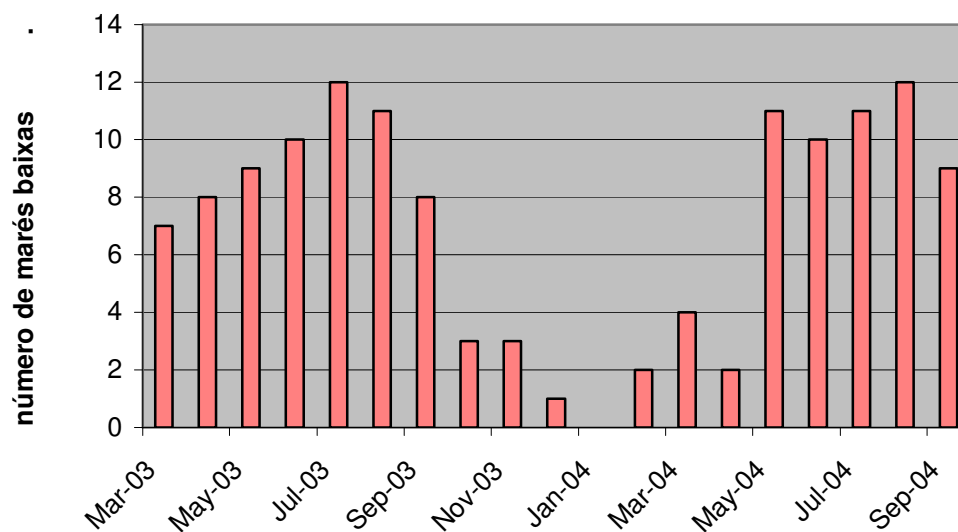


Figura 47: Variação do número de marés baixas diurnas próximas do pico de irradiância, ao longo do tempo de estudo. Foram consideradas as maré baixas (entre -0.2 e 0.3) do período de 10:00 a 14:00 horas (período de maior irradiância). [Fonte: DHN]

Apesar da presença das algas reduzir o estresse hídrico vivenciado pelos organismos sésseis na maré baixa, e o verão corresponder a época de menor exposição ao ar no horário de maior insolação, eventuais picos térmicos diários, podem ser suficiente para levar os organismos a morte.

Isognomon bicolor também apresentou aumento da população ao longo do tempo, característica dos estágios iniciais de sucessão, sem saturação do espaço disponível ao recrutamento (presença de furos desocupados). Ao contrário de *Tetraclita stalactifera*, seu crescimento foi contínuo ao longo do tempo, em função da constante taxa de recrutamento e pequena variação da mortalidade, logo, indivíduos vão se somando ao longo do tempo.

A estratégia reprodutiva desta espécie aliada a baixa mortalidade (relativo ao montante recrutado) devem ter sido características importantes no estabelecimento e expansão desta espécie introduzida.

O rápido crescimento populacional observado em 14 meses, trata-se de um artefato gerado pela subestimação do número de indivíduos nos meses de verão, em razão da cobertura de *Hincksia breviarticulata*.

Brachidontes solisianus, ao contrário das duas espécies discutidas até agora, foi a única que apresentou indícios de declínio populacional pelo aumento da mortalidade e baixo recrutamento nos últimos meses de estudo. O recrutamento desta espécie apresenta um claro pico anual (capítulo II). O aumento da mortalidade também poderia estar relacionado à maior vulnerabilidade dos jovens. No entanto, acredito que os principais fatores relacionados à alta mortalidade devem ser fatores denso dependentes, pois analisando a distribuição desta espécie pode-se notar uma subida da faixa de ocorrência no último mês, mês no qual a exposição ao ar é maior (figura 47). Logo, a mortalidade não estaria relacionada à maior severidade de fatores físicos como dessecação e altas temperaturas. O comportamento de agregação observado nesta espécie, onde chegavam a ocorrer até 11 jovens por furo, suportam a idéia de fatores como competição intraespecífica regulando o tamanho populacional desta espécie. Outro fator que não pode ser descartado é a possível competição com *Isognomon bicolor*, visto a co-ocorrência dessas espécies em mesmos furos e a sobreposição da distribuição.

O baixo recrutamento e estabelecimento de *Petalconchus sp.* nos transectos ao longo da sucessão, contrasta com a grande distribuição desta espécie na faixa de estudo. O baixo recrutamento e sobrevivência dos jovens podem estar relacionados não só a baixa disponibilidade de larvas na coluna d'água (o que não pôde ser avaliado neste estudo), mas a uma forte pressão de predação, que condiz com o aumento de gastropodos carnívoros observado em campo (observação pessoal). O aumento da predação sobre *Petalconchus sp.* pode explicar a redução das porcentagens de cobertura por esta espécie ao longo do tempo de estudo.

