

DENILTON VIDOLIN

TOLERÂNCIA À VARIAÇÃO DE PARÂMETROS AMBIENTAIS E SUA INFLUÊNCIA  
SOBRE A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ANÊMONAS-DO-MAR NA ZONA  
ENTREMARÉS DE UM COSTÃO ROCHOSO NO SUL DO BRASIL

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Ciências Biológicas, área de concentração em Zoologia. Curso de Pós-graduação em Ciências Biológicas – Zoologia, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Carolina Arruda de Oliveira Freire

Co-orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Rosana Moreira da Rocha

Curitiba  
2007

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	iv
APRESENTAÇÃO.....	v
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	xi
CAPÍTULO 1 – Avaliação de fatores ecológicos na distribuição vertical de anêmonas-do-mar da região entremarés em um costão rochoso .....	01
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	05
2.1 Local de estudo.....	05
2.2 Observações de campo .....	05
2.3 Análise dos dados .....	06
3 RESULTADOS .....	08
4 DISCUSSÃO.....	16
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	20
CAPÍTULO 2 – Alterações de temperatura e salinidade em microhabitats da zona entremarés durante maré baixa, ocupados pelas anêmonas-do-mar <i>Bunodosoma caissarum</i> , <i>Bunodosoma cangicum</i> e <i>Actínia bermudensis</i> .....	26
1 INTRODUÇÃO.....	26
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
2.1 Dados abióticos de campo .....	28
2.2 Análise dos dados .....	28
3 RESULTADOS .....	29
4 DISCUSSÃO.....	33
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36
CAPÍTULO 3 – Tolerância à alteração de salinidade e à dessecação em anêmonas-do-mar de região entremarés.....	42
1 INTRODUÇÃO.....	42
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	44
2.1 Coleta e manutenção dos animais.....	44
2.2 Tolerância à alteração de salinidade.....	44
2.3 Tolerância à dessecação.....	44
2.4 Regulação do teor hídrico tecidual .....	46
2.5 Osmolalidade do líquido da cavidade gastrovascular.....	47
2.6 Análise dos dados .....	47
3 RESULTADOS .....	47
3.1 Resposta diante de alterações de salinidade .....	47
3.2 Exposição ao ar.....	48
3.3 Regulação do teor hídrico tecidual <i>in situ</i> .....	49
3.4 Osmolalidade do líquido da cavidade gastrovascular.....	50
4 DISCUSSÃO.....	54
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58
CONCLUSÕES GERAIS .....	61

## **AGRADECIMENTOS**

À Profa. Carolina A. Freire pela orientação, pela dedicação e por todos os anos de ensinamento.

À Profa. Rosana Moreira da Rocha, minha co-orientadora, pela orientação e dedicação prestadas no decorrer deste trabalho.

À Profa. Maria Angélica Haddad por todas as dicas e sugestões.

Aos colegas de laboratório: Viviane, Valéria, Ivonete, Maristela, Luciana e Clarice por toda a ajuda.

Novamente à Ivonete, pela valiosa amizade, pela cumplicidade e companheirismo. A vida é mais feliz com você por perto.

Novamente à Maris, por toda a ajuda, pela amizade e pelas jogatinas.

À Paps - amor do Dedo - companheira de coleta, de doutorado e principalmente de vida. Tudo é muito melhor com você ao lado.

À minha grande amiga Kethy, fiel escudeira! Obrigado por existir e por fazer parte da minha vida.

Ao Marcos (PS) pela amizade, pela ajuda prestada e pelo companheirismo. Amigos como você são raros! Tudo bem, também são tão valiosos que não se precisa de muitos.

Ao meu grande amigo Susla, que demonstra através de suas ações o verdadeiro sentido da amizade.

À Teté - grilinho lindo - pela grandiosa amizade, pela ajuda nas coletas, por todo o carinho.

Ao Clovis, por todo o apoio e por toda a ajuda prestada na fase de campo.

Aos amigos da pós, Tunica, Gustavo, Cassi, Rafa e Tati, pelas conversas, pelas idéias e pelas risadas que demos juntos.

Aos meus irmãos, cunhada e sobrinhos, por serem a melhor família que alguém pode ter.

Aos meus pais, por tudo.

## RESUMO

Descontinuidade na distribuição de populações pode ser ocasionada por diversos fatores, entre eles podemos citar: diferenças físicas no ambiente; variação local no efeito de interações interespecíficas; variabilidade no suprimento inicial de recrutas e disponibilidade de alimento. As anêmonas apresentam diferenças na sua distribuição espacial em costão rochoso e neste trabalho foram avaliados os efeitos de fatores ecológicos e fisiológicos no padrão de distribuição de indivíduos adultos. A região entremarés de um costão rochoso em Itapoá, Santa Catarina foi dividida em uma faixa inferior (até 40 cm de altura) e uma superior (40 a 100 cm). Nestas faixas, foi realizada amostragem das anêmonas *Bunodosoma caissarum*, *Bunodosoma cangicum*, *Anthopleura cascaia*, *Actinia bermudensis* e *Anemonia sargassensis*. Registrou-se a densidade dos indivíduos, crescimento, recrutamento, mortalidade e deslocamento durante um período de dois anos. Também foram avaliados os microhabitats ocupados pelas anêmonas e as alterações de temperatura e salinidade que ocorrem nestes locais durante maré baixa com sol e com chuva. Tolerância à dessecação e a alterações de salinidade foram testadas. O recrutamento pode explicar a área de vida de algumas espécies, porém observou-se que para o gênero *Bunodosoma* esta explicação é apenas parcial. As anêmonas deste gênero ocorrem nas duas faixas, mas foi observado recrutamento apenas na faixa inferior. O deslocamento é importante para anêmonas deste gênero em Itapoá. A presença de microhabitats como poças, fendas e reentrâncias entre as rochas permite a ocupação da região entremarés pelas anêmonas uma vez que são locais protegidos do sol. A capacidade de produção de muco, de formar domo e armazenar água na cavidade gastrovascular são cruciais na distribuição vertical das anêmonas da região entremarés. A tolerância à dessecação e a presença de microhabitats são fatores limitantes na distribuição vertical das anêmonas no costão rochoso.

## ABSTRACT

The lack of a continuum in the distribution of populations can be caused by several factors. Among those factors we can cite: physical heterogeneities in the environment, local variation on the effect of interspecific interactions, variability in recruitment, and food availability. Sea anemones display different patterns of distribution on rocky shores. In this study the effects of ecological and physiological parameters have been evaluated, on the pattern of distribution of adult anemones. The intertidal region of a cost rock in Itapoá, Santa Catarina was divided into a lower stripe (until 40 cm high), and an upper stripe (40 to 100 cm high). The areas were sampled for the anemones *Bunodosoma caissarum*, *Bunodosoma cangicum*, *Anthopleura cascaia*, *Actinia bermudensis*, and *Anemonia sargassensis*. Density, growth, recruitment, mortality, and displacement have been assessed for a period of 2 years. The characteristics of temperature and salinity of microhabitats occupied by the anemones have also been investigated, during low tides with rain or sunshine. Tolerance to desiccation and changes in salinity have also been tested. Recruitment can explain the area of occupation of some species, but this explanation is only partial for the anemones of the genus *Bunodosoma*. Anemones of this genus occur in both stripes, but only recruit to the lower stripe. Displacement is important for *Bunodosoma* anemones in Itapoá. The presence of sheltered microhabitats such as rock crevices and pools allows the occupation of the harsh intertidal zone by the anemones. The capacity to secrete mucous, to turn into a dome-shape, and to store sea water inside the gastrovascular cavity are crucial to explain the vertical distribution of intertidal anemones.

## APRESENTAÇÃO

As anêmonas que ocorrem na região entremarés de um costão rochoso de Itapoá, no estado de Santa Catarina, apresentam distribuição vertical diferenciada. A distribuição de organismos da região entremarés é afetada por fatores ecológicos e ambientais (Connell, 1961). Aspectos ecológicos como recrutamento e mortalidade são fundamentais na regulação de comunidades bênticas marinhas (Keough e Downes, 1982; Connell, 1985; Roughgarden et al., 1985; Menge e Sutherland, 1987; Osman e Whitlatch, 1995, 1996, 1998; Undewood e Keough, 2001), mas existe uma lacuna a respeito da relação entre recrutamento e mortalidade e a comunidade de anêmonas em costões rochosos. Fatores físicos do ambiente afetam a distribuição vertical dos organismos no costão, e tolerância a estes fatores pode explicar a ocupação de determinadas áreas do costão por diferentes organismos. Adaptações anatômicas e fisiológicas para suportar o dessecação podem afetar a distribuição de anêmonas na região entremarés (Hart e Crowe, 1977).

O presente trabalho aborda questões relativas ao papel de fatores ecológicos e ambientais na distribuição vertical de anêmonas que ocorrem na região entremarés de um costão rochoso de Itapoá. Recrutamento, mortalidade e deslocamento foram os fatores ecológicos avaliados. Com relação aos fatores ambientais foi analisada a tolerância à dessecação e às alterações de salinidade. Microhábitats, estratégias comportamentais e aspectos anatômicos e fisiológicos relacionados a esta tolerância foram analisados.

No costão rochoso de Itapoá, cinco espécies de anêmonas foram encontradas vivendo na região entremarés. Estas anêmonas apresentam distribuição geográfica restrita à costa atlântica da América do sul. A distribuição vertical destas anêmonas é o foco do presente trabalho. Segue abaixo descrição da morfologia externa das cinco espécies segundo Corrêa, 1964.

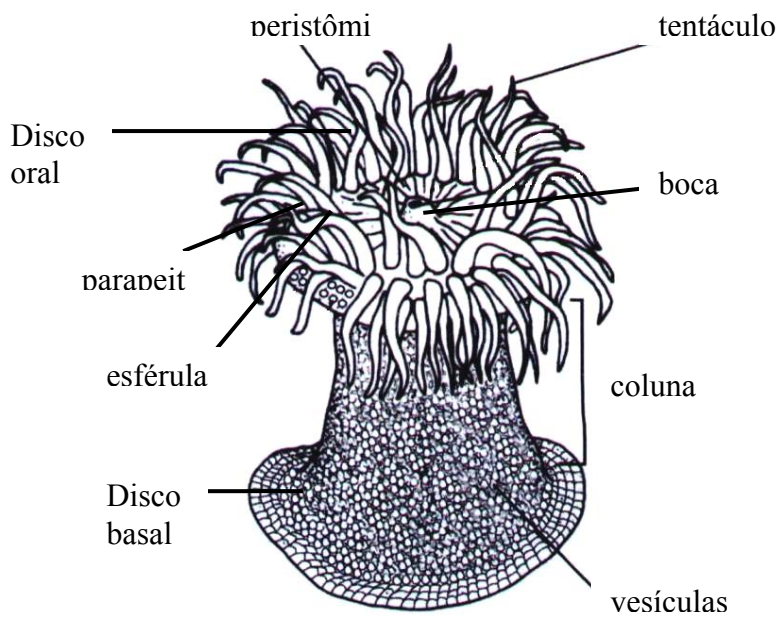


Figura 1- Vista externa de uma anêmona-do-mar (retirado de Ribeiro-Costa e Rocha, 2002)

*Bunodosoma caissarum* (Corrêa, 1964) (Fig. 2A) apresenta base fortemente aderente, bem desenvolvida com contorno circular ou profundamente lobulado, irregular, muito expandida quando fixa, podendo atingir 7 cm ou mais de diâmetro. Apresenta cor rósea uniforme. Possui coluna cilíndrica, expandida na base, com parapeito na margem e com aproximadamente 7 cm de altura. A coluna apresenta vesículas irregularmente distribuídas. Na margem há uma coroa dupla de numerosas esférulas marginais. As vesículas apresentam coloração vermelho-cereja uniforme e a parede da coluna é rósea. Possui tentáculos róseos ou vermelho-cereja uniformes de comprimento variável entre 2 e 3 cm, do tipo curto e praticamente uniformes no mesmo indivíduo. Os tentáculos são simples e retráteis, com grande número por indivíduo, podendo ultrapassar 200. O disco oral atinge 4 cm de diâmetro,

é liso, com numerosíssimas estrias radiais finas, de cor vermelha. A boca é grande com perístoma proeminente.

A diagnose abaixo foi baseada no trabalho de Corrêa (1964), foram utilizados na descrição apenas caracteres externos.

*Bunodosoma cangicum* (Corrêa, 1964) (Fig. 2B) apresenta base fortemente aderente, bem desenvolvida, podendo ser circular ou irregular, sempre muito expandida quando fixa, e então, maior em diâmetro que a coluna. Apresenta coloração parda e chega a 8 cm de diâmetro. A coluna é cilíndrica e extremamente distensível com altura bastante variável dependendo do grau de distensão do animal. A parede da coluna apresenta vesículas simples distribuídas de forma irregular, mas na margem, podem ser duplas, triplas ou até quádruplas. Na borda interna da margem há uma coroa dupla de esférulas marginais globosas, simples ou múltiplas, de tamanho variado. Apresenta coloração amarelada, esverdeada, oliva ou castanho-sujo. Possui tentáculos retráteis, relativamente longos, simples e pontiagudos. Apresenta 96 tentáculos distribuídos em 5 ciclos. Os tentáculos apresentam coloração variada, geralmente azulados ou rosados, atingem 2 cm de comprimento e são bastante uniformes em um mesmo indivíduo. O disco oral é liso e muitas vezes de cor uniforme castanha ou rósea atingindo 3 centímetros de diâmetro.

*Anthopleura cascaia* (Corrêa, 1964) (Fig. 2C) possui base bem desenvolvida, com contorno circular, irregular, às vezes franjada nas bordas, sempre aderindo fortemente ao substrato. A base apresenta coloração rósea e diâmetro entre 3 e 4 cm. Possui coluna cilíndrica alongada ou achatada atingindo 7 cm de altura, porém quando achatada a altura da coluna pode medir 1 cm ou menos. A parte distal contém séries verticais de verrugas adesivas não compostas, com número variável em cada série, geralmente ao redor de sete, que aderem fragmento de rochas e de conchas. Podem ou não apresentar esférulas marginais. A cor da coluna pode ser acinzentada ou rósea, tornando-se vermelha próximo à margem. Os

tentáculos são simples, curtos, retráteis, ligeiramente pontiagudos, e atingem de 1,5 a 2 cm de comprimento. Os tentáculos são em número de 96 distribuídos em 4 ciclos. A coloração é variável de tons róseos, azuis ou vermelhos. Muitas vezes os tentáculos possuem cerca de 6 manchas ovaladas claras, dispostas em séries no lado oral. O disco oral possui cerca de 3 cm de diâmetro, em seu centro encontra-se a boca, pequena circundada por uma anel avermelhado de onde partem radialmente 48 faixas amareladas e estreitas.

*Actinia bermudensis* (McMurrich, 1889) (Fig. 2D) apresenta base bem desenvolvida, não fortemente aderente, lisa, de contorno aproximadamente circular com cerca de 5 cm de diâmetro. A coloração da base é rósea uniforme com linhas mesenteriais nítidas. Apresenta coluna baixa, lisa e cilíndrica, de coloração vermelho-cereja uniforme com 3 – 4 cm de altura. Na parte superior da coluna encontra-se um parapeito, internamente ao parapeito há uma fossa ampla. No bordo externo da fossa encontra-se uma coroa de esférulas marginais. Através da coluna é possível perceber as inserções mesenteriais. Os tentáculos são relativamente curtos, pontiagudos, alargados na base, simples e retráteis. Possuem coloração vermelha, sendo róseo transparente no ponto de implantação. O número é variável, de 96 a 118 e medem cerca de 1,5 cm. O disco oral, com aproximadamente 3 cm de diâmetro, é liso e de contorno circular. A boca é uma fenda central alongada e estreita, situada no alto de um perístoma proeminente. O perístoma é vermelho, sua base contém um anel róseo e o disco restante é vermelho-cereja uniforme. As linhas mesenteriais são pouco nítidas.

*Anemonia sargassensis* (Hargitt, 1908) (Fig. 2E) apresenta coluna pouco ou nada aderente de contorno circular irregular, pouco mais larga que o limbo. A base é bem desenvolvida, apresenta cor rósea uniforme, com diâmetro entre 2 e 3 cm. Apresenta coluna de cor vermelha uniforme, lisa, baixa e com cerca de 1 cm de altura. Na margem da base há uma coroa de esferas marginais pequenas (que podem estar ausentes) que se alternam com os tentáculos do ciclo externo. Fossa rasa presente. Os tentáculos são longos, simples,

pontiagudos, não retráteis. Apresentam de 62-65 tentáculos distribuídos em ciclos irregulares. Os tentáculos dos ciclos internos são mais longos que os dos ciclos externos. Os tentáculos possuem coloração vermelha e os maiores chegam a 1,5 cm. O disco oral é largo, liso e com cerca de 20 pares de estrias radiais, azuladas ou vermelhas que se dirigem para as bases dos tentáculos dos primeiros ciclos. A coloração é rósea e possui cerca de 2,5 cm de diâmetro.

O presente trabalho foi dividido em três capítulos. Os capítulos são apresentados no formato de artigos científicos, conforme recomendações do Curso de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Federal do Paraná. Entretanto, as figuras e tabelas foram inseridas no corpo do texto para facilitar a leitura.

O capítulo 1 apresenta a estrutura populacional das diferentes espécies de anêmonas do costão, sua densidade e área de vida. Aspectos como recrutamento, mortalidade e deslocamento são discutidos em virtude da distribuição vertical dos organismos. As alterações de temperatura e de salinidade que ocorrem no costão sob ação do sol e da chuva, os microhabitats do costão e sua ocupação pelas anêmonas foram abordados no capítulo 2. O capítulo 3 enfoca a tolerância a dessecação e às alterações de salinidade e sua influência na distribuição das anêmonas no costão. Aspectos fisiológicos, anatômicos e comportamentais que envolvem tolerância aos fatores ambientais também foram abordados neste capítulo. O conjunto de capítulos visa avaliar a influência de parâmetros ecológicos e ambientais na distribuição vertical de anêmonas do mar na zona entremarés de um costão rochoso.

