

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

COMPORTAMENTO DE ESCAPE DE *Emerita*
brasiliensis (CRUSTACEA, ANOMURA, HIPPIDAE);
SCHMITT, 1935

EDISON ROGÉRIO CANSI

Prof. Dr. VANNER BOERE SOUZA

Orientador

BRASÍLIA, Fevereiro de 2007.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

**COMPORTAMENTO DE ESCAPE DE *Emerita*
brasiliensis (CRUSTACEA, ANOMURA, HIPPIDAE);
SCHMITT, 1935**

EDISON ROGÉRIO CANSI
Prof. Dr. VANNER BOERE SOUZA
Orientador

Dissertação apresentada no Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade de Brasília como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.

Brasília, Fevereiro de 2007.

FICHA CATALOGRÁFICA

Cansi, Edison Rogério
Comportamento de escape de *Emerita brasiliensis* (Crustacea, Anomura, Hippidae); Schmitt, 1935/ Edison Rogério Cansi; orientação de Vanner Boere Souza. – Brasília, 2007.

103 p. : il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Instituto de Biologia, 2006.

1. Escape. 2. Crustáceo 3. Comportamento 4. Conservação. 5. *Emerita brasiliensis*. I. Boere, V. II. Dr.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CANSI, E. R. Comportamento de escape de *Emerita brasiliensis* (Crustacea, Anomura, Hippidae); Schmitt, 1935. Brasília: Instituto de Biologia, Universidade de Brasília, 2007, 103 p. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Edison Rogério Cansi

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Comportamento de escape de *Emerita brasiliensis* (Crustacea, Anomura, Hippidae); Schmitt, 1935

Grau: Mestre. Ano: 2007

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Edison Rogério Cansi
CPF: 856.445.791-15
Bloco K apto 104 Colina
CEP 70910-900 Brasília/DF - Brasil
tiercansi@unb.br

“Pois aqui, como vê, você tem de correr o mais que pode para continuar no mesmo lugar. Se quiser ir a alguma outra parte, tem de correr no mínimo duas vezes mais rápido!”

Lewis Carroll, *Através do Espelho*.

AGRADECIMENTOS

O agradecimento é a parte difícil e gratificante de um trabalho. Difícil, pois nunca conseguiremos agradecer a todas as pessoas que estiveram apenas alguns segundos ou horas e horas dedicadas as nossas vontades. Gratificante, porque aqui deixamos nossos mais sinceros e eternos desejos de agradecer as pessoas queridas que transformaram de uma forma ou outra sonho em realidade. Neste intuito, agradeço a todos que estiveram presentes diretamente ou indiretamente na minha busca pelo conhecimento e a construção do indivíduo cientista.

Sou grato pela dedicação, amizade e direcionamento do meu orientador e porque não dizer padrinho científico, Vanner Boere.

Agradeço pelo apoio em todos os momentos da minha vida aqui em Brasília a Ita de Oliveira, minha madrinha científica.

A amizade, paciência e apoio dos amigos: Denise, Adriano, Giovana, Marcela, Nadja, Rafael Igor.

A dedicação e perseverança de todas as estagiárias: Luiza, Débora, Isabella e Fernanda.

Ao apoio e esforço nas atividades de pesquisa à campo: Adriano, Ivan e Lazáro.

E aos mestres que colaboraram para a construção desta obra: Regina Macedo, José Pujol, Rosana Tidon, Miguel Marini.

Ao apoio técnico e sempre presente da Nara, secretária de pós-graduação.

Ao CNPq e Finatec pela ajuda financeira e a concessão da Bolsa de mestrado.

Sou profundamente grato aos meus amigos que sempre me acompanharam em minhas memórias e sentimentos: Anderson Lima, Anderson Santana, Denis e Mardem Lima. E aos amigos que aqui encontrei: Meire, Marcel e Lucas.

À minha família e a família que adquiri ao longo da minha vida, Vanessa Cansi, Gilmar Lira (um exemplo de vida pra mim), Lúcia Lira (exemplo de carinho e paciência), Rodrigo Lira, Kelly Lira, meus avós (meus pais) e tios dedico todo meu afeto, gratidão, pelo carinho, compreensão e estímulo de todos vocês. Vocês são mais que minha história de vida, vocês são meus pilares.