Comparando o aumento populacional de *Isognomon bicolor* com a baixa variação da cobertura por esta espécie, constatamos que apesar de colonizarem os elementos de rugosidades gerados por nós, a capacidade de expandir sua distribuição é dependente da existência de novos elementos de rugosidade. *Isognomon bicolor* só passou a ser encontrado fora dos furos quando o substrato estava densamente colonizado por *Tetraclita stalactifera*, mostrando a dependência de *Isognomon bicolor* por esta espécie.

A própria dinâmica dessas duas populações no controle mostra o papel de *Tetraclita stalactifera* condicionando não só a colonização do substrato, mas a persistência dos indivíduos. Pois, a retirada das carapaças afeta os indivíduos presos a ela e os a sua volta, que são deixados em superfície desprotegida (lisa). Isso sugere que o principal fator que limita a existência dos bivalves estudados em regiões lisas (sem rugosidade), seja o impacto das ondas, assim como conhecido para outras espécies de bivalves (Menge & Sutherland, 1976; Carefoot, 1979; Suchanek, 1985).

Rocha (2002), Breves (2004) e Ferreira-Silva (2004), também sugerem essa aparente suscetibilidade desta espécie ao impacto das ondas. A aglomeração observada neste trabalho e descrita por Domaneschi & Martins (2002), pode ser vista como mais uma característica importante na capacidade invasiva da espécie, uma vez que esta estratégia poderia reduzir o impacto sobre o indivíduo, possibilitando a ocupação de áreas mais expostas (fora de depressões) (Little & Kitching, 1996). Carapaças de *Tetraclita stalactifera* e outras estruturas em baixo relevo podem ser o ponto de partida para essa expansão. Contudo, apenas um acompanhamento temporal maior desta comunidade poderá confirmar esta suposição.

A tendência a expansão da distribuição de *Isognomon bicolor* no controle, quando comparadas as faixas inferiores dos dois anos de estudo, parece estar relacionado a abertura de fendas no recife de *Petalocochus sp.*, responsável pela diminuição da porcentagem de cobertura desta última. A abertura dessas fendas poderia beneficiar a entrada de *Isognomon bicolor*, uma vez que estes tem rápida capacidade de ocupação de estruturas em baixo relevo, pelo constante provimento de recrutas ao longo dos meses (capítulo II). Breves (2004), sugeriu que a estrutura recifal de *Petalocochus sp.* funciona como uma armadilha para *Isognomon bicolor*, fornecendo áreas para sua fixação e recrutamento, mas em contrapartida limitando seu desenvolvimento pelo próprio crescimento do recife. Contudo, os resultados do presente trabalho, sugerem uma possível fase de retração de *Petalocochus sp.*, favorecendo o aumento de *Isognomon bicolor*.

O crescimento populacional de *Isognomon bicolor* não foi diretamente traduzido em aumento da porcentagem de cobertura, pois o aumento populacional correspondeu a uma maior agregação de indivíduos nos furos,

característica já descrita para esta espécie (Domaneschi & Martins, 2002). Isso só reforça a tendência observada, já que porcentagem de cobertura talvez não seja o método ideal para se determinar se está ou não ocorrendo expansão da população em meio ao recife de *Petalconchus sp.*

Com base nas observações já discutidas, proponho não só um mecanismo de facilitação para *Isognomon bicolor* por *Tetraclita stalactifera*, na colonização dos costões rochosos, também proposto por Rocha (2002); mas a possível utilização de diversos tipos de elementos topográficos de baixo relevo, por *Isognomon bicolor* em sua estratégia invasiva.

Quanto a sucessão ecológica nas diferentes rugosidades do substrato, é muito importante separarmos as variações sazonais, em função de eventos reprodutivos e restrições fisiológicas a estresses sazonais e mortalidade por oscilações climática, da sucessão ecológica propriamente dita (Scherr, 1945).

Segundo Shelford (1930 *apud* Hewatt, 1935), se o que estivermos observando se tratar realmente de uma sucessão ecológica, seremos capazes de responder à pelo menos duas questões: 1) Algum dos organismos anteriores é essencial para a colonização de outros mais tardios? 2) Organismos saem conforme o desenvolvimento da comunidade avança?