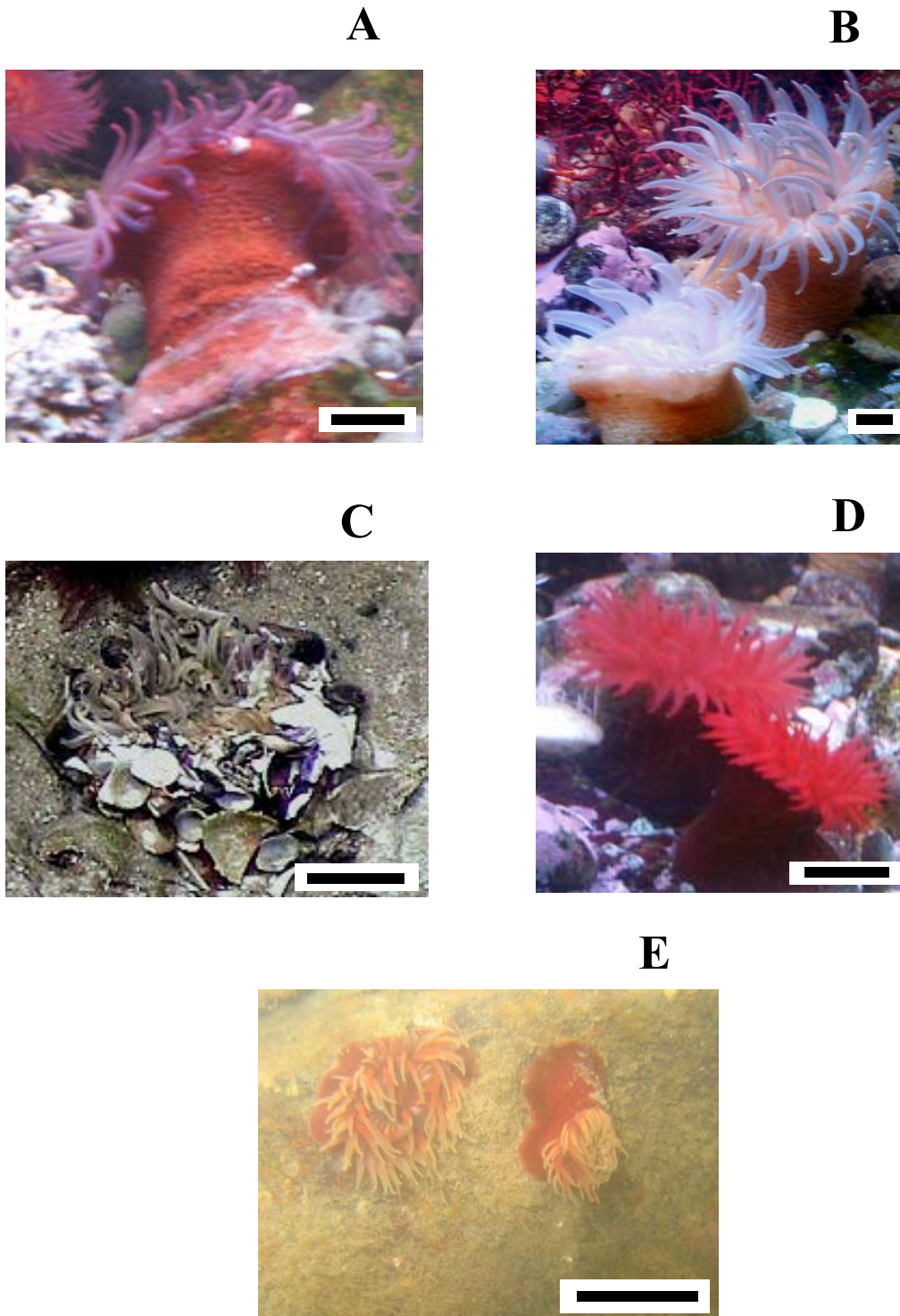


Figura 2 – Anêmonas da região entremarés de um costão rochoso em Itapoá. *Bunodosoma caissarum* (A), *Bunodosoma cangicum* (B), *Anthopleura cascaia* (C), *Actinia bermudensis* (D) e *Anemonia sargassensis* (E). Barra = 1 cm.

## REFERÊNCIAS

- Connell, J.H. 1961. The influence of interespecific competition and others factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stelatus*. *Ecology*, 42: 710-723.
- Connell, J.H. 1985. The consequences of variation in initial settlement vs post-settlement mortality in rocky intertidal communities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 42: 710-723.
- Correa , D. D. 1964. *Corallimorpharia e Actinaria do Atlântico Oeste tropical*. Tese (Prof. Catedrático), Dep. Zoologia, Fac. Filos. Cienc. Letras, USP, São Paulo, 1-139.
- Hart, C. E. & Crowe, J. H. 1977. The effect of attached gravel on survival of intertidal anemones. *Trans. Amer. Micros. Soc.*, 96 (1): 28-41.
- Keough, M.J. & Downes, B. J. 1982. Recruitment of marine invertebrates: the role of activelarval choices and early mortality. *Oecologia* 54: 348-352.
- Menge, B. A. & Sutherland, J. P. 1987. Community regulation: Variation in disturbance, competition, and predation in relation to environmental stress and recruitment. *Am. Nat.* 130: 730-757

- Osman, R. W. & Whitlatch, R. B. 1995. The Influence of resident adults on recruitment: a comparison to settlement. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 190: 169-198.
- Osman, R. W. & Whitlatch, R. B. 1996. Processes affecting newly-settled juveniles and the consequences to subsequent community development. *Inverteb. Reprod. Develop.*, 30: 217-225.
- Osman, R. W. & Whitlatch, R. B. 1998. Local control in an epifaunal community and consequences to colonization processes. *Hydrobiologia* 375/376: 113-123.
- Roughgarden, J., Iwasa, . & Baxter, C. 1985. Demographic theory for an open marine population with space-limited recruitment. *Ecology*, 66: 54-67.
- Underwood, A. J. & Keough, M. J. 2001. Supply-side ecology: the nature and consequences of variations in recruitment of intertidal organisms. In: *Marine community ecology*, edited by M.D. Bertness, S.D. aines & M.E. Hay, Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Maine, 183-200

**Capítulo 1** - Avaliação de fatores ecológicos na distribuição vertical de anêmonas-do-mar da região entremarés em um costão rochoso no sul do Brasil. \*

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das características predominantes da zona entremarés de um costão rochoso é o padrão de distribuição dos organismos em zonas horizontais. Padrões de zonação foram atribuídos a fatores bióticos, como competição e predação, e a fatores abióticos, como temperatura, exposição às ondas e estresse por dessecação (Connell, 1961). Estudos acerca do estresse abiótico têm mostrado que espécies que vivem na parte mais superior da zona entremarés geralmente têm uma grande resistência à variação nos fatores abióticos em comparação com espécies que vivem na parte inferior da zona entremarés. Muitas vezes, contudo, espécies encontradas na parte inferior da zona entremarés são competitivamente dominantes e excluem espécies que poderiam ocupar esta região (Connell, 1961; Wethey, 1984).

A distribuição vertical de organismos na região entremarés pode estar associada a adaptações anatômicas e fisiológicas para suportarem o dessecação. Por exemplo, algumas anêmonas apresentam verrugas adesivas epidérmicas na coluna que secretam substâncias que aderem detritos, reduzindo a área de dessecação. A presença de detritos aderidos reduz a evaporação, tornando maior a taxa de sobrevivência em anêmonas expostas à ação do vento em temperaturas controladas (Hart e Crowe, 1977). Anêmonas que habitam a região entremarés possuem a capacidade de reter água em suas cavidades gastrovasculares durante exposição ao ar, o que não ocorre com espécies de infralitoral (Stotz, 1979). Algumas anêmonas podem, ainda, apresentar vesículas na superfície da coluna que, durante exposição ao ar, formam um sistema capilar, envolvendo pequenas gotas d'água em uma camada de

---

\* Capítulo submetido à revista Brazilian Journal of Oceanography

muco, reduzindo o dessecação (Stotz, 1979). Outros fatores podem afetar a distribuição espacial de anêmonas, como recrutamento, predação e competição. A agressão interespecífica, por exemplo, determina padrões de distribuição de anêmonas em áreas de sobreposição (Harris, 1991).

Muitos estudos examinaram a contribuição do recrutamento na regulação de comunidades bênticas marinhas focando nos processos que controlam a dispersão das larvas e a interação dos recrutas com a comunidade adulta (ex. Keough e Downes, 1982; Connell, 1985; Roughgarden *et al.* 1985; Menge e Sutherland, 1987; Osman e Whitlatch, 1995, 1996, 1998; Underwood e Keough, 2001). Porém, não foram encontrados trabalhos sobre o efeito do recrutamento na comunidade para anêmonas. No caso das anêmonas, a dispersão pode ocorrer não apenas por larvas, mas também por pólipos clonados (combinando habilidades de locomoção com capacidade regenerativa) formados por reprodução assexuada a partir de tentáculos, fissão longitudinal ou dilaceração pedal (Pearse, 2002). A predação de recrutas, por sua vez, é um importante fator que afeta a estrutura populacional e distribuição dos adultos (Osman e Witlatch, 2004). Além da estrutura populacional a predação afeta o tamanho e a seleção de habitat em anêmonas (Harris, 1991).

A densidade e tamanho (crescimento) de anêmonas presentes em diferentes alturas no costão rochoso podem estar associados com o grau de exposição durante as marés baixas e à presença de abrigo. Gomes *et al.* (1998), observaram que ocorre uma menor densidade populacional e menor tamanho das anêmonas da espécie *Bunodosoma cangicum* em poças ou quando expostas sobre rochas e que esta espécie quase desaparece nestes habitats durante as estações chuvosas. Nos locais protegidos encontram-se as maiores densidades e os maiores exemplares desta espécie. Estes autores também observaram que a anêmona *Actinia bermudensis* habita apenas locais protegidos de dessecação. Riis e Dolmer (2003) observaram a densidade populacional e o tamanho (diâmetro do disco pedal) de anêmonas da espécie

*Metridium senile* em dois habitats distintos em um banco de mexilhões: uma região onde foram retirados os mexilhões (aberta) e outra onde os mexilhões permaneceram intactos (fechada). *Metridium senile* apresentou menor densidade na área aberta do que na área fechada, que apresentou grandes agregados de indivíduos de menor tamanho (formados por reprodução assexuada), mostrando que a quantidade e qualidade do substrato determinam a densidade e tamanho desta espécie.

Anêmonas podem locomover-se em busca de um substrato estável para proteção, alimentação e reprodução e são forçadas a vagar se as condições favoráveis de seu habitat forem alteradas (Williams, 2003). Há indicações de que juvenis e estágios pós-metamórficos apresentam locomoção como resposta a fatores abióticos ou bióticos do meio e podem dispersar por longas distâncias (Riemann, 1998).

Apesar de existir uma certa quantidade de informação acerca da influência da exposição ao ar na anatomia, fisiologia e comportamento de anêmonas, são escassos na literatura dados sobre fatores ecológicos que determinem a distribuição espacial de anêmonas que habitam a região entremarés. A maioria dos experimentos realizados em zona entre marés com o objetivo de elucidar quais fatores ecológicos seriam causadores da zonação tiveram como alvo espécies mais abundantes e dominantes, como cracas e bivalves (Simpfendorfer *et al.*, 1995; Power *et al.*, 2001; Forde & Raimondi, 2004; Cruz *et al.*, 2005; Porrit *et al.*, 2006). Estes experimentos demonstraram a importância da competição e da predação, mas já há 20 anos Underwood e Denley (1984) alertaram para a necessidade de avaliar o recrutamento e a mortalidade seletiva que pode ocorrer na fase juvenil, como etapas iniciais em um estudo que pretende elucidar fatores causais para a distribuição de organismos no costão rochoso. Este trabalho visa investigar as influências do recrutamento, mortalidade e deslocamento na distribuição vertical das anêmonas *Bunodosoma caissarum* (Corrêa, 1964), *Bunodosoma cangicum* (Corrêa, 1964), *Anthopleura cascaia* (Corrêa, 1964), *Actinia bermudensis*

(McMurrich, 1889) e *Anemonia sargassensis* (Hargitt, 1908), que ocorrem em um mesmo costão rochoso no sul do Brasil.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Local de estudo**

As atividades de campo foram realizadas em costão rochoso da Praia de Itapema do Norte, Itapoá, Santa Catarina ( $26^{\circ}04'S$ ;  $48^{\circ}36'W$ ) (Fig. 1). A praia de Itapema do Norte apresenta três afloramentos rochosos de origem granítica, rodeados por areia, dos quais o menor, situado entre as outras duas formações rochosas é conhecido no local como pedra do meio. As amostragens foram realizadas neste afloramento por apresentar maior densidade de anêmonas.

### **2.2 Observações de campo**

As amostragens foram realizadas durante marés baixas ao longo de dois anos nas seguintes datas: 19/04/03, 26/04/03, 15/06/03, 19/07/03, 26/07/03, 31/07/03, 13/09/03, 25/10/03, 18/12/03, 24/01/04, 19/04/04, 21/06/04, 18/07/04, 12/09/04, 12/11/04, 23/01/05, 06/03/05 e 23/04/05.

Foram utilizadas 22 áreas quadradas permanentes, sendo 19 demarcadas com 50 cm de lado e 3 com 30 cm de lado (as áreas de 30 cm de lado foram demarcadas em locais onde não coube o quadrado de 50 cm de lado, mas que apresentavam uma grande quantidade de anêmonas). Todas as áreas foram observadas em todas as datas. Foram marcadas 12 áreas na região superior e 10 áreas na região inferior, sendo 6 verticais e 5 horizontais na região inferior e 7 verticais e 5 horizontais na região superior. Cada área foi marcada com durepox nos quatro cantos e a cada visita colocava-se um quadrado de aro metálico de mesmo tamanho que a área marcada no costão. Esses quadrados metálicos eram subdivididos com fios de

náilon, formando um quadriculado que tornava possível o mapeamento da região amostrada e a transferência dos dados para planilha contendo quadriculado semelhante. Nos quadrados marcados foram realizadas as seguintes observações: 1) indivíduos novos ocorrendo nas áreas dos quadrados por assentamento larval ou por reprodução assexuada (os recrutas são reconhecidos por serem animais muito menores que os adultos e por não estarem presentes nas observações anteriores), 2) desaparecimento de indivíduos previamente registrados nas áreas demarcadas (mortalidade), 3) distância em centímetros percorrida pelas anêmonas entre as observações (deslocamento) e 4) o diâmetro do disco pedal para análise do crescimento das anêmonas (medido com paquímetro).

Um ponto inicial foi marcado no costão a 1 metro de altura a partir da areia e outros pontos foram marcados a partir deste, utilizando-se uma mangueira com água como nível. A região amostrada foi dividida, então, em 2 faixas horizontais: uma de zero a 40 centímetros (faixa inferior, com 20,75 m<sup>2</sup>) e outra de 40 a 100 centímetros (faixa superior, com 18,5 m<sup>2</sup>). As áreas quadradas observadas em cada faixa foram somadas para se obter o valor total (em metros quadrados) de área observada em cada uma das faixas. Estas duas faixas foram subdivididas em faixas menores de 20 centímetros para melhor compreensão da distribuição vertical das anêmonas no costão.

### **2.3 Análise dos dados**

Recrutamento (número de indivíduos novos que surgiram nas áreas demarcadas por metro quadrado), mortalidade (número de indivíduos que desapareceram das áreas demarcadas por metro quadrado), deslocamento (espaço percorrido em centímetros pelos animais) e crescimento (aumento do diâmetro pedal em centímetros) foram comparados entre as duas faixas (superior e inferior) pelo teste de Mann-Whitney U. A densidade de cada uma das 5 espécies foi comparada entre as faixas utilizando-se o teste de  $\chi^2$ . Como a densidade de

indivíduos foi bastante constante ao longo dos 2 anos de observação, foram selecionadas quatro datas (uma inicial, duas intermediárias e uma final) para comparação entre as áreas.

Foi realizado teste de correlação entre o diâmetro pedal e o deslocamento para a espécie *B. caissarum*. Para as outras espécies o teste de correlação não foi realizado porque para *B. cangicum* o número de indivíduos que deslocaram foi muito pequeno e para as outras espécies não foi observado deslocamento.

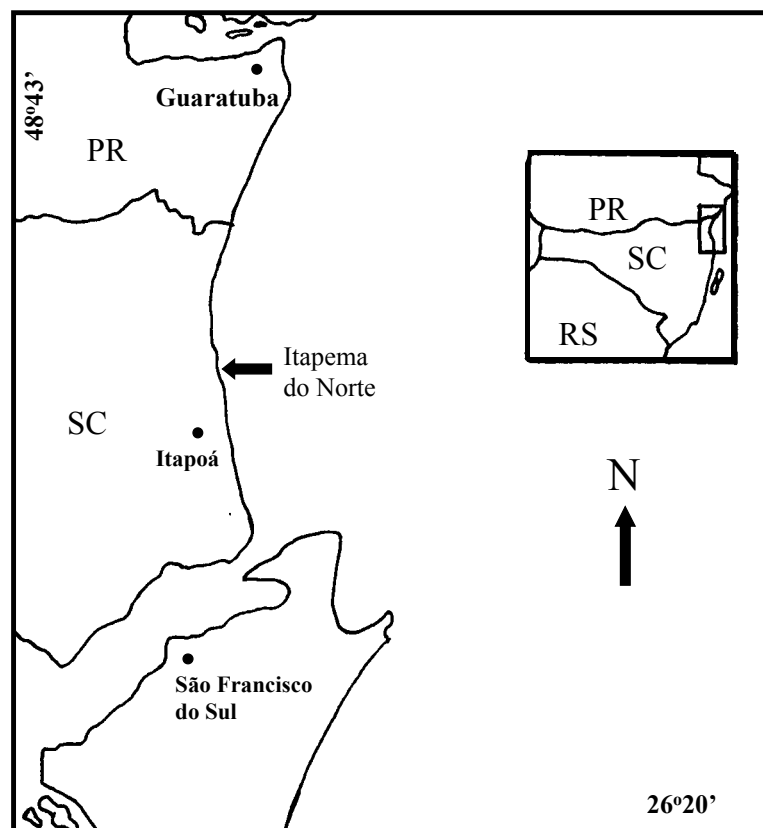


Figura 1 – Área de estudo: praia de Itapema do Norte, Itapoá, Santa Catarina, Brasil.