Dedico esta dissertação especialmente a duas pessoas (meus anjos) que transformaram a minha vida e me ensinaram a caminhar, a sonhar e a crescer: Minha querida mãe e a minha amada companheira Fernanda Lira.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias e o Desvio Padrões ($\bar{x} \pm DP$) das características abióticas ambientais e da densidade humana por praias	45
Tabela 2. Médias e o Desvio Padrões ($\bar{x} \pm DP$) das análises comportamentais de escape da <i>Emerita brasiliensis</i> e da população da espécie capturada em cada procedimento experimental por praias.	45
Tabela 3. Médias e o Desvio Padrões ($\bar{x} \pm DP$) das características físico-químicas da água do aquário de observação no local do estudo.....	55
Tabela 4. Médias e o Desvio Padrões ($\bar{x} \pm DP$) das características físico-químicas da água do mar no local do estudo.	55
Tabela 5. Valores de Z do teste não-paramétrico deMann-Whitney comparando as categorias reprodutivas entre as praias de Siriú e Garopaba, em relação as variáveis tempo de captura, latência de escape e o BRI da <i>E. brasiliensis</i>	57
Tabela 6. Estatística descritiva da praia de Garopaba para as variáveis do comportamento de escape e biometria da <i>E. brasiliensis</i> . ($\bar{x} \pm DP$ = média amostral \pm desvio padrão).	58
Tabela 7. Teste de Kruskal-Wallis para comparação das médias de tempo de captura, latência de escape, BRI e Biometria de <i>E. brasiliensis</i> . Qui-quadrado (X^2), graus de liberdade (gl), e nível de significância (p) na praia de Garopaba.....	58
Tabela 8. Estatística descritiva da praia de Siriú para as variáveis do comportamento de escape e biometria da <i>E. brasiliensis</i> . ($\bar{x} \pm DP$ = média amostral \pm desvio padrão).	59
Tabela 9. Teste de Kruskal-Wallis para comparação das médias de tempo de captura, latência de escape, BRI e Biometria da população de <i>E. brasiliensis</i> . Qui-quadrado (X^2), graus de liberdade (gl), e nível de significância (p) na praia de Siriú.....	59
Tabela 10. Correlações entre os deltas de variáveis comportamentais, biométricas e ambientais com a latência de escape dos machos nas praias de Siriú e Garopaba.....	61
Tabela11. Correlações entre os deltas das variáveis ambientais (abióticas e bióticas) com o BRI** dos machos nas praias de Siriú e Garopaba e ambas as praias.	63
Tabela 12. Correlações entre os deltas das variáveis ambientais (abióticas e bióticas) com o BRI** das fêmeas nas praias de Siriú e Garopaba.	64
Tabela 13. Teste de Kruskal-Wallis para comparação das médias de latência de escape, população de tatuíras e número de pessoas para os machos de <i>E. brasiliensis</i> entre os	

três horários (inicial, médio e final). Qui-quadrado (X^2), graus de liberdade (gl), e nível de significância (p) nas praias de Siriú.e Garopaba.....	71
Tabela 14. Valores de Z do teste Mann-Whitney comparando os horários em relação as variáveis latência de escape e população de tatuíras na praia de Siriú.....	71
Tabela 15. Médias e o Desvio Padrões ($\bar{X} \pm DP$) da latência de escape dos machos, população de tatuíras capturadas e número de pessoas observadas na Praia de Garopaba	72
Tabela 16. Valores de Z do teste Mann-Whitney comparando os horários em relação as variáveis latência de escape, população de tatuíras e número de pessoas na praia de Garopaba.....	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudo na praia de Bombinhas (S 27°08' 904'' e W 48°29' 049''), estado de Santa Catarina (Fonte: www.googlemaps.com).....	10
Figura 2. Comparação do tamanho de carapaça das tatuíras e concentração de amônia durante os três dias de estudo na praia de Bombinhas. * Diferenças do tamanho da carapaça da tatuíra e concentração de amônia entre o segundo e terceiro dia ($p=0,029$); ** representa diferenças da concentração de amônia entre o terceiro, primeiro e segundo dias ($p=0,001$).....	13
Figura 3. Diferenças entre a densidade de captura de tatuíra e concentração de amônia durante os três dias na praia de Bombinhas. * Diferenças no número de indivíduos por escavação entre o segundo e primeiro dia ($p=0,001$); ** diferenças no número de indivíduos por escavação entre o terceiro e segundo dia ($p=0,001$); *** diferenças no número de indivíduos por escavação entre o terceiro, primeiro e segundo dias ($p=0,001$).....	15
Figura 4. Distribuição geográfica da <i>Emerita brasiliensis</i>	32
Figura 5. Estágios reprodutivos de <i>Emerita brasiliensis</i> : fêmea (direita) e macho (esquerdo).....	34
Figura 6. Estágios reprodutivos de <i>Emerita brasiliensis</i> : fêmea não-ovígera (acima) e fêmea ovígera (abaixo).....	34
Figura 7. Ciclo de desenvolvimento sexual da <i>Emerita brasiliensis</i> . A figura mostra os caminhos curtos através da presença de fêmeas imaturas e machos neotênicos sem passar pelo desenvolvimento de juvenil encurtando assim o ciclo. O caminho longo ou clássico que passa por todas as fases de desenvolvimento (adaptado de Delgado e Defeo, 2006).....	35
Figura 8. Áreas de estudo nas praias de Siriú (S 28° 01' 001'' e W 48° 37') e Garopaba (573'' S 28° 01' 001'' e W 48° 37' 573'') no estado de Santa Catarina (Fonte: www.googlemaps.com).....	38
Figura 9. Aquário de observação do comportamento de escape de <i>E. brasiliensis</i>	40
Figura 10. Esquema do aquário utilizado no experimento.....	41
Figura 11. Comparação da densidade média de pessoas na praia de Siriú (coluna clara), na praia de Garopaba (coluna escura) e erro padrão da média. * $p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney).....	46