No presente estudo, a sucessão ecológica sofreu fortes influências das variações sazonais. Comparações da variação da cobertura das espécies com as oscilações ocorridas nos controles nos forneceu subsídios para tentar separar as variações sazonais, como por exemplo a colonização por *Chthamalus bisinuatus*. Essa espécie apareceu com grande recrutamento em 10 meses de sucessão e rapidamente desaparece nos tratamentos. Contudo, a observação da forte mortalidade também nos controles, sugere que o desaparecimento dessa espécie seja parte das flutuações populacionais sazonais.

A grande mortalidade encontrada para *Chthamalus bisinuatus* pode ser explicada pela maior exposição ao ar, em época de muitas marés baixas em horário de grande irradiação (figura 47) e altas temperaturas, uma vez que nessa região há pouca variação na temperatura do ar ao longo do ano (figura 48). Além disso, podemos ver o papel da densidade e da própria comunidade amenizando essa variação ambiental, sendo capaz de impedir o total desaparecimento dessa espécie (nos controles) como ocorrido no ano anterior, e nos tratamentos, onde

ainda não há alta densidade de organismos. O período do inverno, também corresponde a uma baixa cobertura de algas, o que maximiza o estresse hídrico e térmico já citado.

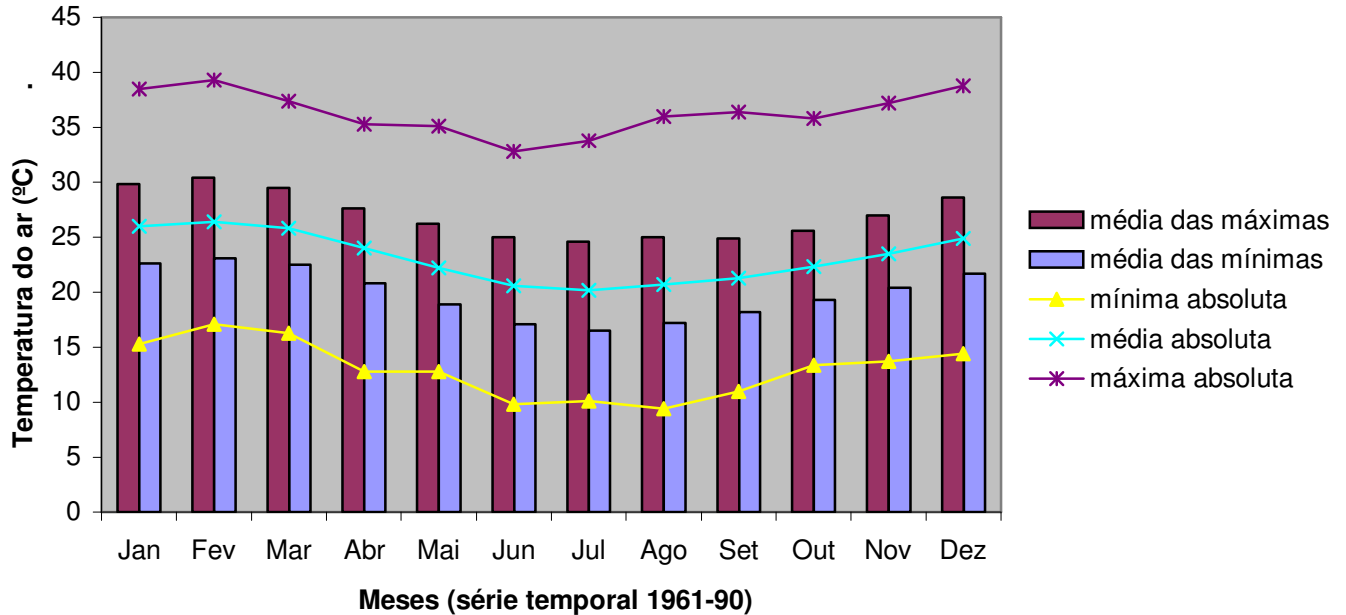


Figura 48: Variação da temperatura do ar ao longo do ano em Angra do Reis- RJ. Plano de manejo PNSB)

Ainda para esta população de cirripédios, foi possível verificar a limitação da distribuição desta espécie, assim como descrito para o gênero em trabalhos clássicos como o de Connell (1961). Onde a distribuição dos recrutas (capítulo II) é muito mais ampla do que a realizada pelos adultos, e mais, o estudo da variação da porcentagem de cobertura ao longo dos meses, mostrou a cada período a contração da distribuição nas faixas inferiores e deslocamento da zona de ocorrência, ficando restrita a faixa superior (como no controle). Entretanto, ao contrário do observado por Connell, no presente trabalho, *Chthamalus* não foi excluída por competição, pois a densidade de *Tetraclita* era muito baixa, e o espaço não se tornou um fator limitante. Inclusive a grande mortalidade da faixa inferior foi simultânea à alta mortalidade de *Tetraclita stalactifera*, o que sugere um aumento da pressão de predação sobre os cirripédios, corroborando com o aumento da densidade de gastropodos carnívoros observado.