### 3 RESULTADOS

Como ocorreu homogeneidade na densidade dos animais ao longo do período de estudo, a figura 2 apresenta os dados de três dos dezoito meses em que ocorreram as amostragens. Foi selecionada uma data do início das observações de campo (19/04/2003), duas datas intermediárias (26/07/2003 e 24/01/2004) e a data da última observação (23/04/2005). Apesar da comparação estatística ter sido feita entre a faixa inferior (0 a 40 cm) e superior (40 a 100 cm), nesta figura estão representadas faixas de 20 cm para melhor observação da distribuição dos indivíduos no costão. Com relação à área de vida, *B. caissarum* apresentou maior densidade na faixa inferior (Fig. 2A). Os indivíduos menores ocupam a faixa inferior enquanto que indivíduos maiores são observados nas duas faixas. Os indivíduos das regiões mais altas apresentaram maiores concentrações em fendas e em poças de maré, raramente ficando expostos diretamente ao sol em local totalmente desabrigado. Esta espécie normalmente recolhe seus tentáculos e assume forma de domo quando exposta. Esta é a espécie mais comum nas regiões mais expostas ao batimento direto de ondas. Trinta e sete indivíduos desta espécie foram registrados nas áreas demarcadas na primeira observação e foram acompanhados no decorrer das observações.

*Bunodosoma cangicum* chega até a altura de 80 cm no costão (Fig. 2B) e tem distribuição vertical bastante homogênea, não houve diferença de densidade entre as faixas para esta espécie. Esta anêmona fica mais tempo exposta que sua congênere e, apesar de também ser mais abundante em regiões protegidas do sol na zona entremarés, vários exemplares foram vistos diretamente expostos ao sol em partes lisas da rocha. A densidade das duas anêmonas do gênero *Bunodosoma* no costão de Itapoá é semelhante e variou muito pouco ao longo do período estudado. Foram registrados inicialmente 39 indivíduos desta espécie nas áreas demarcadas.

*Anthopleura cascaia* foi encontrada apenas nas faixas entre 40 e 80 cm de altura (Fig. 2C). Esta espécie ocupa espaços entre rochas ficando com a porção inferior da coluna totalmente protegida entre as rochas e apresentam fragmentos de concha e outros objetos aderidos à sua superfície da parte superior da coluna. Quando expostos, durante maré baixa, assumem forma de domo e a porção do corpo que não está entre as rochas fica totalmente coberta por fragmentos de concha. Esta espécie não é muito abundante no costão, tendo sido registrados 12 indivíduos no início das observações.

*Actinia bermudensis* ocorre apenas nas faixas mais altas do costão a partir de 60 cm de altura. A maior densidade desta espécie ocorre entre 80 e 100 cm de altura no costão (Fig. 2D). Algumas anêmonas desta espécie foram observadas em alturas superiores à marca de 1 m no costão (não amostradas pelos quadrados), porém sempre em regiões protegidas do sol. Esta espécie ocupa abrigos protegidos do sol entre as rochas ou superfícies inclinadas ou negativas. Foram acompanhados inicialmente 19 indivíduos desta espécie.

*Anemonia sargassensis* apresentou maior densidade na faixa superior em 2003, mas em 2004 e 2005 não houve diferença significativa de densidade desta espécie entre as faixas superior e inferior (Fig. 2E). Todos os animais observados expostos durante a maré baixa estavam em poças ou em superfícies inclinadas próximas à água do mar (não ficando expostas por muito tempo). Esta espécie é a mais abundante no costão de Itapoá, com 98 indivíduos registrados nas áreas demarcadas na primeira observação.

Apenas 1 ou 2 novos indivíduos de *B. caissarum* recrutaram em cada uma das datas de observação, indicando baixo recrutamento para esta espécie. Recrutamento foi observado apenas na faixa inferior do costão (0 a 40 cm) em junho, julho, setembro e outubro de 2003, enquanto em 2004 foi observado recrutamento em junho, setembro e novembro. Não ocorreu surgimento de novos indivíduos nas áreas dos quadrados durante o período de observação no ano de 2005 (Fig. 3A). Mortalidade para esta espécie ocorreu nas faixas entre 20 e 60 cm de

altura com predominância na faixa entre 20 e 40 cm. *Bunodosoma caissarum* apresentou baixas taxas de mortalidade com eventos de mortalidade ocorrendo em junho, setembro e outubro em 2003 e apenas em novembro em 2004 (Fig. 3A).

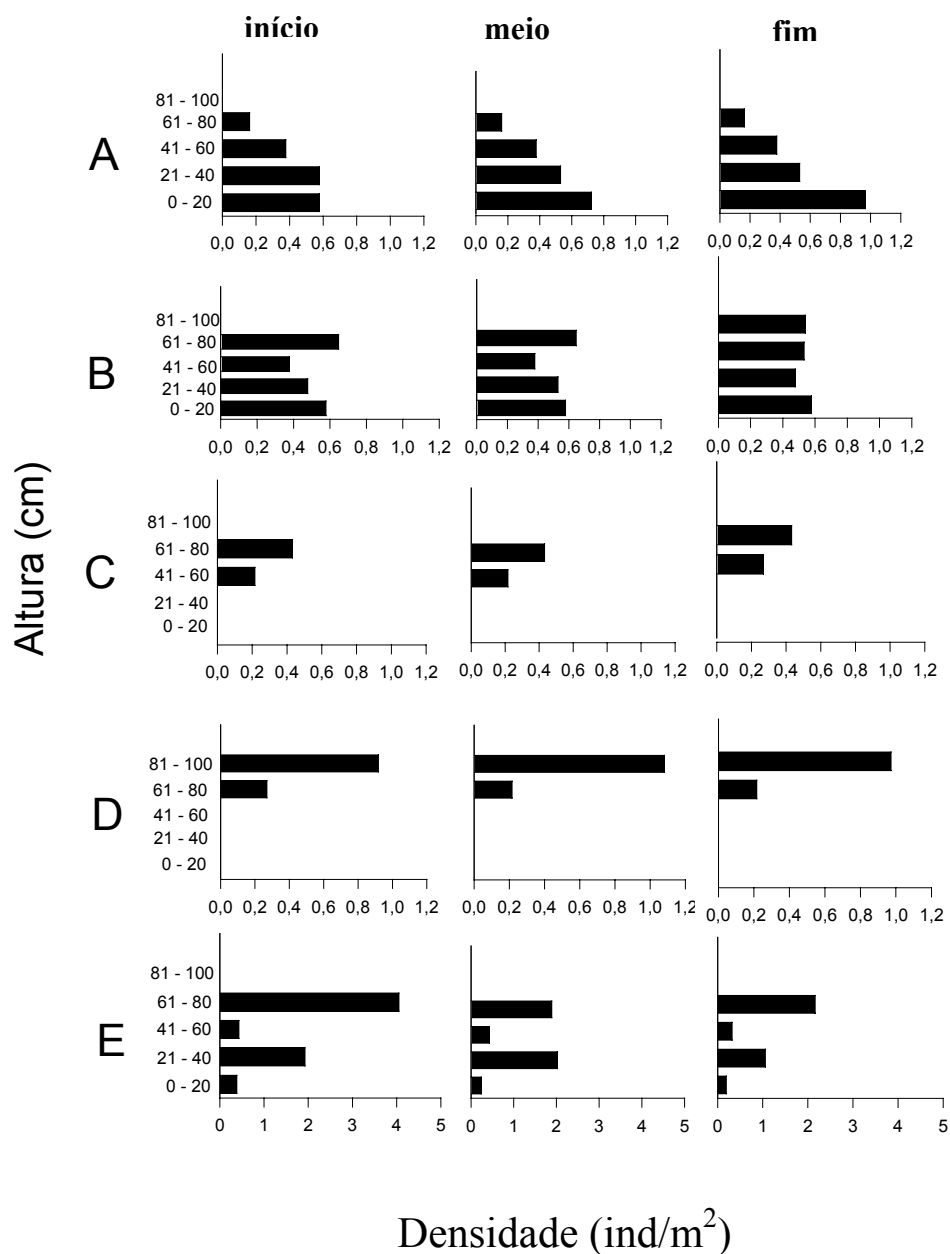


Figura 2 - Densidade (número de indivíduos por metro quadrado) de anêmonas em diferentes níveis de altura em um costão rochoso em Itapoá. *Bunodosoma caissarum* (A), *Bunodosoma cangicum* (B), *Anthopleura cascaia* (C), *Actinia bermudensis* (D) e *Anemonia sargassensis* (E). Observar que a escala de densidade utilizada para *A. sargassensis* é diferente da escala utilizada para as demais espécies pelo fato de que *A. sargassensis* é a espécie mais abundante no costão.

Para *B. cangicum* o recrutamento foi ainda menor do que em *B. caissarum* e também ocorreu apenas na faixa inferior (0 a 40 cm) no costão. O recrutamento desta espécie parece ser mais sazonal, pois somente foi observado em abril em ambos os anos 2003 e 2004. *Bunodosoma cangicum* também apresentou pequena taxa de mortalidade com 3 mortes em setembro e 1 em outubro em 2003 e apenas uma morte em julho de 2004 (Fig. 3B).

Apenas um recrutamento foi observado para a anêmona *Anthopleura cascaia* em julho de 2004 na faixa entre 41 e 60 cm de altura. Mortalidade não foi observada para esta espécie no período estudado (Fig. 3 C).

A anêmona *A. bermudensis* apresentou recrutamento apenas em julho de 2003, com cinco novos indivíduos. Mortalidade foi observada em julho de 2003, janeiro de 2004 e janeiro de 2005 (Fig. 3D).

Para *A. sargassensis* foi observado surgimento de novos indivíduos nas duas faixas, com predominância na faixa entre 40 a 80 cm de altura. Em 2003, novos indivíduos de *A. sargassensis* foram observados entre abril e outubro, com maior número de indivíduos novos surgindo em julho. Em 2004 não foi observado recrutamento e em 2005 novos indivíduos surgiram nos meses de março e abril (Fig. 3E). *Anemonia sargassensis* apresentou a maior taxa de recrutamento entre as cinco espécies. Também foi a que apresentou a maior taxa de mortalidade. Foi observada mortalidade para esta espécie nas duas faixas de altura. Em 2003 foi observada mortalidade ao longo do ano com pico em setembro, em 2004 em abril e julho e em 2005 em março e abril (Fig. 3E).

*Bunodosoma caissarum* apresentou deslocamento em setembro, outubro e dezembro de 2003 e em abril e junho de 2004. O número de indivíduos deslocando sempre foi pequeno e o deslocamento aconteceu nas áreas mais baixas do costão (faixa de 0 a 40 cm) principalmente nas alturas inferiores a 20 cm (Tab. 1). Não existe correlação entre o tamanho do animal (diâmetro do disco pedal) e a distância de deslocamento (Fig. 4). A anêmona *B.*

*cangicum* apresentou indivíduos deslocando-se em várias datas de observação em 2003, mas nenhuma vez em 2004 e 2005. Os deslocamentos foram curtos, em várias direções e ocorreram em todas as faixas de altura, sendo que o número de deslocamentos não foi significativamente diferente entre as duas faixas. Como o número de deslocamentos observados para *B. cangicum* foi pequeno, não foi possível fazer o teste de correlação entre o tamanho do animal e a distância de deslocamento. Nenhuma das duas espécies de anêmonas apresentou deslocamento para fora da faixa de zonação em que se encontrava inicialmente. *Anthopleura cascaia*, *Actinia bermudensis* e *Anemonia sargassensis* não apresentaram eventos de deslocamento durante o período estudado.

Poucos eventos de crescimento (aumento do diâmetro do disco pedal) foram observados para o gênero *Bunodosoma*, indicando que a maior parte dos indivíduos acompanhados era adulta. Para *B. caissarum* 11 indivíduos apresentam crescimento médio de  $1,28 \pm 0,3$  cm do diâmetro pedal (diâmetro inicial:  $3,6 \pm 1,6$ ; diâmetro final:  $4,8 \pm 1,3$ ); em *B. cangicum* foi observado crescimento médio de  $1,14 \pm 0,3$  cm do diâmetro pedal em 7 indivíduos (diâmetro inicial:  $4,1 \pm 1,3$ ; diâmetro final:  $5,2 \pm 0,9$ ); para *A. cascaia*, crescimento foi observado em apenas 2 indivíduos que apresentaram crescimento médio de  $1,0 \pm 0,5$  cm (diâmetro inicial:  $2,2 \pm 0,5$ ; diâmetro final:  $3,2 \pm 0,3$ ), sendo que um deles era recruta, o que mostra que a população adulta é bastante estável; 7 indivíduos de *A. bermudensis* apresentaram crescimento, com média de  $0,7 \pm 0,1$  cm (diâmetro inicial:  $1,6 \pm 0,3$ ; diâmetro final:  $2,3 \pm 0,4$ ); 18 indivíduos de *A. sargassensis* apresentaram crescimento médio do diâmetro pedal de  $0,9 \pm 0,09$  cm (diâmetro inicial:  $1,2 \pm 0,3$ ; diâmetro final:  $2,1 \pm 0,3$ ). Não houve diferença significativa de crescimento entre as faixas para nenhuma das três espécies que ocupam as duas faixas

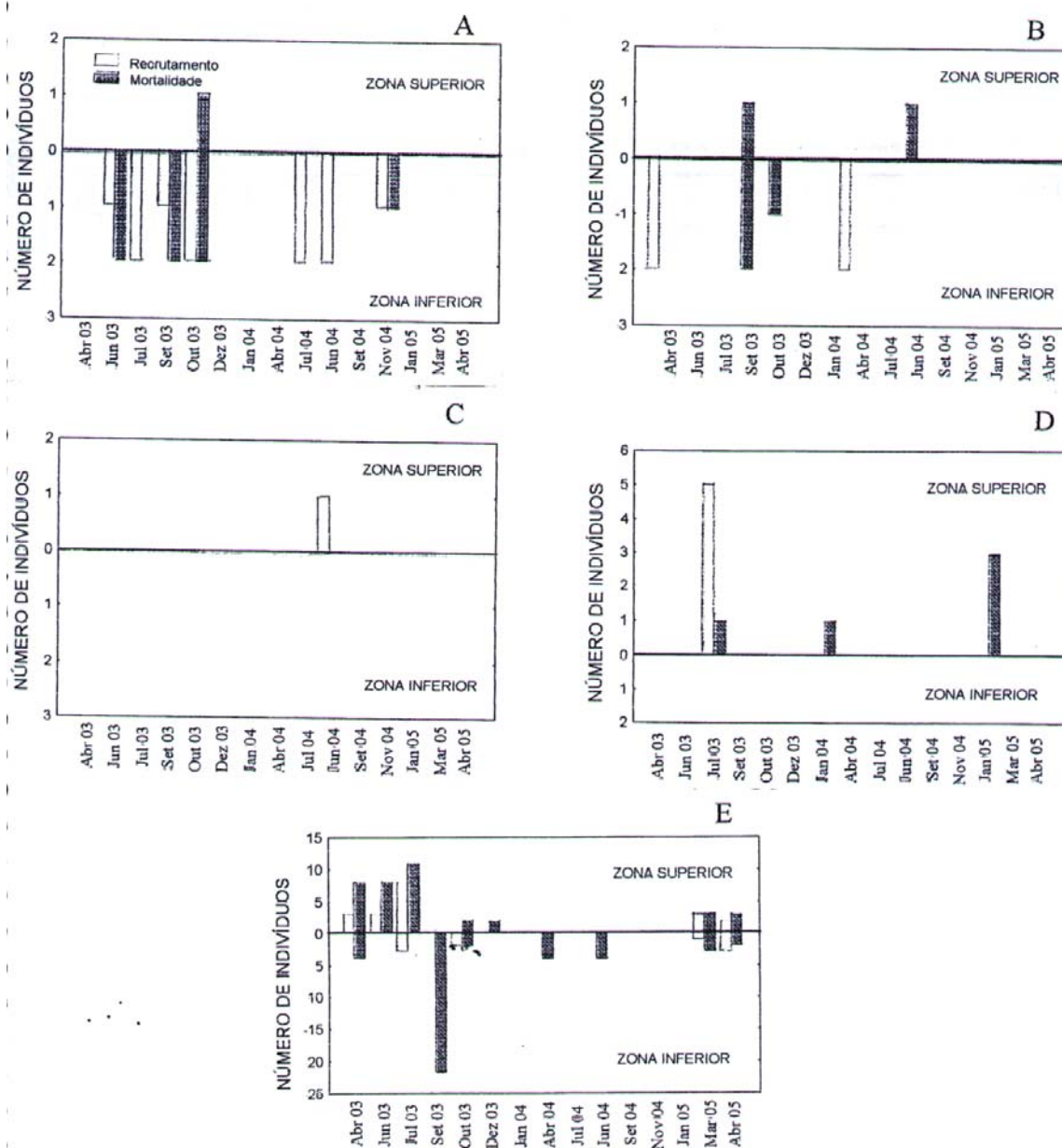


Figura 3 – Recrutamento e mortalidade nas zonas inferior (0 - 40 cm) e superior (41 - 100 cm) em um costão rochoso em Itapoá. *Bunodosoma caissarum* (A), *Bunodosoma cangicum* (B), *Anthopleura cascaia* (C), *Actinia bermudensis* (D) e *Anemonia sargassensis* (E).

Tabela 1 – Deslocamento de anêmonas no afloramento rochoso de Itapema do Norte, SC.