Figura 12. Comparação da latência média de escape em segundos na praia de Siriú (coluna clara), na praia de Garopaba (coluna escura) e erro padrão da média. * $p = 0,01$ (Teste Mann-Whitney).	46
Figura 13. Comparação do tempo médio de captura, em segundos, na praia de Siriú (coluna clara), na praia de Garopaba (coluna escura) e desvio padrão. * $p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney).	47
Figura 14. Comparação da pressão atmosférica (inHg) média na praia de Siriú (1), na praia de Garopaba (2) e erro padrão da média. A linha escura no interior do retângulo indica a média.	48
Figura 15. Comparação da temperatura média ambiental (em graus Celsius) na praia de Siriú (1), na praia de Garopaba (2) e erro padrão da média. A linha escura no interior do retângulo indica a média. * $p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney).	48
Figura 16. Comparação das médias da umidade relativa do ar (porcentagem) na praia de Siriú (1), na praia de Garopaba (2) e erro padrão da média. A linha escura no interior do retângulo indica a média. * $p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney).	49
Figura 17. Comparação da temperatura média do aquário (em graus Celsius) na praia de Siriú (1), na praia de Garopaba (2) e erro padrão da média. A linha escura no interior do retângulo indica a média. * $p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney).	50
Figura 18. Comparação da concentração média de amônia da água do aquário (em ppm) na praia de Siriú (coluna clara), na praia de Garopaba (coluna escura) e erro padrão. * $p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney).	50
Figura 19. Comparação da luminosidade média no aquário (em lux) na praia de Siriú (parte clara), na praia de Garopaba (parte escura). Os valores demonstrados correspondem às médias. Média em Siriú= $182,14 \pm 73,01$ lux; média em Garopaba= $677,66 \pm 599,42$ lux. As médias foram significativamente diferentes: $p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney).	51
Figura 20. Comparação do pH médio da água do aquário na praia de Siriú (coluna clara), na praia de Garopaba (coluna escura) e erro padrão. * $p = 0,05$ (Teste Mann-Whitney).	51
Figura 21. Comparação da temperatura média da água do mar (em graus Celsius) na praia de Siriú (1) e na praia de Garopaba (2) e erro padrão. * $p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney).	52