Com relação a seqüência de substituições na sucessão de algas, temos o papel tanto das variações sazonais quanto da sucessão ecológica. A Seqüência

inicial mostra similaridade com o já descrito para outras comunidades entre-marés (Sousa, 1979) com *Enteromorpha*, diatomáceas e cianofíceas num primeiro estágio que dura em torno de um ano, seguido de um segundo estágio em que as algas verdes vão sendo substituídas por algas vermelhas como por exemplo *Laurencia*. Contudo há forte sazonalidade, trazendo a comunidade para um estágio inicial de sucessão após o inverno, com somente algas incrustantes e muitas cianofíceas e diatomáceas. Essa variação pode também ser reflexo das marés diurnas associadas ao inverno com altas temperaturas. Entretanto, a presença em grande abundância de gastropodos pastadores e as flutuações populacionais apresentadas por estes, sugerem que estes podem retardar a sucessão, assim como visto por Farrell (1991).

A flutuação na população de gastropodos pastadores parece representar uma regulação pela predação por gastropodos carnívoros, uma vez que as curvas das duas populações se encaixam nos modelos de flutuação populacional de presa-predador (Ricklefs, 2001). Porém, essas oscilações podem simplesmente corresponder a segregações temporais de utilização do hábitat, e não necessariamente levar a redução na população de presas. Contudo, ambas teriam um efeito equivalente na redução da atividade de herbivoria pelos gastropodos pastadores nos transectos

A sucessão de invertebrados se inicia com a colonização do substrato liso pelos cirripédios. O pioneirismo dessas espécies se deve a maior resistência a dessecação e hidrodinamismo em comparação a outras espécies (Menge 1991), características muito importantes na colonização primária do hábitat.

Os cirripédios aumentam a complexidade estrutural do substrato e geram microhábitats necessários a entrada de outras espécies, como por exemplo, *Isognomon bicolor*. Partindo desta seqüência sucessional, concordaríamos com Rocha (2002) e Ferreira-Silva (2004) que classificaram esta última espécie como um colonizador secundário, pela baixa e lenta colonização. Porém a presença de *Isognomon bicolor* nos transectos com elementos baixo relevo, desde o primeiro mês de estudo, contrasta com esta classificação.

Pela comparação entre invertebrados presentes nos tratamentos, pudemos constatar o papel da heterogeneidade do substrato direcionando a comunidade a estágios sucessionais distintos em relação a riqueza e diversidade de espécies.

Substratos com elementos de baixo relevo são inicialmente colonizados por *Isognomon bicolor* e só posteriormente por *Tetraclita stalactifera*, o que levou a padrões sucessionais diferentes. A diversidade e riqueza de espécies são maiores nos transectos com rugosidade em baixo relevo durante todo o período de estudo, pois somente nesses transectos encontramos os dois bivalves, além dos cirripédios e eventuais *Petalochonchus sp.* e *Ostrea sp.* (também encontrados nos demais). Já no final do estudo, com a ocorrência de *Isognomon bicolor* entre *Tetraclita stalactifera*, a diferença na riqueza foi reduzida, no entanto, as densidades de bivalves encontrados no tratamento com elementos em baixo relevo não foram obtidas em outros transectos.

A seqüência de colonização também se deve às estratégias reprodutivas dessas duas espécies, uma vez que *Tetraclita stalactifera* apresenta um pico de recrutamento anual e *Isognomon bicolor* tem recrutamento contínuo ao longo do ano (capítulo II). Logo, a transição desses estágios sucessionais pode variar de acordo com o período do início de sucessão. Por exemplo, se o distúrbio fosse provocado em janeiro, pico de *Tetraclita stalactifera*, esta estaria presente logo no início da sucessão assim como *Isognomon bicolor*. Contudo, é indiscutível a maior diversidade de invertebrados para os tratamentos de baixo relevo, uma vez que estes comportam bivalves desde estágios iniciais de sucessão.