Espécie	Direção	Distância percorrida (cm)	Faixa (altura em cm)	Data de observação
<i>Bunodosoma caissarum</i>	↑	4,0	21 – 40	13/09/03
	↓	4,1	0 - 20	25/10/03
	↓	8,0	0 - 20	18/12/03
	→	16,4	0 - 20	19/04/04
	→	8,2	0 - 20	21/06/04
<i>Bunodosoma cangicum</i>	↑	4,0	0 – 20	26/04/03
	↑	4,1	41 - 60	26/04/03
	→	2,0	41 - 60	26/04/03
	↑	8,3	41 - 60	15/06/03
	↑	4,3	21 - 40	15/06/03
	→	4,2	61 – 80	15/06/03
	→	2,7	61 – 80	31/07/03
	→	7,5	61 – 80	31/07/03
	→	4,5	0 – 20	13/09/03
↑	8,4	61 – 80	25/10/03	

As setas indicam a direção do deslocamento das anêmonas no costão, ↑ deslocamento para cima, ↓ deslocamento para baixo e → deslocamento lateral. Cada linha corresponde ao deslocamento de um indivíduo.

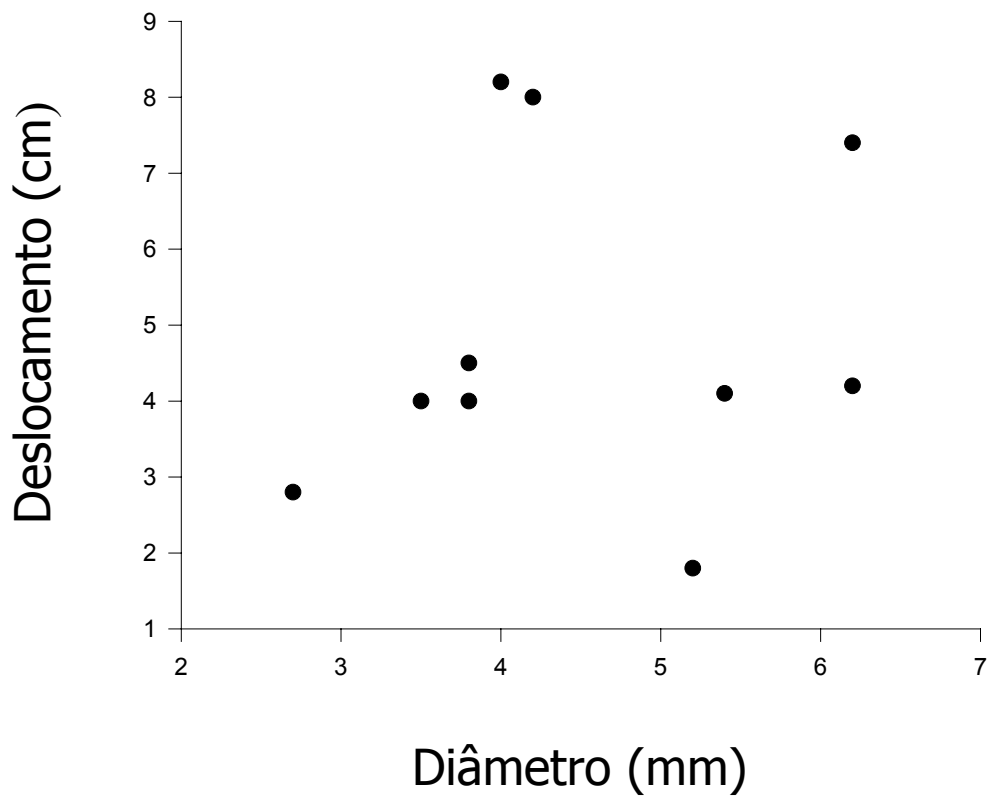


Figura 4 – Correlação entre o deslocamento (cm) e o diâmetro pedal (mm) de *Bunodosoma caissarum*. Coeficiente de correlação  $r = 0,13873$ .

## 4 DISCUSSÃO

O padrão de distribuição das anêmonas do costão foi diferente entre as espécies. Enquanto *Bunodosoma caissarum* apresentou maior densidade na faixa inferior durante todo o tempo de observação, *A. cascaia* e *A. bermudensis* foram encontradas somente na faixa superior do costão. *Bunodosoma cangicum* e *A. sargassensis* não apresentaram diferença significativa entre as densidades nas faixas abaixo e acima de 40 cm na maior parte do tempo de observação. É provável que esta densidade diferenciada nas diferentes faixas de altura no costão que ocorre entre as duas espécies do gênero *Bunodosoma* reflita uma maior tolerância ao estresse fisiológico causado pela exposição ao ar durante maré baixa por *B. cangicum* (vide capítulo 3). *Anthopleura cascaia* evita exposição ao sol recobrando-se com fragmentos de concha e fica entre fendas nas rochas, evitando dessecação e conseqüentemente pode ocupar regiões mais altas no costão. *Actinia bermudensis* também evita exposição ao sol ocupando espaços sombreados, tais como reentrâncias, superfícies inclinadas ou negativas e ainda espaços formados pelo encontro de duas rochas. *Actinia bermudensis* apresenta reprodução assexuada (Monteiro *et al.*, 1998) o que pode gerar competição por estes espaços, uma vez que os jovens não tolerariam sobreviver fora dos locais protegidos do sol; tal situação explica o baixo recrutamento desta espécie mesmo se reproduzindo assexuadamente. O fato de algumas anêmonas apresentarem maior ou menor taxa de reprodução assexuada em virtude do microhabitat foi observado para a anêmona *Metridium senile*, que em regiões com grande circulação de água apresenta tamanho menor e reproduz-se principalmente por laceração pedal; os indivíduos que ocorrem em áreas de baixa circulação de água são maiores e apresentam maiores taxas de reprodução sexuada (Anthony & Svane, 1994).

*Anemonia sargassensis* forma agregados, agrupamentos isolados de vários indivíduos (em Itapoá foram vistos agrupamentos de 10 até 37 anêmonas) que vivem próximos,

ocupando regiões mais protegidas ou poças de maré, raramente ficando expostos ao sol. A densidade semelhante nas duas faixas para *A. sargassensis* pode ocorrer devido a presença de poças nas regiões mais altas do costão. Formação de agregados para redução de dessecação foi observada tanto nas anêmonas *Metridium exilis* (Bucklin, 1987) como em gastrópodos de região entremarés (Levings e Garrity, 1983).

As taxas de recrutamento, crescimento e mortalidade para *A. sargassensis*, foram maiores que para as outras espécies, mostrando que as outras anêmonas são mais perenes que *A. sargassensis*, sendo, portanto, “k” estrategistas. Não foram observados picos de reprodução para estas espécies ao longo do período de observação. Provavelmente estas anêmonas são maduras durante todo o ano, como ocorre com a anêmona *Phymanthus trandesi*, que não apresenta diferença sazonal de maturação das gônadas, reproduzindo-se continuamente ao longo do ano (Lin *et al.*, 2001). Recrutamento para as anêmonas do gênero *Bunodosoma* foi observado somente na faixa inferior (0 – 40 cm) mostrando que provavelmente os recrutas migrem para a região superior, onde realmente a maior parte dos animais encontrados é de tamanho grande. Os indivíduos menores de *B. caissarum* que ocupam a faixa superior estão protegidos em fendas. Parece que existe uma área preferencial para recrutamento para o gênero *Bunodosoma*, mas que os adultos podem viver fora dela, ocupando regiões no costão mais altas do que aquelas onde ocorre assentamento das larvas.

*Anthopleura cascaia* e *Actinia bermudensis* apresentaram recrutamento apenas na zona superior do costão, que é a área de vida dos adultos.

Mortalidade para *B. caissarum* foi maior na faixa inferior. Tal situação faz sentido, uma vez que só ocorreu recrutamento na faixa inferior e a maior taxa de mortalidade ocorreu entre os recrutas. Não houve diferença na mortalidade entre as faixas para as anêmonas *B. cangicum* e *A. sargassensis*.

Deslocamento foi observado apenas para as anêmonas do gênero *Bunodosoma*. A direção do deslocamento parece ser aleatória e não houve diferença de deslocamento entre as faixas para nenhuma das espécies. As anêmonas podem locomover-se em busca de um substrato onde as condições sejam adequadas para proteção, alimentação e reprodução e somente vão locomover-se se as condições adequadas do habitat forem alteradas (Willians, 2003). Locomoção pode ser também um mecanismo efetivo de redução de competição intraespecífica, como observado para a anêmona *Phymactis clematis* (Rivadeneira & Oliva, 2001). Parece que o deslocamento é mais importante para as anêmonas do gênero *Bunodosoma* em relação às outras espécies estudadas, uma vez que a área de vida dos adultos não é a mesma que a dos recrutas e para que estes possam ocupar novas regiões a medida que crescerem. Ocupando regiões mais altas no costão fatores como competição por espaço deve diminuir.

Crescimento foi observado nas cinco espécies de anêmonas, porém em *A. sargassensis* foi maior o número de indivíduos que apresentaram crescimento, uma vez que foi a espécie que apresentou maior recrutamento. *Actinia equina* somente apresenta crescimento se receber alimento pelo menos duas vezes por semana (Chomsky *et al.*, 2004), indicando que disponibilidade de alimento pode ser determinante na taxa de crescimento. Como não houve diferença na taxa de crescimento entre as faixas para as anêmonas que ocupam as duas zonas no costão parece que a disponibilidade de alimento não é diferencial de ocupação das diferentes faixas de altura para as anêmonas em Itapoá.

Através dos resultados obtidos pode-se perceber que *B. caissarum*, *B. cangicum*, *A. cascaia* e *A. bermudensis* apresentam populações bastante estáveis na comunidade e que estas populações são formadas principalmente por indivíduos adultos. Estas espécies apresentam baixo recrutamento, mas também possuem baixos níveis de mortalidade. A população de

*Anemonia sargassensis* é mais dinâmica, com taxas de recrutamento e mortalidade maiores que as outras espécies de anêmonas do costão.

O recrutamento explica parcialmente a área de vida da anêmona *Bunodosoma caissarum*. Recrutamento foi observado somente nas faixas inferiores do costão, mas indivíduos adultos ocorrem nas faixas superiores. O deslocamento parece ser um fator importante para determinação da área de vida, uma vez que os jovens podem migrar para as regiões mais altas a medida que crescem. É possível também que ocorra recrutamento nas faixas mais altas e este fato não tenha ocorrido no período de estudo. Para *Bunodosoma cangicum*, nem recrutamento e nem mortalidade explicam totalmente a área de vida, uma vez que a população é formada basicamente por indivíduos adultos. O número de recrutamento e mortalidade para esta espécie foi muito baixo, o que dificulta maiores conclusões. Porém, parece ter o mesmo padrão observado para *B. caissarum*. Para *Anthopleura cascaia* não foi observada mortalidade e apenas um recrutamento. O recrutamento poderia explicar a área de vida, uma vez que o recrutamento ocorreu na área de vida dos adultos. Para *Actinia bermudensis* existem maiores evidências de que o recrutamento ocorre na área de vida dos adultos. O recrutamento corresponde à área de vida para a espécie *Anemonia sargassensis*.

As populações de anêmonas das espécies *B. caissarum*, *B. cangicum*, *A. cascaia* e *A. bermudensis* apresentaram-se bastante estáveis durante o período de estudo, com baixo recrutamento e baixa mortalidade. Foi realizada uma observação recente (novembro de 2006) dos animais no costão, sendo que os indivíduos dessas quatro espécies eram os mesmos que foram observados na fase de campo. É possível que estas espécies apresentem recrutamento estocástico, tendo alta taxa de recrutamento em anos favoráveis e poucos recrutamentos nos outros anos. Desta forma, aspectos como recrutamento, mortalidade e deslocamento são cruciais na delimitação de áreas de vida das espécies da região entremarés no costão rochoso.

## 5 REFERÊNCIAS

- Anthony, K. R. N. & Svane, I. 1994. Effects of flow-habitat on body-size and reproductive patterns in the sea-anemone *metridium-senile* in the gullmarsfjord, sweden. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 113 (3): 257–269.
- Bucklin, A. 1987. Adaptative advantages of patterns of growth and asexual reproduction of the sea anemone *Metridium senile* (L.) in intertidal and submerged populations. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 110: 225-243.
- Connell, J. H. 1961. The influence of interespecific competition and others factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stelatus*. *Ecology*, 42: 710-723.
- Connell, J. H. 1985. The consequences of variation in initial settlement vs post-settlement mortality in rocky intertidal communities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 42:710-723.
- Chomsky, O.; Kamenir, Y.; Hyams, M.; Dubinsky, Z. & Chadwick-Furman, N. E. 2004. Effects of feeding regime on growth rate in the Mediterranean Sea anemone *Actinia equina* (Linnaeus). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 299(2): 217-229.
- Cruz, T., Castro, J. J., Delany, J., McGrath, D., Myers, A. A., O’Riordan, R. M., Power, A. M., Rabaça & J., Hawkins, S. J. 2005. Tidal rates of settlement of the intertidal barnacles *Chthamalus stellatus* and *Chthamalus montagui* in western Europe: the influence of the night/day cycle. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 318 (1): 51-60.

- Forde, S. E. & Raimondi, P. T. 2004. An experimental test of the effects of variation in recruitment intensity on intertidal community composition., *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 301(1): 1-14.
- Gomes, P. B.; belem, M. J. & Schlenz, E. 1998. Distribution, abundance and adaptations of three species of Actiniidae (Cnidaria, Actiniaria) on an intertidal beach rock in Carneiros beach, Pernambuco, Brazil. *Miscel. Zool.*, 21 (2): 65-72.
- Harris, G. L. 1991. Comparative ecology of subtidal actinarians from the coasts of California and the Gulf of Maine, USA. In: IV. Ecology Zoanthids, corals and sea anemones. Springer Netherlands, 1991. Proceedings. *Hydrobiologia* Publisher, 1: 271–278.
- Hart, C. E. & Crowe, J.H. 1977. The effect of attached gravel on survival of intertidal anemones. *Trans. Amer. Micros. Soc.*, 96 (1): 28-41.
- Keough, M. J. & Downes, B. J. 1982. Recruitment of marine invertebrates: the role of active larval choices and early mortality. *Oecologia* 54: 348–352.
- Levings, S. C.; Garrity, S. D. 1983.: Diel and tidal movement of two co-occurring neritic snails; differences in grazing patterns on a tropical rocky shore. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 67 (3): 261-278.
- Lin, M. D., Chen, C. L. A. & Fang, L. S. 2001. Distribution and sexual reproduction of a seagrass-bed-inhabiting actinarian, *Phymanthus strandesi* (Cnidaria: Anthozoa:

- Actiniaria: Phymanthidae), at Hsiao-Liuchiu Island, Taiwan. *Zool. Stud.*, 40 (3): 254-261.
- Menge, B. A. & Sutherland, J. P. 1987. Community regulation: Variation in disturbance, competition, and predation in relation to environmental stress and recruitment. *Am. Nat.*, 130: 730-757.
- Monteiro, F. A.; Russo, C. A. M. & Sole-Cava, A. M. 1998. Genetic evidence for the asexual origin of small individuals found in the coelenteron of the sea anemone *Actinia bermudensis* McMurich. *Bulletin of Marine Science*, 63 (2): 257-264.
- Osman, R. W. & Whitlatch, R. B. 1995. The influence of resident adults on recruitment: a comparison to settlement. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 190: 169-198.
- Osman, R. W. & Whitlatch, R. B. 1996. Processes affecting newly-settled juveniles and the consequences to subsequent community development. *Inverteb. Reprod. Develop.*, 30: 217-225.
- Osman, R. W. & Whitlatch, R. B. 1998. Local control in an epifaunal community and consequences to colonization processes. *Hydrobiologia*, 375/376: 113-123.
- Osman, R. W., & Whitlatch, R. B. 2004. The control of the development of a marine benthic community by predation on recruits. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 311: 117-145.

- Pearse, V. B. 2002. Prodigies of propagation: The many modes of clonal replication in boloceroidid sea anemones (Cnidaria, Anthozoa, Actiniaria). *Invert. Reprod. Develop.*, 41(1-3): 201-213.
- Porrit, F., McQuaid, C. D. & Radloff, S. 2006. Temporal scales of variation in settlement and recruitment of the mussel *Perna perna* (Linnaeus, 1758). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 332 (2): 178-187.
- Power, A. M., Myers, A. A., O'Riordan, R. M., McGrath, D. & Delany, J. 2001. An investigation into rock surface wetness as a parameter contributing to the distribution of the intertidal barnacles *Chthamalus stellatus* and *Chthamalus montagui*. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 52 (3): 349-356.
- Riemann, Z. K. 1998. How sessile are sea anemones?: A review of free-living forms in the Actiniaria (Cnidaria: Anthozoa). *Mar. Ecol.*, 19(4): 247-261.
- Riis, A. & Dolmer, P. 2003. The distribution of the sea anemone *Metridium senile* (L.) related to dredging for blue mussels (*Mytilus edulis* L.) and flow habitat. *Ophelia*, 57(1): 43-52.
- Rivadeneira, M. M. & Oliva, E. 2001. Patrones asociados a la conducta de desplazamiento local em *Phymactis clematis* Draeton (ANTHOZOA: ACTINIIDAE). *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 74: 855-863.

- Roughgarden, J., Iwasa, Y. & Baxter, C. 1985. Demographic theory for an open marine population with space-limited recruitment. *Ecology*, 66: 54-67.
- Simpfendorfer, R. W., Vial, M. V., López, D. A., Verdala, M. & González, M. L. 1995. Relationship between the aerobic and anaerobic metabolic capacities and the vertical distribution of three intertidal sessile invertebrates: *Jehlius cirratus* (Darwin) (Cirripedia), *Perumytilus purpuratus* (Lamarck) (Bivalvia) and *Mytilus chilensis* (Hupé) (Bivalvia). *Comp. Biochem. Physiol. Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 111(4): 615-623.
- Stotz, W. B. 1979. Functional morphology and zonation of three species of sea anemones from rocky shores in Southern Chile. *Mar. Biol.*, 50: 181-188.
- Underwood, A. J. & Denley, E. J. 1984. Paradigms, explanation and generalization in models for the structure of intertidal communities on rocky shores. In: Strong, D. R., Simberloff, D., Abele, L. G., Thistle, A. (Eds.), *Ecological Communities: Conceptual Issues and the Evidence*. Princeton University Press, New Jersey, 151-180.
- Underwood, A. J. & Keough, M. J. 2001. Supply-side ecology: the nature and consequences of variations in recruitment of intertidal organisms. In: *Marine community ecology*, M.D. Bertness, S.D. Gaines & M.E. Hay, Sinauer Associates (Eds.), Inc., Sunderland, Maine, 183-200.
- Wethey, D. S. 1984. Sun and shade mediate competition in the barnacles *Chthamalus* e *Semibalanus*: a field experiment. *Biol. Bull.*, 167: 176-185.