- Figura 22.** Comparação da concentração média de amônia da água do mar na praia de Siriú (coluna clara), na praia de Garopaba (coluna escura) e erro padrão. $*p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney). 53
- Figura 23.** Comparação da luminosidade média na praia de Siriú (parte clara), na praia de Garopaba (parte escura). Os valores demonstrados correspondem às médias. Média de Siriú= $217,20 \pm 102,80$ lux; Média de Garopaba= $708,44 \pm 486,95$ lux. As médias foram significativamente diferentes: $p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney). 53
- Figura 24.** Comparação da salinidade (mOsm) média da água do mar na praia de Siriú (1), na praia de Garopaba (2) e erro padrão. $*p = 0,05$ (Teste Mann-Whitney). 54
- Figura 25.** Comparação da latência de escape, em segundos, média (e erro padrão) somente de machos entre as praias de Siriú (coluna clara) e a praia de Garopaba (coluna escura). Teste Mann Whitney: $* p = 0,01$ 56
- Figura 26.** Comparação do comprimento médio e desvio padrão (em mm) das fêmeas ovígeras, na praia de Siriú (coluna clara) e praia de Garopaba (coluna escura). Teste Mann-Whitney: $*p = 0,001$ 65
- Figura 27.** Comparação da largura média e desvio padrão (em mm) das fêmeas ovígeras, na praia de Siriú (coluna clara) e praia de Garopaba (coluna escura). Teste Mann-Whitney: $* p = 0,01$ 66
- Figura 28.** Comparação do peso (em gramas) médio e desvio padrão das fêmeas ovígeras, na praia de Siriú (coluna clara) e praia de Garopaba (coluna escura). Teste Mann-Whitney: $* p = 0,001$ 66
- Figura 29.** Comparação do comprimento médio e desvio padrão (em mm), das fêmeas não-ovígeras, da praia de Siriú (1) e da praia de Garopaba (2). Teste Mann-Whitney: $* p = 0,01$ 67
- Figura 30.** Comparação do comprimento médio e desvio padrão dos machos por praia (Siriú=1; Garopaba=2). A linha dentro do retângulo representa a média. Comparação por teste Mann-Whitney: $* p = 0,001$ 68
- Figura 31.** Comparação da largura média e desvio padrão dos machos por praia (Siriú=1; Garopaba=2). A linha dentro do retângulo representa a média. Comparação por teste Mann-Whitney: $* p = 0,001$ 69
- Figura 32.** Comparação dos pesos médios e desvio padrão de machos por praia (Siriú=1; Garopaba=2). A linha dentro do retângulo representa a média. Comparação por teste Mann-Whitney: $* p = 0,05$ 70

Figura 33. Comparação do BRI (índice da taxa de enterramento) médio e erro padrão, das categorias reprodutivas: fêmea adulta não ovígera (coluna clara), macho (coluna cinza) e fêmea ovígera (coluna escura). Quanto maior o BRI, maior o êxito no enterramento. Comparação pelo teste Mann-Whitney para duas amostras independentes: * $p = 0,001$ (diferença entre machos e fêmeas); ** $p = 0,001$ (diferença entre fêmeas ovígeras e fêmeas não ovígeras); *** $p = 0,001$ (diferença entre fêmeas ovígeras e fêmeas não ovígeras). 76

RESUMO

CANSI, E. R. **Comportamento de escape de *Emerita brasiliensis* (Crustacea, Anomura, Hippidae); Schmitt, 1935.** Brasília: Instituto de Biologia, Universidade de Brasília, 2007, 103 p. Dissertação de Mestrado.

O comportamento de escape é uma estratégia adaptativa da relação predador-presa influenciado pela interação entre as estruturas fisiológicas e abióticas. As praias arenosas são ambientes em constantes mudanças que representam fortes desafios para seus habitantes. Para se adaptar aos estressores, crustáceos desenvolveram diversas estratégias comportamentais. A espécie *Emerita brasiliensis*, componente importante da macrofauna brasileira, escapa dos predadores e de alguns agentes estressores enterrando-se nas praias. Este estudo tem como objetivo entender e avaliar as adaptações do comportamento de escape e relacioná-la aos desafios físicos, químicos, biológicos e antrópico em *E. brasiliensis*. A pesquisa foi desenvolvida em duas fases. Nas duas situações a metodologia consistia em coleta dos indivíduos que eram conduzidos a seguir a um aquário teste. Em seguida os indivíduos eram soltos na linha média do aquário, com a porção caudal orientada para a linha de rebentação. Observou-se a latência de soltura-imersão completa. Foram realizadas as mensurações abióticas dos locais de pesquisa e biometria dos animais coletados. Na primeira fase do projeto, realizada na praia urbanizada de Bombinhas (Sul do Brasil), observou-se a variação na abundância e o comportamento de enterrar/escape da espécie após um acidente que resultou na descarga de esgoto urbano na região. Quando comparados, o período anterior (dois dias) e posterior (um dia) ao acidente, houve um substancial aumento na concentração de amônia na água do mar, porém o pH, a temperatura da água, a salinidade e as condições microclimáticas mantiveram-se estáveis. Durante a fase da elevação do nível de amônia, houve uma menor quantidade de animais capturados e de menor tamanho, mas a latência do teste enterrar/escapar, manteve-se inalterada. A segunda fase foi realizada na praia preservada de Siriú e urbanizada de Garopaba. Analisaram-se as diferenças da latência de escape por praias, categorizando por estágios reprodutivos, empregando o mesmo teste, comparando fatores abióticos e bióticos entre os dois locais. Verificamos associados a latência de escape associado a estes fatores abióticos e aos diferentes estágios reprodutivos. Em relação a latência de escape

verificou-se que a população de tatuíra foi mais lenta e menor na praia de Garopaba, independente da categoria de estágio reprodutivo. Em relação ao tamanho e estágio reprodutivo verificou-se que os animais maiores enterraram-se mais rapidamente. Fêmeas ovígeras e não-ovígeras apresentaram maior eficiência no comportamento de escape por enterramento. As diferentes estratégias adotadas pelas tatuíras sugere uma capacidade de adaptação limitada e segmentada, em resposta às alterações induzidas pela ação humana no ambiente litorâneo.