Sutherland (1974) discute a importância das condições ambientais iniciais, e eventos históricos na estrutura da comunidade, que podem atingir múltiplos pontos de estabilidade, apresentando estruturas distintas de acordo com as circunstâncias iniciais. Este mesmo autor, destaca que padrões históricos não podem ser esquecidos na interpretação da estrutura atual da comunidade.

O presente trabalho mostrou que de acordo com a heterogeneidade do substrato disponível no início da sucessão poderemos observar processos sucessionais distintos, que poderiam levar a diferentes estruturas da comunidade ao longo do tempo.

A estrutura da faixa de médiolitoral da Ilha do Brandão, com uma ampla faixa de sobreposição de *Isognomon bicolor*, *Tetraclita stalactifera* e *Petalochonchus sp.* parece ser fruto de uma condição histórica particular, onde a presença de *Tetraclita stalactifera* numa distribuição mais ampla do que a ocupada atualmente, talvez mais semelhante a distribuição alcançada nos tratamentos

próximos ao final do estudo, pode ter facilitado a invasão da região por *Isognomon bicolor*, dada a incapacidade de este colonizar o substrato liso. Já o estabelecimento de *Petalochuchus* sp. não pode ser bem caracterizado, pelo baixo recrutamento. Isso sugere que estes exigem características do hábitat ainda não alcançadas neste estágio inicial de sucessão, ou então, sua colonização e expansão pode ser um retrato de uma condição histórica única de liberação ecológica, não reproduzida atualmente.

Por fim, ressalto a importância de estudos como o de Thompson (1996), quanto a complexidade estrutural do substrato disponível ao recrutamento das espécies, seja ele físico ou biológico, visto que diferentes topografias do substrato podem levar a diferentes suscetibilidades da comunidade a invasões biológicas.

Conclusões:

- Estruturas em baixo relevo facilitam o recrutamento e desenvolvimento de *Isognomon bicolor*
- Diferentes topografias iniciais do substrato levam a padrões sucessionais distintos.
- A comunidade estudada sofre forte influência da sazonalidade na sua estruturação, mostrando duas fisionomias diferentes (verão e inverno).
- A heterogeneidade do substrato influencia o recrutamento e a sucessão primária de invertebrados bentônicos do médio-litoral da Ilha do Brandão

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-CAPÍTULO III

Referências bibliográficas:

- ABRAMS, P. A. 1996. Evolution and the consequences of species introductions and deletions. *Ecology*. 77(5): 1321-1328.
- BARNES, M. 1999. The mortality of intertidal cirripedes. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 37: 153-244.
- BRANCH, G. M. & STEFFANI, C.N. 2004. Can we predict the effects of alien species? A case-history of invasion of South Africa by *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 300: 189-215.
- BREVES, A.R. 2004. Distribuição, abundância relativa e estrutura populacional de *Isognomon bicolor* (Adams, 1845) no litoral do Estado do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado em Zoologia. Museu Nacional Universidade Federal do Rio de Janeiro. 110p.
- BRUNO, J.F.; STACHOWICZ, J.J. & BERTNESS, M. D. 2003. Inclusion of facilitation into ecological theory. *Trends in Ecology and evolution*. 18:119-125.
- CALEY, M.J.; CARR, M.H.; HIXON, M. A.; ; HUGHES, T.P.; JONES, G.P. & MENGE, B. A. 1996 . Recruitment and the local dynamics of open marine populations. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 27: 477-500.
- CAREFOOT, T. 1979. **Pacific Seashores: a guide to intertidal ecology.** University of Washington press, North Vancouver. USA
- CARLTON, J. T. 1999. Molluscan invasions in marine and estuarine communities. *Malacologia*. 41 (2): 439-454
- CONNELL, J.H. 1961. The influence of interspecific competition and other factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. *Ecology*. 42: 710-723.
- CONNEL, J.H. & SLATYER, R.O. 1977. Mechanisms of succession in natural Communities and their role in community stability and organization. *Amer. Natur.* 111: 1119-1144.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-CAPÍTULO III