Williams, R. B. 2003. Locomotory behaviour and functional morphology of *Nematostella vestensis* (Anthozoa: Actiniaria: Edwardsiidae): a contribution to a comparative study of burrowing behaviour in athenarian sea anemones. *Zool. Verh.*, 345: 437-484.

**Capítulo 2** – Alterações de temperatura e salinidade em microhabitats da zona entremarés durante maré baixa, ocupados pelas anêmonas-do-mar *Bunodosoma caissarum*, *Bunodosoma cangicum* e *Actinia bermudensis*.

## 1 INTRODUÇÃO

A temperatura é um dos fatores abióticos mais importantes que afetam a fisiologia e a distribuição dos organismos na região entremarés de costões rochosos (Orton, 1929a, b; Doty, 1946; Hutchins, 1947; Bertness, 1981; Wethey, 1983, 1984; Menge e Olson, 1990; Williams e Morritt, 1995). Animais expostos no ambiente ficam sujeitos a grandes variações de temperatura. Estudos mostram que a exposição a altas temperaturas causa conseqüências fisiológicas significativas para organismos da região entremarés (Hofmann e Somero, 1995, 1996a, b; Stillman e Somero, 1996; Roberts *et al.*, 1997; Chapple *et al.* 1998; Tomanek e Somero, 1999; Dahlhoff *et al.*, 2001; Snyder *et al.*, 2001; Helmuth e Hofmann, 2001).

Temperatura, radiação UV e dessecação são usualmente consideradas de extrema importância porque afetam o metabolismo celular dos organismos que vivem nesta região e a habilidade dos organismos de se ajustarem a estas alterações afeta sua distribuição na zona entremarés (Snyder e Ross, 2004). Durante exposição ao ar, fatores climáticos como temperatura do ar, vento, radiação solar e umidade relativa interagem na determinação da temperatura dentro e fora do corpo de um animal exposto durante maré baixa (Bell, 1995; Helmuth, 1998, 1999). Poucos trabalhos apresentam informações sobre como aspectos em microescala do substrato da região entremarés afetam a temperatura corporal dos organismos que ali habitam (Wethey, 1983, 1984; Williams and Morritt, 1995; Helmuth e Hofmann, 2001). Distribuição e abundância de anêmonas relacionadas a microhabitat no costão foram

analisadas para as anêmonas *Bunodosoma cangicum*, *Anthopleura krebsi* e *Actinia bermudensis* na Praia de Carneiros, Pernambuco (Gomes *et al.*, 1998).

Além da temperatura, a distribuição de anêmonas do mar pode ser influenciada por batimento de onda, profundidade, salinidade e amplitude de maré (Richardson *et al.*, 1997; Cha *et al.*, 2004). As condições meteorológicas afetam fortemente os animais da região entremarés; chuva ou sol intenso alteram as condições de temperatura e salinidade. Precipitação de chuvas pode reduzir significativamente a concentração salina de poças de maré, como já foi previamente verificado nas poças da Praia do Quilombo, no município de Penha, SC (Vidolin *et al.*, 2002). A expressão de proteína de estresse (HSP70) na anêmona *Anthopleura elegantíssima* expostas em dia ensolarado aumenta mais que três vezes em relação aos dias nublados (Snyder e Ross, 2004). Foi demonstrado que algumas espécies de anêmonas toleram alterações consideráveis de salinidade (Bensom-Rodenbough e Ellington, 1982; Pierce e Minasian, 1974; Bursey e Harmer, 1974; Deaton e Hoffmann, 1988), porém não foram encontrados registros de observação de alteração de salinidade sofrida por espécies de anêmonas brasileiras em ambiente natural.

O objetivo deste trabalho foi o de observar os diferentes microhábitats ocupados pelas anêmonas *Bunodosoma caissarum*, *Bunodosoma cangicum* e *Actinia bermudensis*, as alterações de temperatura e salinidade que ocorrem nestes ambientes durante maré baixa com sol e com chuva e sua influência sobre a ocupação deste hábitats pelas anêmonas.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Dados abióticos de campo**

Dados abióticos do costão rochoso da praia de Itapema do Norte, Itapoá, SC (26°04'S; 48°36'W) foram obtidos em janeiro de 2004 durante um ciclo de marés (maré diurna e noturna) com sol e um ciclo de marés com chuva. As variáveis observadas foram temperatura, salinidade e pH, que foram registradas de hora em hora durante maré baixa. Salinidade e pH foram medidos apenas em ambientes com acúmulo de água: água do mar, água das poças de maré, água de fendas (pequenos corpos de água acumulada entre as rochas). A temperatura foi medida em vários locais: no ar, na água do mar, na água das poças de maré, na água de fendas, na superfície das rochas e no interior de refúgios (espaços sem água protegidos entre as rochas), tendo em vista que os animais vivem em qualquer um desses ambientes. Todas as medidas foram feitas em 6 replicatas de cada ambiente ou micro-ambiente. A temperatura interna dos animais (6 indivíduos de cada espécie) também foi determinada inserindo-se um termômetro na boca do animal e registrando-se a temperatura da sua cavidade gastrovascular. No caso das poças foram considerados estratos diferentes: superfície, meio da coluna de água e fundo. As poças possuíam entre 20 e 30 cm de profundidade, porém 3 eram maiores em extensão, com diâmetro maior medindo cerca de 1 metro. As menores apresentavam diâmetro maior entre 30 e 60 cm.

### **2.2 Análise dos dados**

A temperatura dos animais foi comparada com a da superfície de seus microhábitats, quando expostos ao ar. As comparações entre a temperatura interna das anêmonas e a temperatura medida nos diferentes hábitats do costão foram feitas através de teste Mann-

Whitney. A comparação entre a salinidade da água do mar e a salinidade da água das poças e fendas foi feita através de intervalo de confiança, sempre com  $P < 0.05$ .

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Temperatura

Anêmonas da espécie *A. bermudensis* foram encontradas nos refúgios (espaços sem água protegidos entre as rochas) ou em superfícies negativas ou inclinadas, protegidas do sol. Tal resultado também foi observado para esta espécie por Gomes *et al.* (1998) na Praia de Carneiros em Pernambuco. As anêmonas do gênero *Bunodosoma* foram encontradas na superfície das rochas (totalmente expostas), em fendas e em poças (em todos os estratos). A ocupação destes microhábitats foi descrita para *B. cangicum* por Gomes *et al.* (1998). Para a verificação da diferença de temperatura entre os animais e o microhabitat, foram selecionados os locais sem água ocupados pelas anêmonas, desta forma, a temperatura de *A. bermudensis* foi comparada com a temperatura dos refúgios e a temperatura de *B. caissarum* e *B. cangicum* foi comparada com a temperatura das rochas.

A anêmona *A. bermudensis* apresentou temperatura interna inferior à temperatura do substrato (refúgios) durante chuva, nos dois ciclos de maré (diurna e noturna) (Fig. 1A). Temperatura inferior à do substrato também foi observada em *A. bermudensis* durante exposição ao sol, nos dois ciclos de maré, apesar da temperatura do substrato aumentar durante a maré diurna e baixar durante a maré noturna (Fig. 1B).

Diferenças de temperatura entre as anêmonas do gênero *Bunodosoma* e o substrato (rocha) também foram observadas, porém são muito mais evidentes durante maré baixa diurna com sol (Fig. 1D, 1F). Durante a exposição ao sol, a temperatura das anêmonas do gênero

*Bunodosoma* foi maior que a temperatura da rocha no período entre 8 e 15 horas, o que corresponde ao período de maré baixa. No período de maré baixa noturna, a temperatura das anêmonas permanece um pouco mais baixa que a temperatura do substrato (Fig. 1C, 1D, 1E, 1F).

### 3.2 Salinidade

Comparando a salinidade entre fendas e poças percebe-se que durante a chuva ocorre diluição da água das fendas (Fig. 2A) em proporção semelhante à diluição da água da superfície das poças (Fig. 2B). Observou-se diferença entre a salinidade dos diferentes estratos das poças e também entre os estratos e a água do mar, havendo diluição da água da poça nos três estratos. A água da superfície foi a que apresentou maior diferença em relação à água do mar e também em relação aos outros estratos (Fig. 2B). Vale ressaltar que anêmonas do gênero *Bunodosoma* foram encontradas mergulhadas em poças ocupando os três estratos. Porém as anêmonas do estrato mais superficial adquiriram forma de domo durante chuva intensa.

Durante sol intenso, houve concentração da água das fendas (Fig. 2C), porém em proporção menor que a concentração da água das poças (Fig. 2D). A salinidade da água das fendas diferiu da água do mar no período entre 11 e 14 horas, quando a maré estava baixa e o sol era intenso. Os três estratos das poças não diferiram entre si, mas apresentaram diferença em relação à água do mar, pois a salinidade das poças aumentou consideravelmente durante o período de maré baixa e sol intenso que corresponde ao horário entre 11 e 13 horas. A partir das 13 horas observa-se que a salinidade da água das poças durante exposição ao sol torna-se semelhante à salinidade da água do mar (Fig. 2D), o que se deve à inundação das poças por água do mar uma vez que a maré estava subindo. Como as fendas observadas encontravam-se

em posição superior no costão, o mesmo fenômeno foi observado somente às 14 horas (Fig. 2C). O pH foi de 7,5 para todas as medidas em qualquer um dos ambientes.

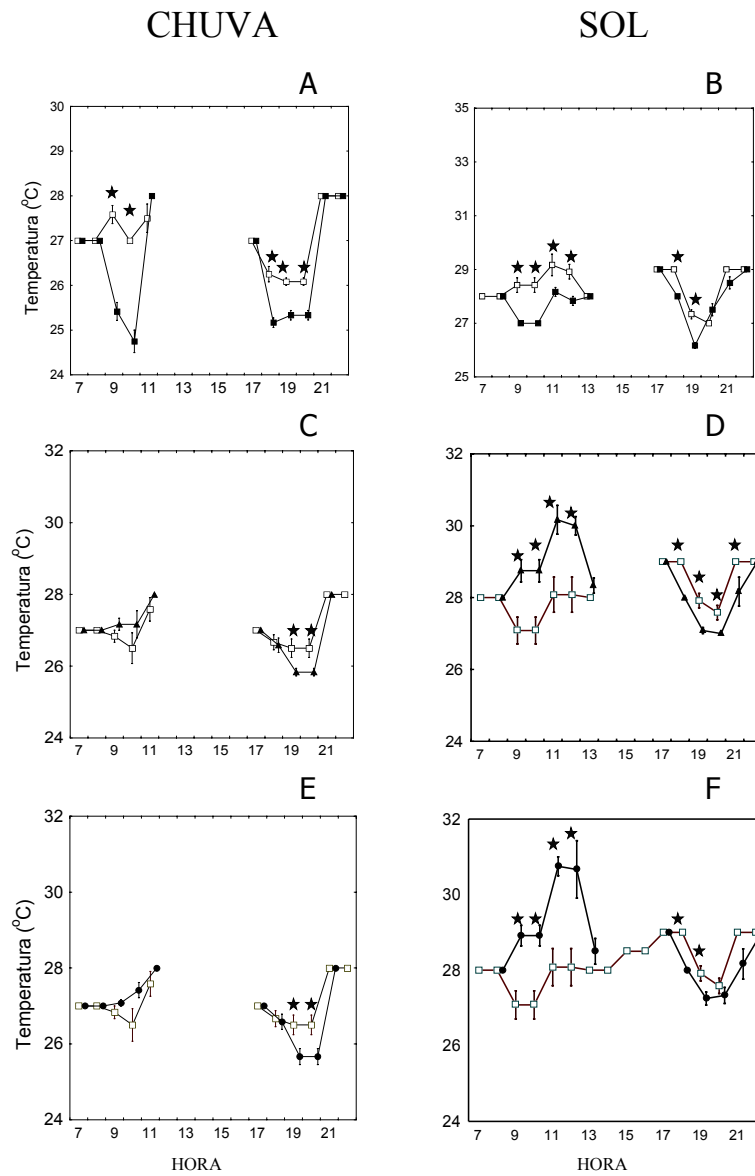


Figura 1 - Temperatura interna de *Actinia bermudensis* (■) e refúgios (□) ao longo de dois ciclos de maré com chuva (1A) e com sol (1B); temperatura interna de *Bunodosoma caissarum* (▲) e rocha (□) ao longo de dois ciclos de maré com chuva (1C) e com sol (1D); temperatura interna de *Bunodosoma cangicum* (●) e rocha (□) ao longo de dois ciclos de maré com chuva (1E) e com sol (1F). Eixos foram ajustados para maximizar a ocupação da área do gráfico

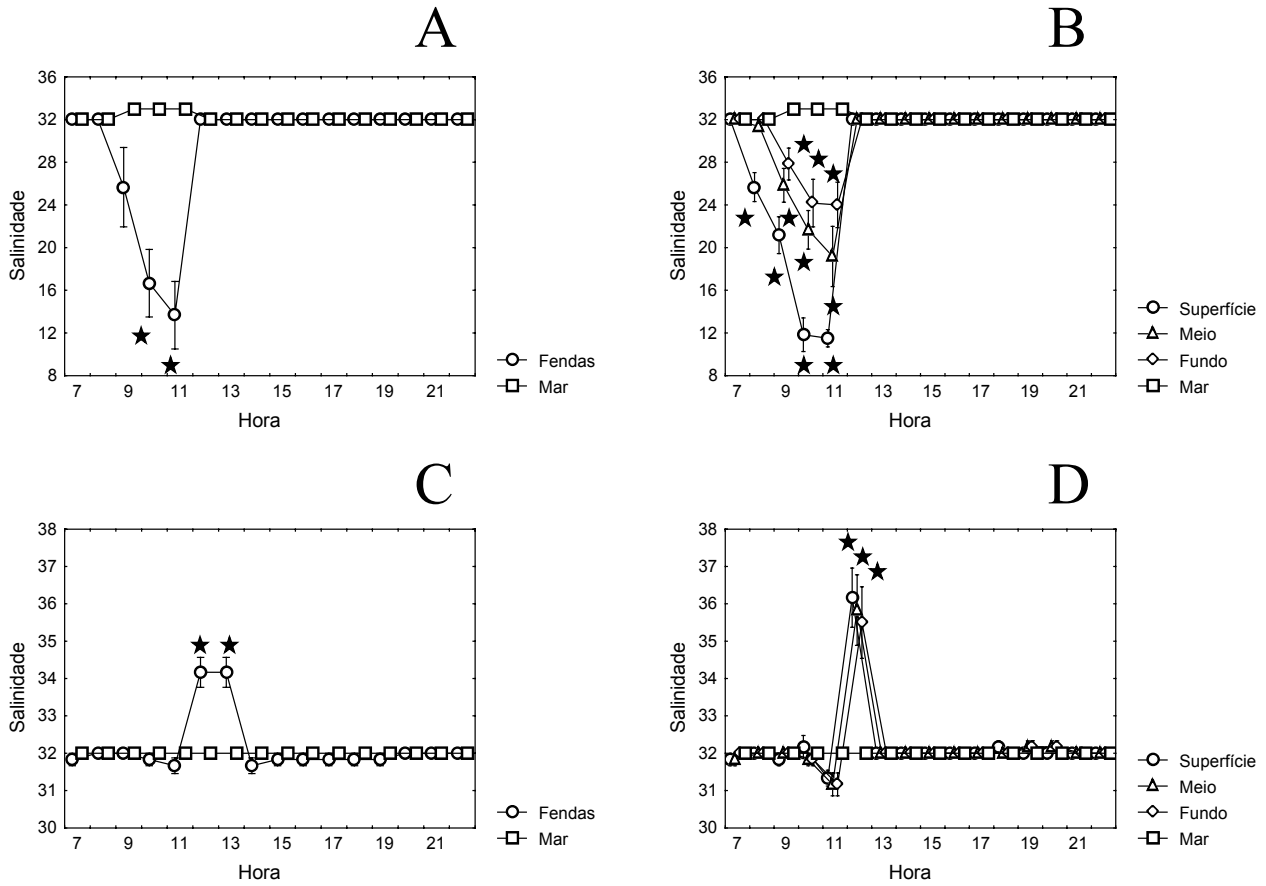


Figura 2 – salinidade da água das fendas (o) e do mar (□) durante maré baixa com chuva (2A); salinidade da água das poças: superfície (o), meio (Δ) e fundo (◇) e do mar (□) durante maré baixa com chuva (2B); salinidade da água das fendas (o) e do mar (□) durante maré baixa com sol (2C); salinidade da água das poças: superfície (o), meio (Δ) e fundo (◇) e do mar (□) durante maré baixa com sol (2D).

#### 4 DISCUSSÃO

A influência das mudanças de temperatura da água do mar sobre a comunidade entremarés tem sido relatada (e.g., Barry *et al.*, 1995; Sagarin *et al.*, 1999). Porém, pouco se investigou sobre a importância da exposição ao ar em organismos de zona entremarés em ambiente com variações de temperatura (Denny e Paine, 1998). Alterações de temperatura durante exposição ao ar excedem aquelas que ocorrem durante maré alta, principalmente em organismos que ocupam as zonas mais altas do costão (Helmuth e Hofmann, 2001), desta forma a temperatura é um fator limitante para organismos da região entremarés e estratégias que diminuem a ação direta do sol são essenciais para organismo que ocupam esta região.

*Actinia bermudensis* apresentou temperatura corporal inferior à temperatura do ambiente em que se encontrava em todas as situações observadas. Mesmo na situação de maré baixa com sol. Em contrapartida, as anêmonas do gênero *Bunodosoma* apresentaram temperatura interna maior que a do substrato durante maré baixa diurna com sol. É provável que esta diferença se deva ao fato de que as anêmonas do gênero *Bunodosoma* ficam expostas ao sol durante maré baixa e o mesmo não acontece com *A. bermudensis*, que ocupa refúgios, ou seja, espaços entre as rochas protegidos do sol. Apesar de ocupar regiões mais altas no costão (acima da marca de 1 metro), *A. bermudensis* não fica exposta ao sol, o que explica sua temperatura corporal mais baixa que a temperatura corporal das anêmonas do gênero *Bunodosoma*. *Bunodosoma caissarum* e *B. cangicum* também apresentaram temperatura interna diferente do substrato nos ciclos de maré com sol, maior que a rocha durante maré diurna e menor que a rocha durante maré noturna. De fato, invertebrados ectotérmicos submersos tendem a ter temperatura interna semelhante à da água que os rodeia. Em contraste, durante exposição ao ar, fatores climáticos, como temperatura do ar, vento, radiação solar e umidade relativa do ar interagem na determinação da temperatura corporal de animais expostos. Desta forma, um invertebrado exposto durante maré baixa pode apresentar

temperatura interna diferente do substrato em que se encontra ou do ar que o envolve (Helmuth, 1998). A presença de microhábitats no costão permite que haja heterogeneidade térmica, que por sua vez determina o estresse fisiológico sofrido pelo animal exposto e conseqüentemente influencia sua distribuição no costão. Esta diferença de temperatura mantida no corpo do animal em relação ao substrato minimiza a amplitude de variação térmica sofrida por ele durante a maré baixa, permitindo, assim, que este animal ocupe esta região.

Apesar de atingir regiões mais altas no costão em comparação com *B. caissarum* e *B. cangicum*, *A. bermudensis* fica restrita a microambientes protegidos do sol. As anêmonas do gênero *Bunodosoma* toleram exposição direta ao sol, ficando menos restritas em sua distribuição, podendo ocupar superfícies de rocha totalmente expostas ao sol. Durante o período de maré baixa, as anêmonas do gênero *Bunodosoma* que ficam expostas ao sol produzem muco, o que evita a dessecação do animal e permite sua sobrevivência na superfície das rochas expostas ao sol (vide capítulo 3). Vale ressaltar, porém, que os indivíduos da espécie *B. caissarum* que ficam expostos ao sol são os de maior tamanho, indivíduos menores desta espécie tendem a viver em zonas mais baixas no costão. Por outro lado, *A. bermudensis* ocupa uma região do costão que não é ocupada por nenhuma outra espécie de anêmona. É possível que *A. bermudensis* evite competição com outras espécies de anêmona desta forma, ou que talvez não ocupe regiões mais baixas do costão, livres de dessecação, por não ser boa competidora.

Anêmonas da espécie *Actinia bermudensis* não foram encontradas em poças de maré e em fendas, diferentemente de *B. caissarum* e *B. cangicum* que são bastante comuns nestes microhábitats. Foram observadas alterações bastante significativas de salinidade nestes ambientes, e os animais que aí vivem estão constantemente sujeitos a estas alterações, seja concentração durante sol intenso, ou diluição durante chuva. Capacidade de tolerância a

alteração de salinidade já foram descritas para algumas espécies de anêmonas (Bensom-Rodenbough e Ellington, 1982; Pierce e Minasian, 1974; Bursey e Harmer, 1974; Deaton e Hoffmann, 1988), porém pouco se sabe sobre a relação entre alterações de salinidade no ambiente de zona entremarés e sua ocupação por anêmonas.

A ocupação de superfícies negativas ou inclinadas protege *A. bermudensis* de dessecação. O fato de que esta espécie não produz (ou produz quantidade muito pequena) de muco e não possui artefatos de proteção contra a radiação solar, explica sua ocupação exclusiva de ambientes protegidos do sol. Apesar de ser tolerante à alterações de salinidade (capítulo 3) *A. bermudensis* não ocupa as poças de maré. Como as poças são ocupadas por outras espécies de anêmonas, é possível que a competição seja o motivo da ausência desta espécie nestes microhabitats do costão. A importância da inclinação do substrato para reduzir o estresse térmico e a dessecação foi demonstrada em alguns trabalhos com invertebrados de zona entremarés (Wethey, 1983, 1984; Menconi *et al.* 1999). Apesar do crescente conhecimento a respeito da ecofisiologia dos organismos da região entremarés pouco se sabe sobre a influência da temperatura e da salinidade na fisiologia e nas interações ecológicas dos organismos que ocupam este ambiente. Conforme descrito neste trabalho, a temperatura e a salinidade são fundamentais para a seleção de microhabitats no costão por organismos da região entremarés, e a tolerância a estes fatores associada a interações ecológicas são fundamentais na distribuição vertical destes organismos.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRY, J. P.; BAXTER, C. H.; SAGARIN, R. D.; GILMAN, S. E. (1995). Climate-related, long-term faunal changes in a California rocky intertidal community. *Science* 267: 672-675.
- BELL, E. C. (1995). Environmental and morphological influences on thallus temperature and desiccation on the intertidal alga *Mastocarpus papillatus* Kützing. *J. Exp. Mar. Biol. Ecolol.* 191: 29-55.
- BENSON-RODENBOUGH, B.; ELLINGTON, W. R. (1982): Responses of euryaline sea anemone *Bunodosoma cavernata* (Bosc) (Anthozoa, Actinaria, Actiniidae) to osmotic stress. *Comp. Biochem. Physiol.*, 72:4, 731 - 735.
- BERTNESS, M.D. (1981). Predation, physical stress, and the organization of a tropical rocky intertidal hermit crab community. *Ecology* 62: 411-425.
- BURSEY, C. R.; HARMER, J. A. (1979): Induced changes in osmotic concentration of the coelenteron fluid of the anemone *Condylactis gigantea*. *Comp. Bioch. Physiol.* 64: 73-76.
- CHA, H. R.; BUDDEMEIER, R. W.; FAUTIN, D. G.; SANDHEI, P. (2004): Distribution of sea anemones (CNIDARIA, ACTINIARIA) in Korea analyzed by environmental clustering. *Hydrobiologia* 530: 497-502.

- CHAPPLE, J. P.; SMERDON, G. R.; BERRY, R. J.; HAWKINS, A. J. S. (1998). Seasonal changes in stress-70 protein levels reflect thermal tolerance in the marine bivalve *Mytilus edulis* L. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 229: 53-68.
- DAHLHOFF, E. P.; BUCKLEY, B. A.; MENGE, B. A. (2001). Feeding of the rocky intertidal predator *Nucella ostrina* along and environmental stress gradient. *Ecology* 82: 2816-2829.
- DEATON, L. E.; HOFFMANN, R. J. (1988): Hypoosmotic volume regulation in the sea anemone *Metridium senile*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 91:1, 187 - 191.
- DENNY, M. W.; PAINE, R. T. (1998): Celestial mechanics, sea-level changes, and intertidal ecology. *Biol. Bull.* 194: 108-115.
- DOTY, M. S. (1946). Critical tide factors that are correlate with the vertical distribution of marine algae and other organisms along the Pacific coast. *Ecology* 27: 315-328.
- GOMES, P. B.; BELEM, M. J.; SCHLENZ, E. (1998). Distribution, abundance and adaptations of three species of Actiniidae (Cnidaria, Actiniaria) on an intertidal beach rock in Carneiros Beach, Pernambuco, Brazil. *Miscel. Zool.* 21 (2): 65-72.
- HELMUTH, B. S. T. (1998). Intertidal mussel microclimates: Predicting the body temperature of a sessile invertebrate. *Ecol. Monogr.* 68: 29-52.

- HELMUTH, B. (1999). Thermal biology of rocky intertidal mussels: quantifying body temperatures using climatological data. *Ecology* 80: 15-34.
- HELMUTH, B. S. T.; HOFMANN, G. E. (2001). Microhabitats, thermal heterogeneity, and patterns of physiological stress in the rocky intertidal zone. *Biol. Bull.* 201: 374-384.
- HOFFMAN, G. E.; SOMERO, G. N. (1995). Evidence for protein damage at environmental temperature: seasonal changes in levels of ubiquitin conjugates and Hsp70 in the intertidal mussel *Mytilus trossulus*. *J. Exp. Biol.* 198: 1509-1518.
- HOFFMAN, G. E.; SOMERO, G. N. (1996a). Interspecific variation in thermal denaturation of proteins in the congeneric mussels *Mytilus trossulus* and *M. galloprovincialis*: evidence from the heat-shock response and protein ubiquitination. *Mar. Biol.* 126: 65-75.
- HOFFMAN, G. E.; SOMERO, G. N. (1996b). Protein ubiquitination and stress protein synthesis in *Mytilus trossulus* occurs during recovery from tidal emersion. *Mol. Mar. Biol. Biotechnol.* 5: 175-184.
- HUTCHINS, L. W. (1947). The basis for temperature zonation in geographical distribution. *Ecol. Monogr.* 17:325-335.
- MENCONI, M. ; BENEDETTI-CECCHI, L.; CINELLI, F. (1999): Spatial and temporal variability and distribution of algae and invertebrates on rocky shores in the northwest Mediterranean. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 233: 1-23.

- MENGE, B. A.; OLSON A.M. (1990). Role of scale and environmental factors in regulation of community structure. *Trends Ecol. Evol.* 5: 52-57.
- ORTON, J. H. (1929<sup>a</sup>). Observations on *Patella vulgata* Part III. Habitat and Habits. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 16:277-288.
- ORTON, J. H. (1929<sup>b</sup>). On the occurrence of *Echinus esculentus* on the foreshore in the British Isles. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 16:289-296.
- PIERCE, S. K.; MINASIAN, L. L. (1974): Water balance of a euryhaline sea anemone *Diadumene leucolena*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 49:1, 159 - 167.
- RICHARDSON, D. L.; HARRIOTT, V. J.; HARRISON, P. L. (1997): Distribution and abundance of giant sea anemones (ACTINIARIA) in subtropical eastern Australian waters. *Mar. Fresh. Resear.* 48 (1): 59-66.
- ROBERTS, D. A.; HOFMANN, G. E.; SOMERO, G. N. (1997). Heat-shock protein expression in *Mytilus californianus*: acclimatization (seasonal and tidal-height comparisons) and acclimation effects. *Biol Bull.* 192: 309-320.
- SAGARIN, R. D.; BARRY, J. P.; GILMAN, S. E.; BAXTER, C. H. (1999). Climate-related change in an intertidal community over short and long time scales. *Ecol. Monogr.* 69: 465-490.

- SNYDER, M. J.; GIRVETZ, E.; MULDER, E. P. (2001). Induction of marine mollusc stress proteins by chemical or physical stress. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 41: 22-29.
- SNYDER, M. J.; ROSS, S. (2004): Stress protein (HSP70 family) expression in intertidal benthic organisms: the example of *Anthopleura elegantissima* (Cnidaria: Anthozoa). *Scie. Mar.* 68: 155-162.
- STILLMAN, J. H. SOMERO, G. N. (1996). Adaptation to temperature stress and aerial exposure in congeneric species of intertidal porcelain crabs (genus *Petrolisthes*): correlation of physiology, biochemistry and morphology with vertical distribution. *J. Exp. Biol.* 199: 1845-1855.
- TOMANEK, L.; SOMERO, G. N. (1999). Evolutionary and acclimation-induced variation in the heat-shock responses of congeneric marine snails (genus *Tegula*) from different thermal habitats: implications for limits of thermotolerance and biogeography. *J. Exp. Biol.* 202: 2925-2936.
- VIDOLIN, D.; SANTOS, I. A.; FREIRE, C. A. O. (2002): Osmotic stability of the coelomic fluids of a sea-cucumber (*Holothuria grisea*) and a starfish (*Asterina stellifera*) (Echinodermata) exposed to the air during low tide: a field study. *Acta Biol. Paranaense* 31: 113-121.
- WETHEY, D. S. (1983). Geographic limits and local zonation: the barnacles *Semibalanus* (*Balanus*) and *Chthamalus* in New England. *Biol. Bull.* 165: 330-341.

WETHEY, D. S. (1984). Sun and shade mediate competition in the barnacles *Chthamalus* and *Semibalanus*: a field experiment. *Biol. Bull.* 167: 176-185.

WILLIAMS, G. A.; MORRITT, D. (1995). Habitat partitioning and thermal tolerance in a tropical limpet, *Cellana grata*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 124: 89-103.

**Capítulo 3** – Tolerância à alteração de salinidade e à dessecação em anêmonas-do-mar de região entremarés.

## 1 INTRODUÇÃO

Cnidários, com exceção das hidras do gênero *Hydra* e da água-viva *Craspedacusta sowerbyi* dulcícolas, são restritos ao ambiente marinho. Anêmonas, em particular, são consideradas estenohalinas, ou seja, de baixa tolerância a alterações na salinidade da água do mar. Contudo certos representantes do grupo parecem tolerar variações moderadas e até mesmo grandes da concentração da água do mar. A anêmona *Bunodosoma cavernata* sobrevive a salinidades de 11 a 49‰ (Bensom-Rodenbough e Ellington, 1982); *Diadumene leucolena* tolera diluições de água do mar até 6‰ (Pierce e Minasian, 1974); *Condylactis gigantea* sobrevive a alterações de salinidade entre 20 e 46‰ (Burse e Harmer, 1974). Deaton e Hoffmann (1988) mostraram que a anêmona *Metridium senile* tolera diluições de salinidade de 31,6‰ (água do mar) até 17,3‰, mas morrem em três dias se expostas a 12,6‰.

Anêmonas transferidas experimentalmente de uma salinidade para outra mostram mudanças na concentração do líquido da cavidade gastrovascular, no sentido de se igualarem ao meio externo. Contudo, são necessárias algumas horas para que haja estabilização entre o líquido da cavidade gastrovascular e o meio externo. Este tempo pode ser aumentado se as anêmonas não se alimentam, mantendo a boca fechada e conseqüentemente mantendo o líquido da cavidade gastrovascular isolado em relação ao meio externo (Burse e Minasian, 1979).

A manutenção de água do mar dentro da cavidade gastrovascular preserva os tecidos internos de estresse osmótico e iônico. Porém, havendo alterações de salinidade, as células são obrigadas a regular seu volume celular. Alguns trabalhos (Bensom-Rodenbough e

Ellington, 1982; Kasschau *et al.*, 1984; Pierce e Minasian, 1974) sugerem capacidade de regulação parcial do teor de água dos tecidos em anêmonas. Deaton e Hoffmann (1988) e Herrera *et al.* (1989) mostraram capacidade de regulação do volume celular, respectivamente, pelas anêmonas *Condylactis gigantea* e *Metridium senile*.

A regulação de volume celular na anêmona *Diadumene leucolena* envolve a regulação da concentração de aminoácidos livres que têm papel osmoticamente ativo como solutos na célula (Pierce e Minasian, 1974). Aumento de salinidade e de temperatura induzem aumento na concentração de aminoácidos livres na anêmona *Bunodosoma cavernata*. A concentração aumentada de aminoácidos atua na retenção osmótica de água pelos tecidos. Os aminoácidos encontram-se em concentrações maiores no verão do que no inverno, mostrando aclimatização destes animais a períodos de maiores alterações de salinidade e temperaturas mais elevadas (Howard *et al.*, 1987). As concentrações de  $\beta$  alanina aumentam rapidamente com o aumento da salinidade e caem rapidamente quando a salinidade é reduzida, mostrando que este aminoácido exerce importante papel na regulação de volume celular na anêmona *Bunodosoma cavernata* (Kasschau *et al.*, 1984). Male e Storey (1983) mostraram que ocorre síntese de aminoácidos controlada durante estresse osmótico na anêmona *Anthopleura xanthogramnica*.

Não foram encontrados na literatura trabalhos mostrando regulação de água tecidual em anêmonas expostas ao ar, como ocorre na região entre marés, ou ainda estudos de campo sobre a tolerância de anêmonas a alterações de salinidade e dessecação. O objetivo deste trabalho é o de investigar comparativamente a tolerância a alterações de salinidade, dessecação e controle do teor hídrico dos tecidos nas anêmonas *Bunodosoma caissarum*, *Bunodosoma cangicum*, *Actinia bermudensis*, *Anemonia sargassensis* e *Anthopleura cascaia*. A hipótese testada é a de que a tolerância fisiológica explica a distribuição vertical destes animais na zona entremarés em um costão rochoso do litoral sul do Brasil.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Coleta e manutenção dos animais**

Exemplares das cinco espécies de anêmonas foram coletados em Itapoá, SC. Os animais foram cuidadosamente retirados do substrato manualmente, acondicionados em caixa de isopor e transportados para o Laboratório de Fisiologia Comparada da Osmorregulação, Departamento de Fisiologia, UFPR. Foram aclimatados em aquário estoque com água 32‰, pH 7,5, fotoperíodo natural, temperatura ambiente (23°C – 26°C). Os parâmetros utilizados para a aclimação foram embasados em observações de campo. Os animais foram alimentados com carne de peixe semanalmente. Os animais ficaram em aclimação por 1 - 2 semanas. Depois de aclimatados foram submetidos aos experimentos de tolerância à alteração de salinidade e tolerância à dessecação.

### **2.2 Tolerância à alteração de salinidade**

Anêmonas das cinco espécies (n=6 para cada espécie) foram submetidas às seguintes condições experimentais: água doce (<0,5‰), água do mar diluída (5‰) e água do mar concentrada (45‰) por período de 2 horas. O período de 2 horas foi escolhido por ser o tempo aproximado que os animais ficam expostos durante maré baixa. O diâmetro do disco pedal de todos os animais foi medido utilizando-se um paquímetro. Foi realizada observação do comportamento dos animais durante a exposição e após o período de observação os animais sobreviventes foram colocados em água 32‰ para recuperação.

### **2.3 Tolerância à dessecação**

#### **2.3.1 Microscopia eletrônica de varredura**

Anêmonas das espécies *B. caissarum*, *B. cangicum* e *A. bermudensis* foram expostas ao ar (sombra) por um período de 20 minutos a fim de se induzir a produção de muco. Após

este período foram realizados cortes da parede do corpo para observação de sua face externa através de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Este procedimento foi realizado apenas com 3 espécies de anêmonas porque antes de ser realizado com as outras duas espécies, foi feito o experimento com fotografia binocular estereoscópica, que se mostrou mais eficaz que a microscopia eletrônica de varredura. A fotografia binocular estereoscópica foi então realizada com as 5 espécies.