- DAVIS, A. R. & MORENO, C.A. 1995 . Selection of substrata by juvenile *Choromytilus chorus* (Mytilidae): are chemical cue important?. . *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 191: 167-180.
- DEAN, R. L. & CONNELL, J. H. 1987. Marine invertebrates in an algal succession. I. Variations in abundance and diversity with succession. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 109:195-215.
- DOMANESCHI, O. & MARTINS, C. M. 2002. *Isognomon bicolor* (C. B. Adams) (Bivalvia, Isognomonidae): primeiro registro para o Brasil, redescricao da espécie e considerações sobre a ocorrência e distribuição de *Isognomon* na costa brasileira. *Revta. Bras. Zool.* 19(2): 601-610
- FARREL, T.M.1991. Models and mechanisms of succession : an example from rocky intertidal community. *Ecol. Monogr.* 61: 95-113.
- 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.
- HEWATT, W.G. 1935. Ecological succession in *Mytilus californianus* habitat as observed in Monterey Bay, California. *Ecology.* 16(2): 2444-251.
- LEVINTON, J.S. 1996. **Marine Biology: function, biodiversity, ecology.** Oxford University Press. New York.
- LITTLE, C. & KITCHING,J.A. 1996. **The biology of rocky shore** (biology of habitats). Oxford University Press. New York.
- LODGE, D. M. 1993.Biological invasions lessons for ecology. *Tree.* 8(4):133-137
- 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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-CAPÍTULO III

- MENGE, B. A. 1991. Relative importance of recruitment and other causes of variation on rocky intertidal community structure. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 146:69-100.
- MENGE, B. A. & SUTHERLAND, J. P. 1976. Species diversity gradients: synthesis of the roles of predation, competition, and temporal heterogeneity. *Amer. Natur.* 110 (973): 351-369.
- MENGE, B.A. & SUTHERLAND, J.P. 1987. Community regulation: variation in disturbance, competition, and predation in relation to Environmental stress and recruitment. *Amer. Natur.* 130: 730-757.
- OSMAN, R.W. 1977. Establishment and development of a marine epifaunal community. *Ecol. Monogr.* 47 : 37-63.
- PAINE,R.T.1966, Food web complexity and species diversity: *Amer. Natur.*100: 65-75.
- GOSSELIN, L. A. & QIAN, P.1996. Early post-settlement mortality of an intertidal barnacle: a critical period for survival. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 135: 69-75.
- 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 p.
- REISE, K., GOLLASCH, S. & WOLFF, W. J. 1999. Introduced marine species of North Sea coasts. *Helgoländer Meeresunters.* 52: 219-234
- Ricklefs, R. E. 2001. **The economy of nature.** 5. ed., W. H. Freeman. New York.
- RUIZ,G.M.; FOFONOFF, P.W.; CARLTON, J.T.; WONHAM,M.J. & HINES, A.H. 2000. Invasion of coastal marine communities in North America : apparent patterns, processes, and biases. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 31: 481-531.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-CAPÍTULO III

- SCHERR, B.T. 1945. The development of marine fouling communities. *Biol. Bull.* 89(1): 103-121.
- SHEA, K. & CHESSON, P. 2002. Community ecology theory as a framework for biological invasions. *Trends Ecol. & Evol.* 17 (4): 170-176.
- SHELFORD, V.E. 1930. Geographic extent and succession in Pacific North American intertidal (*Balanus*) communities. *Publ. Puget. Sound Biol. Sta.* 7: 217-224. *apud* HEWATT, W.G. 1935. Ecological succession in *Mytilus californianus* habitat as observed in Monterey Bay, California. *Ecology.* 16(2): 244-251.
- 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
- SOUSA, W.P. 1979. Experimental investigations of disturbance and ecological succession in a rocky intertidal algal communities. *Ecol. Monogr.* 49 (3): 227-254.
- SOUSA, W. P. 1984 . Intertidal mosaics: Patch size, propagule availability, and spatially variable patterns of succession. *Ecology.* 65(6): 1918-1935.
- SUCHANEK, T.H. 1985. Mussels and their role in structuring rocky shore communities. **In:** MOORE, P. G. & SEED, R. **The ecology of rocky coasts.** Hodder and Stoughton. London.
- SUTHERLAND, J. P. 1974. Multiple stable points in natural communities. *Am. Nat.* 108: 859-873.
- THOMPSON, R.C.; WILSON, B.J.; TOBIN, M.L.; HILL, A.S. & HAWKINS, S.J. 1996. Biologically generated habitat provision and diversity of rocky shore organisms at a Hierarchy of spatial scales. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 202: 73-84.
- ZAR, J. H. 1996. **Biostatistical Analysis**, 3. ed.. Prentice Hall Inc., New Jersey

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, ressalto a importância de se levar em consideração os padrões topográficos do substrato nas interpretações dos trabalhos de recrutamento das espécies de invertebrados bentônicos.