Os fragmentos de tecido (~5 mm) foram preparados conforme o seguinte protocolo:

- Fixação: glutaraldeído 2,5% em tampão cacodilato 0,1M, pH 7,2 com 400 mM de NaCl (para manter osmolalidade do fixador semelhante à da água em que os animais se encontravam) por 2 horas em temperatura ambiente.
- Lavagem em tampão cacodilato de sódio 0,1M com NaCl (0,4 M), 3 vezes de 10 minutos cada.
- Pós-fixação: tetróxido de ósmio 1% em tampão cacodilato de sódio 0,1 M com NaCl (0,4 M) por 15 minutos, no escuro e à temperatura ambiente.
- Lavagem em tampão cacodilato de sódio 0,1M com NaCl (0,4 M), 3 vezes.
- Desidratação: passagem por álcool 50%, 70%, 90% e 100% (2 vezes pelo de 100%) por período de 15 minutos cada.

Uma vez desidratados os fragmentos foram submetidos ao aparelho de ponto crítico e então foram observados ao microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM 6360 LV scanning electron microscope e, então, fotografados.

### 2.3.2 Fotografia em binocular estereoscópica

Como poderia ocorrer retirada do muco da parede do corpo dos animais durante a desidratação para a microscopia eletrônica de varredura, foi realizado um experimento de desidratação com fotografia da parede do corpo dos animais após a exposição ao sol sem nenhum artefato. Seis exemplares de cada uma das 5 espécies foram colocados em bandejas

de plástico e expostos ao sol por período de 1 hora e 30 minutos para observação da tolerância à dessecação e observação da produção de muco pela parede do corpo. Após expostos ao sol pelo período de tempo acima descrito os animais foram fotografados em microscópio estereoscópio e devolvidos à água de salinidade 32 ‰ para recuperação, onde foram observados por período de três dias. Os animais ficariam, inicialmente, expostos por 2 horas para simular o período médio de marés, mas como estavam em bandejas, em 1 hora e 30 minutos os animais já haviam produzido muco e algumas áreas do corpo estavam sofrendo ressecamento, o que levou a parar a exposição para fotografa-los e coloca-los em recuperação.

#### **2.4 Regulação do teor hídrico tecidual**

As atividades para a determinação do teor hídrico tecidual foram feitas em campo durante maré baixa, em um dia ensolarado de verão (janeiro de 2006) com temperatura do ar de 28°C. Foram retirados fragmentos da parede do corpo de 12 animais de cada uma das 5 espécies, 6 animais que ficaram continuamente submersos (não expostos ao ar durante a maré baixa) que formaram o grupo controle e seis animais que ficaram expostos ao sol por período de 1 hora no seu habitat natural. Não foi possível obter amostras de tecido de animais expostos a mais tempo devido à subida da maré. Os fragmentos foram acondicionados em tubos que foram lacrados e colocados em gelo durante o transporte para o laboratório. Cada fragmento foi pesado em balança analítica (peso úmido) e, foi então colocado em estufa (60°C) por 36 horas para desidratação. Depois de desidratados os fragmentos foram novamente pesados para a obtenção do peso seco. O teor de hidratação dos animais foi determinado através da fórmula:

$$Th = [ (Pu - Ps) \times 100 ] \div Pu$$

Onde: Th - teor de hidratação

Pu – peso úmido

Ps – peso seco.

## 2.5 Osmolalidade do líquido da cavidade gastrovascular

A coleta de líquido da cavidade gastrovascular foi feita em campo em animais expostos ao ar durante maré baixa por 1 hora. Foi colocado um tubo eppendorf (1 ml) com sua abertura na boca de cada animal ( $n = 6$ ) o tubo foi pressionado levemente contra o animal para que este se contraísse e expulsasse o líquido da cavidade gastrovascular, que foi então coletado. Cada tubo foi imediatamente tampado, lacrado com parafilme e acondicionado em gelo para transporte até o laboratório, amostra de água do mar adjacente também foi coletada. A osmolalidade do líquido da cavidade gastrovascular dos animais e da água do mar adjacente foi lida em micro-osmômetro de pressão de vapor Wescor VAPRO 5520. Este procedimento não foi realizado com a espécie *A. sargassensis* por esta não reter líquido na cavidade gastrovascular.

## 2.6 Análise dos dados

O teor de hidratação dos tecidos dos animais controle e expostos ao ar foi comparado através de teste *t* de Student ( $p < 0,05$ ) para cada espécie. A osmolalidade da água do mar e do líquido da cavidade gastrovascular foi comparada através de teste de intervalo de confiança ( $p < 0,05$ ).

# 3 RESULTADOS

## 3.1 Resposta diante de alteração de salinidade

Com relação ao teste de tolerância a alteração de salinidade, com exceção de *A. sargassensis*, todos os animais adquiriram forma de domo (recolheram os tentáculos para dentro da cavidade gastrovascular) em todas as situações experimentais (Tab. 1). Com relação à produção de muco, apenas *A. cascaia* produziu muco em todas as situações experimentais, *B. caissarum* e *B. cangicum* produziram muco nas situações de diluição da água do mar e as

anêmonas *A. bermudensis* e *A. sargassensis* não produziram muco em nenhuma das situações (Tab. 1). Os três indivíduos menores de *B. caissarum* e *A. sargassensis* e os dois menores de *B. cangicum* desprenderam-se do substrato quando colocados em água doce; este comportamento não foi observado nas outras situações experimentais (Tab. 1). Com exceção de *A. sargassensis* nas situações de redução de salinidade todos os animais recuperaram-se após terem sido colocados em água 32‰ (Tab. 1).

Após expostos à água doce as anêmonas da espécie *B. caissarum* ficaram bastante debilitadas, apresentando degradação do tecido da parede do corpo. Após serem submetidos à recuperação em água com 32‰ os animais demoraram cerca de 2 horas para começar a movimentar os tentáculos, mas todos os indivíduos recuperaram-se. As anêmonas das espécies *B. cangicum*, *A. cascaia* e *A. bermudensis* não ficaram debilitadas e voltaram a movimentar seus tentáculos poucos minutos após terem sido colocadas em recuperação em salinidade 32‰. Todos os indivíduos da espécie *Anemonia sargassensis* morreram após serem submetidos à água doce.

Tabela 1- Comportamento das anêmonas diante da alteração de salinidade.

	Forma de domo			Produção de muco			Animais menores desprenderam-se do substrato			Recuperação		
	<0.5‰	5‰	45‰	<0.5‰	5‰	45‰	<0.5‰	5‰	45‰	<0.5‰	5‰	45‰
<i>B. caissarum</i>	S	S	S	S <sup>+</sup>	S <sup>+</sup>	N	S	N	N	S <sup>+</sup>	S <sup>++</sup>	S <sup>++</sup>
<i>B. cangicum</i>	S	S	S	S <sup>++</sup>	S <sup>++</sup>	N	S	N	N	S <sup>++</sup>	S <sup>++</sup>	S <sup>++</sup>
<i>A. cascaia</i>	S	S	S	S <sup>+</sup>	S <sup>+</sup>	S <sup>+</sup>	N	N	N	S <sup>++</sup>	S <sup>++</sup>	S <sup>++</sup>
<i>A. bermudensis</i>	S	S	S	N	N	N	N	N	N	S <sup>++</sup>	S <sup>++</sup>	S <sup>++</sup>
<i>A. sargassensis</i>	N	N	N	N	N	N	S	N	N	N	N	S <sup>+</sup>

N = não; S = sim; para o parâmetro produção de muco, S<sup>+</sup> significa pouca produção de muco e S<sup>++</sup> significa muita produção de muco; para o parâmetro recuperação, S<sup>+</sup> significa recuperação lenta (mais de 6 horas) e S<sup>++</sup> significa recuperação rápida (menos de 6 horas).

### 3.2 Exposição ao ar

Através dos experimentos de dessecação, onde os animais foram expostos ao ar por período de 20 minutos, na sombra, observou-se que as anêmonas *B. caissarum* e *B. cangicum*

produziram muco quando expostas ao ar (Fig. 1 A e B). A produção de muco foi nitidamente maior em *B. cangicum* que em *B. caissarum*, embora não tenha sido possível quantificar esta diferença. *Actinia bermudensis* não produziu muco quando exposta ao ar. (Fig. 1C).

No experimento de tolerância à dessecação, em que os animais foram expostos ao sol por período de 1:30 h, a única espécie de anêmona que não produziu muco foi *A. sargassensis* (Fig. 2 D), todos os indivíduos desta espécie morreram durante o experimento. Todas as outras espécies produziram muco, porém a produção de muco foi nitidamente maior em *B. cangicum* (Fig. 2 B); a produção de muco nas espécies *B. caissarum*, *A. cascaia* e *A. bermudensis* foi semelhante (Fig. 2 A, C e E). Todos os exemplares das espécies *B. caissarum*, *B. cangicum*, *A. cascaia* e *A. bermudensis* recuperaram-se após terem sido colocadas em água 32‰. *Bunodosoma caissarum* voltou a apresentar comportamento normal (fixadas no substrato e com coroa de tentáculos aberto) após 48 horas de recuperação. Vale ressaltar que as anêmonas desta espécie tiveram degradação do tecido epidérmico da região exposta ao sol. *Bunodosoma cangicum* voltou a apresentar comportamento normal entre 2 e 3 horas após o experimento. *Anthopleura cascaia* e *A. bermudensis* apresentaram comportamento normal decorridas 14-16 horas após o experimento.

### 3.3 Regulação do teor hídrico tecidual *in situ*

Com relação à regulação do teor hídrico tecidual, não houve diferença significativa entre o teor de hidratação dos tecidos dos animais controle e expostos das espécies *Bunodosoma caissarum*, *Bunodosoma cangicum*, *Actinia bermudensis* e *Anthopleura cascaia*. Porém, houve diferença entre o teor de hidratação de animais controle e expostos da espécie *A. sargassensis* (Fig. 3).

### 3.4 Osmolalidade do líquido da cavidade gastrovascular

Não houve diferença significativa entre a osmolalidade do líquido da cavidade gastrovascular e a osmolalidade da água do mar para nenhuma das espécies (Fig. 4).

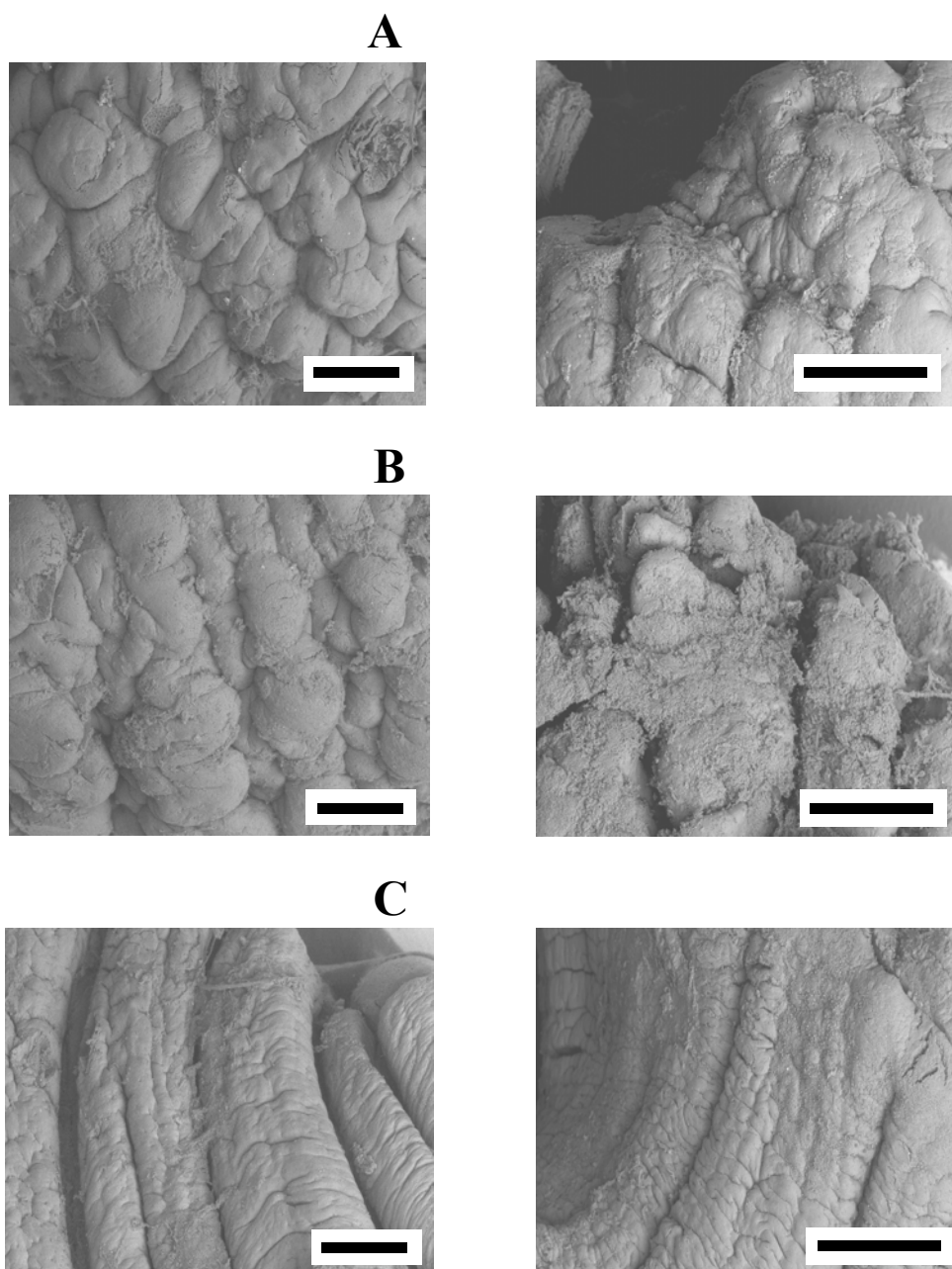


Figura 1 – Micrografias ao microscópio eletrônico de varredura da face externa da parede do corpo de *Bunodosoma caissarum* (A), *Bunodosoma cangicum* (B) e *Actinia bermudensis* (C), comparando animais controle (lado esquerdo) com animais expostos ao ar por 20 minutos (lado direito). Barra = 1 mm.

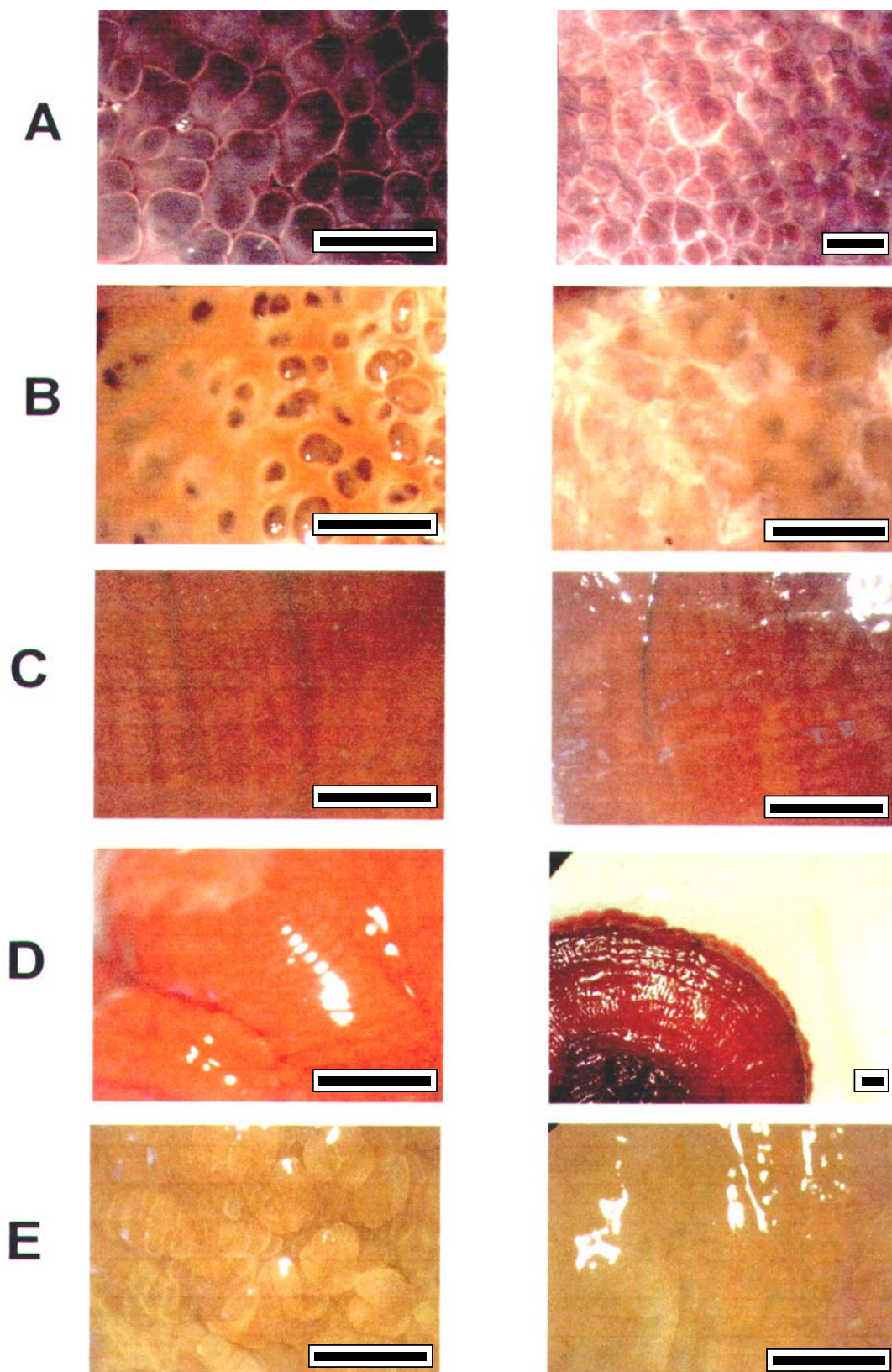


Figura 2 – Fotografias em binocular estereoscópica da face externa da parede do corpo de *Bunodosoma caissarum* (A), *Bunodosoma cangicum* (B), *Actinia bermudensis* (C), *Anemonia sargassensis* (D) e *Anthopleura cascaia* (E), comparando animais controle (lado esquerdo) com animais expostos ao sol por 1:30 h (lado direito). Barras = 5mm.

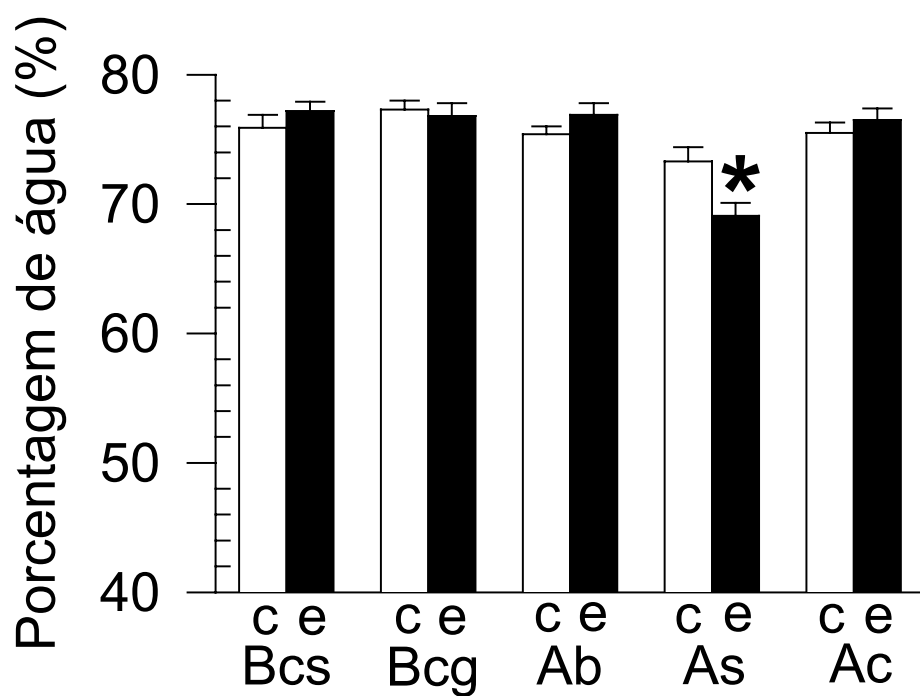


Figura 3- Teor de hidratação das anêmonas *Bunodosoma caissarum* (Bcs), *Bunodosoma cangicum* (Bcg), *Actinia bermudensis* (Ab), *Anemonia sargassensis* (As) e *Anthopleura cascaia* (Ac), comparando-se animais controle (barras brancas) e após uma hora de exposição ao sol (barras pretas). Diferença significativa (\*)  $p < 0,05$ .

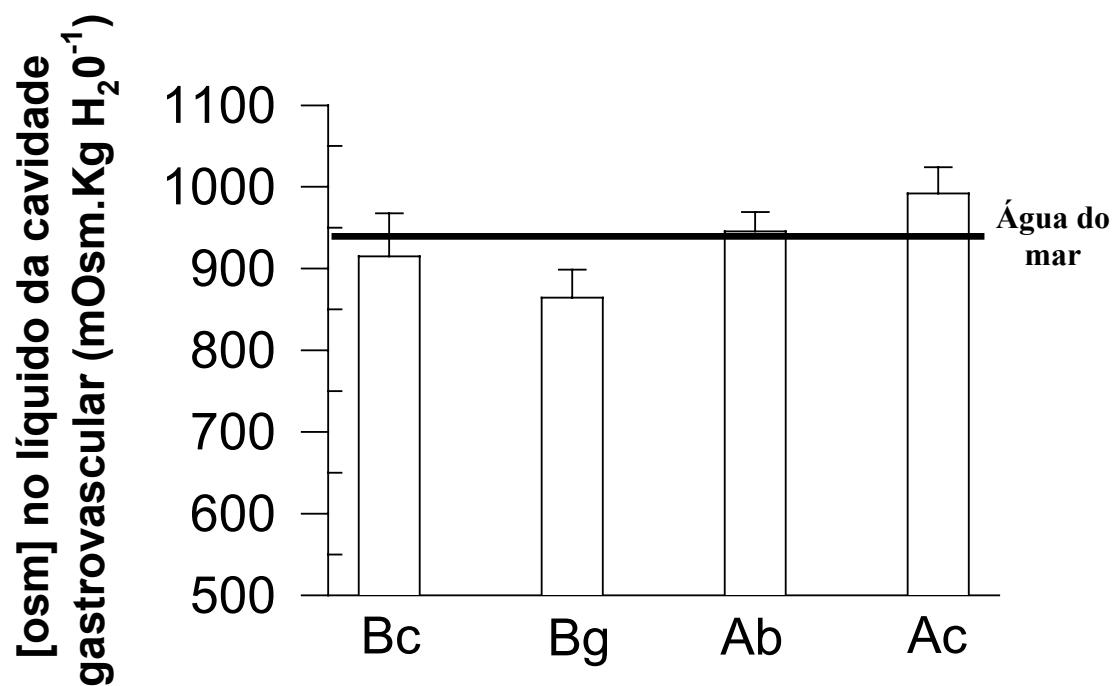


Figura 4- Osmolalidade [Osm] do líquido da cavidade gastrovascular (barras) das anêmonas *Bunodosoma caissarum*, *Bunodosoma cangicum*, *Actinia bermudensis* e *Anthopleura cascaia* em comparação com a osmolalidade da água do mar (linha).

## 4 DISCUSSÃO

*Anemonia sargassensis* foi a única espécie que não adquiriu forma de domo quando exposta à alterações de salinidade. A forma de domo reduz a superfície de contato do animal com o ambiente externo, diminuindo a ação das alterações de salinidade da água e do dessecamento. É de se esperar que anêmonas que habitam a região entremarés apresentem este comportamento uma vez que estão sujeitas a alterações de salinidade e ao dessecamento durante períodos de maré baixa. De fato, todas as espécies analisadas neste trabalho, com exceção de *A. sargassensis*, formaram domo quando expostas à água com alteração de salinidade ou ao ar. *A. sargassensis* não ocorre em regiões mais altas do costão (vide capítulo 1) a não ser em poças, e quando presente em poças ocupa estratos mais profundos de poças maiores onde as alterações de salinidade são menores (vide capítulo 2). Desta forma anêmonas da espécie *A. sargassensis* que ocupam a região entremarés, por estarem em estratos mais baixos ficam pouco tempo expostas ao ar. *A. sargassensis* forma agregados de vários indivíduos, o que também é uma forma de diminuir a dessecação. Formação de agregados para diminuir a dessecação foi observada em gastrópodos de região entremarés por Levings e Garrity (1983).

Outro fator importante para a tolerância à dessecação é a produção de muco, uma vez que o mesmo recobre o corpo do animal evitando a perda de água durante exposição ao ar (Stotz, 1979). O muco também pode evitar o contato da superfície do animal com água diluída ou concentrada, sendo um mecanismo importante nas situações de alterações de salinidade. Comparando as duas espécies do gênero *Bunodosoma*, que ficam expostas diretamente ao sol durante a maré baixa, *B. cangicum* produz quantidade maior de muco que *B. caissarum*. No experimento de alteração de salinidade, *B. cangicum* recuperou-se mais rapidamente que *B. caissarum*, Vale ressaltar que o tamanho dos animais das duas espécies

submetidos ao experimento era semelhante, não sendo a diferença de tolerância devida a relação superfície volume. A ocupação de microhabitats expostos ao sol e sujeitos a alterações de salinidade (superfície de rochas e poças) por *B. cangicum* também foi observada na Praia de Carneiros, em Pernambuco, por Gomes et al. (1998). No costão, os estratos mais altos são ocupados por anêmonas da espécie *B. caissarum* de tamanho maior; os indivíduos menores não ficam expostos diretamente ao sol em regiões mais altas do costão e como visto no capítulo 1, o recrutamento nesta espécie somente ocorreu nos estratos mais baixos. Este fato pode ser explicado pela relação superfície volume; os animais maiores têm uma superfície corporal relativamente menor que os animais menores, sofrendo menos as consequências das alterações de salinidade e da dessecação. É provável que a capacidade diferenciada de produção de muco entre as duas espécies deste gênero seja um fator importante na ocupação de determinadas áreas pelos animais, já que é um fator que aumenta a tolerância à dessecação.

Anêmonas das espécies *Actinia bermudensis* e *Anthopleura cascaia* ocupam estratos mais altos no costão (capítulo 1), ficando expostas ao ar por períodos longos de tempo. *Actinia bermudensis* mostrou-se tolerante às alterações de salinidade e à dessecação. Anêmonas desta espécie não produziram (ou produziram quantidade muito pequena) de muco quando expostas a alterações de salinidade, mas produziram muco quando expostas ao sol. No ambiente, anêmonas desta espécie são mais frequentemente expostas à dessecação do que a alterações de salinidade, uma vez que ocupam regiões altas do costão (expostas ao ar), mas não ocorrem nas poças de maré. Anêmonas da espécie *Anthopleura cascaia* produziram muco tanto quando expostas às alterações de salinidade, quanto quando expostas ao ar, porém a produção de muco foi aparentemente maior quando os animais foram colocados em salinidades diferentes. *Anthopleura cascaia* ocupa os espaços que se formam entre rochas adjacentes, ficando com a parte inferior da coluna protegida entre as rochas; a parte superior da coluna, que fica exposta, possui verrugas adesivas que aderem partículas do substrato

(pequenas rochas e fragmentos de concha) protegendo-se da ação do sol. A presença de detritos aderidos reduz a evaporação, tornando maior a taxa de sobrevivência em anêmonas expostas à ação do vento em temperaturas controladas (Hart e Crowe, 1977). *Anthopleura cascaia*, portanto, em condições naturais está mais sujeita às alterações de salinidade, uma vez que a água das fendas que ocupa pode sofrer diluição por ação da chuva ou concentração por ação do sol (vide capítulo 2).

Os animais menores das espécies *B. caissarum*, *B. cangicum* e *A. sargassensis* desprenderam-se do substrato quando expostos à água doce. Tal comportamento, provavelmente seja uma forma de escapar da condição indesejável, uma vez que soltos do substrato os animais podem ser levados pela água para regiões menos inóspitas. Nenhum dos animais (nem mesmo os menores) das espécies *A. bermudensis* e *A. cascaia* desprenderam-se do substrato, possivelmente porque se soltos do substrato, estes animais seriam arrastados pela água para região mais profunda, fora da área de vida da espécie (capítulo 1). É interessante perceber que os animais maiores não se desprendem do substrato mesmo nas espécies que ocorrem nos estratos mais baixos do costão. Este fato pode ser explicado pela relação superfície volume, e desta forma os animais maiores podem suportar as alterações de salinidade sem precisar abandonar o local que ocupam. Os animais provavelmente evitam ser arrastados para as regiões mais baixas devido à competição, uma vez que espécies que ocupam a zona inferior da região entremarés normalmente são competitivamente dominantes (Connel, 1961) ou a disponibilidade de recursos alimentares diminui devido ao aumento da densidade de indivíduos nas faixas inferiores.

Com exceção de *A. sargassensis*, todos os animais recuperaram-se após o teste de tolerância às alterações de salinidade. É fato que as anêmonas das espécies *B. caissarum*, *B. cangicum*, *A. bermudensis* e *A. cascaia* são mais sujeitas a alterações de salinidade na natureza, uma vez que ocupam regiões mais altas do costão. Porém, destas quatro espécies, a

menos tolerante é *B. caissarum*, e esta espécie realmente tem densidades menores nas regiões mais altas, conforme discutido no capítulo 1, e, como já foi mencionado, os animais que ocupam as regiões mais altas são de maior tamanho.

A capacidade de manutenção de água do mar na cavidade gastrovascular pode ser um fator importante na manutenção do teor hídrico do corpo juntamente com estratégias para evitar perda de água pela superfície do corpo, como assumir forma de domo, produção de muco, cobrir o corpo e ocupar microhabitats protegidos do sol. Anêmonas que habitam a região entremarés possuem a capacidade de reter água em suas cavidades gastrovasculares durante exposição ao ar, o que não ocorre com espécies de infralitoral (Stotz, 1979). As anêmonas *B. caissarum*, *B. cangicum*, *A. bermudensis* e *A. cascaia*, que retêm líquido na cavidade gastrovascular, não tiveram perda significativa de água tecidual quando expostos ao sol. Vale ressaltar que a osmolalidade do líquido presente na cavidade gastrovascular foi semelhante à da água do mar para estas espécies. *Anemonia sargassensis* não guarda líquido na cavidade gastrovascular e é menor que as outras espécies estudadas, tendo superfície exposta relativamente maior que elas. Estes fatores, aliados com a não produção de muco e a incapacidade de formar domo podem ser responsáveis pela perda de água tecidual dos animais expostos ao sol. *Anemonia sargassensis* não apresenta estratégias de ocupação da região entremarés observadas para as outras anêmonas, o que faz com que esta espécie somente ocorresse na região entremarés do costão em poças ou formando agregados.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENSON-RODENBOUGH, B.; ELLINGTON, W. R. (1982): Responses of euryaline sea anemone *Bunodosoma cavernata* (Bosc) (Anthozoa, Actinaria, Actiniidae) to osmotic stress. *Comp. Biochem. Physiol.*, 72:4, 731 - 735.
- BURSEY, C. R.; HARMER, J. A. (1979): Induced changes in osmotic concentration of the coelenteron fluid of the anemone *Condylactis gigantea*. *Comp. Bioch. Physiol.* 64, 73-76.
- BURSEY, C. R.; MINASIAN, L. C. (1979): Induced changes in the osmotic concentration of the coelenteron fluid of the sea anemone *Condylactis gigantea*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 64:1, 73 - 76.
- CONNELL, J. H. (1961). The influence of interespecific competition and others factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stelatus*. *Ecology*, 42, 710-723.
- DEATON, L. E.; HOFFMANN, R. J. (1988): Hypoosmotic volume regulation in the sea anemone *Metridium senile*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 91:1, 187 - 191.
- GOMES, P. B.; BELEM, M. J.; SCHELENZ, E. (1998). Distribution, abundance and adaptations of three species of Actiniidae (Cnidaria, Actiniaria) on an intertidal beach rock in Carneiros Beach, Pernambuco, Brazil. *Miscel. Zool.* 21 :2, 65-72.
- HART, C. E. & CROWE, J.H. (1977). The effect of attached gravel on survival of intertidal anemones. *Trans. Amer. Micros. Soc.*, 96: 1, 28-41.

- HERRERA, F. C.; LÓPEZ, I.; EGEA, R.; ZANDERS, P. (1989): Short term osmotic responses of cells and tissues of the sea anemone *Condylactis gigantea*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 92:3, 377 - 384.
- HOWARD, C. L.; SWANK, P.; KASSCHAU, M. R.; (1987): Environmental and seasonal influences on the free amino acid pool of the sea anemone *Bunodosoma cavernata* (Bosc) under natural conditions. *Comp. Biochem. Physiol.*, 87:2, 319 - 325.
- KASSCHAU, M. R.; RAGLAND, J.B.; PINKERTON, S. O. (1984): Time related changes in the free amino acid pool of the sea anemone *Bunodosoma cavernata* during salinity stress. *Comp. Biochem. Physiol.*, 79:1, 155 - 159.
- LEVINGS, S. C.; GARRITY, S. D. (1983): Diel and tidal movement of two co-occurring neritid snails; differences in grazing patterns on a tropical rocky shore. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 67:3, 261-278.
- MALE, K. B.; STOREY, K. B. (1983): Kinetic characterization of NADP- specific glutamate dehydrogenase from the sea anemone *Anthopleura xanthogrammica*: control of amino acid biosynthesis during osmotic stress. *Comp. Biochem. Physiol.*, 76:4, 823 - 829.
- PIERCE, S. K.; MINASIAN, L. L. (1974): Water balance of a euryhaline sea anemone *Diadumene leucolena*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 49:1, 159 - 167.
- STOTZ, W. B. (1979). Functional morphology and zonation of three species of sea anemones from rocky shores in Southern Chile. *Mar. Biol.* 50, 181-188.

VIDOLIN, D.; SANTOS, I. A.; FREIRE, C. A. O. (2002): Osmotic stability of the coelomic fluids of a sea-cucumber (*Holothuria grisea*) and a starfish (*Asterina stellifera*) (Echinodermata) exposed to the air during low tide: s field study. *Acta Biol. Paranaense* 31, 113-121.

## CONCLUSÕES GERAIS

Conforme resultados do presente trabalho, a tolerância à dessecação e a alterações de salinidade são cruciais na distribuição vertical das anêmonas no costão. As estratégias de tolerância à dessecação são bastante variadas e estão relacionadas com os microhabitats presentes no costão. A distribuição vertical das anêmonas em seu limite superior está associada a capacidade de produção de muco, formação de domo, de armazenar água na cavidade gastrovascular, de aderir partículas do substrato, de ocupar microhabitats específicos ou de formar agregados. O tamanho do animal também é um fator importante de distribuição para algumas espécies. Desta forma, a tolerância a fatores ambientais e as respostas fisiológicas e comportamentais dos indivíduos a estes fatores são determinantes na distribuição vertical de anêmonas no costão. As anêmonas *Bunodosoma caissarum*, *Bunodosoma cangicum*, *Anthopleura cascaia* e *Actinia bermudensis* demonstraram-se mais tolerantes às alterações de parâmetros físicos em relação a *Anemonia sargassensis*, que somente ocupa a parte inferior da região entremarés ou poças. Mesmos as espécies mais tolerantes dependem da presença de microhabitats no costão para sobreviver. Aspectos ecológicos e reprodutivos, tolerância fisiológica, adaptações morfológicas e presença de microhabitats atuam em conjunto na determinação da distribuição vertical destes organismos na região entremarés do costão rochoso.