ABSTRACT

CANSI, E. R. **Escape Behavior of *Emerita brasiliensis* (Crustacea, Anomura, Hippidae); Schmitt, 1935.** Brasília: Institute of Biology, University of Brasília, 2007, 103. Master Thesis.

The escape behavior is an adaptable strategy from the predator-prey relationship influenced by the interaction between the physiology and abiotic structures. The sandy beaches are environments in constant changes that represent difficult challenges to their inhabitants. To adapt themselves to the stress, crustacean developed several behavior strategies. The species *E. brasiliensis*, important Brazilian macrofauna component, escapes from the predators and from the stress agents burying itself in the beaches. The aim of this study is to understand e evaluate the behavior adaptations of the escape behavior and relate it to the physical, chemical, biological and antropical challenges in *Emerita brasiliensis*. The research was developed in two phases. In both situations the methodology consisted in collecting the individuals which were conducted to a test aquarium then. Next, the individuals were released in the aquarium middle line, with the tail portion turned to the surfaction line. We could observe the complete latency of free-immersion. The abiotics measurements were made in the research places and the biometry were collected from the animals. On the first phase of the project, realized in an urban beach called Bombinhas (South Brazil), it was observed a variation in the abundance and the burying/escape behavior of the species after suffering an accident that ended up into an urban drain flush in that area. When compared, the earlier period (two days) and later (one day) to the accident, there was a substantial raise in the ammonia concentration in the sea water, however, the pH, the temperature of water, the salt water and the microclimate conditions kept stable. During the ammonia level elevation phase, there was less and smaller captured animals, the latency of burying/escape from the test, kept untouchable. The second phase was realized in the preserved Siriú and urbanized Garopaba beach. The differences of latency of escape for beaches were a analyzed, categorizing it in reproductive stages, applying the same test, comparing abiotics and biotics factors between both areas. We verified associated to the latency of escape associated to this abiotics factors and to the different reproductive

stages. Related to the latency of escape we verified that the mole crab population as slower and smaller at Garopaba's beach, no matter the reproductive stage category. Related to the size and the reproductive stage, we noticed that the bigger animals buried themselves faster. Female ovigerous and not ovigerous show higher efficiency in the escape behavior for burying. The different strategies adopted by the mole crab suggests a capable limited and segmented adaptation, answering the human inducted changes on the beach environment.

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	2
CAPÍTULO I	5
RESUMO	6
ABSTRACT	7
1 INTRODUÇÃO	8
1.1 Objetivos	9
2 MATERIAIS E MÉTODOS	10
2.1 Local de estudo	10
2.2 Coleta e Procedimentos experimentais	11
2.3 Análises estatística	12
3 RESULTADOS	13
4 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO	15
CAPÍTULO II	18
RESUMO	19
ABSTRACT	20
5 INTRODUÇÃO	21
5.1 Fatores que caracterizam as praias	25
5.2 Diferenças entre Gêneros e Estágios Reprodutivos	30
5.3 <i>Emerita brasiliensis</i>	31
5.4 Objetivos	37
6 MATERIAIS E MÉTODOS	38
6.1 Local de estudo	38
6.2 Coleta de Amostragem e Biometria	39
6.3 Análise do comportamento de escape em <i>Emerita brasiliensis</i>	40
6.4 Bioética	43
6.5 Análises Estatística	43
7 RESULTADOS	44
7.1 Diferenças entre praias	44
7.2 Diferenças por estágios reprodutivos	75
8 DISCUSSÃO	76
8.1 Diferenças entre praias	76
8.2 Diferenças entre estágios reprodutivos	84
CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	89

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O escape é considerado uma adaptação da presa em relação a seu predador, resultado de uma estratégia evolutiva em busca da sobrevivência. O escape não é meramente um reflexo, mas depende da interação de estruturas fisiológicas e neurais para sua manifestação, mesmo em espécies menos complexas (Quinn e Cresswell, 2005). Fatores bióticos e abióticos podem interferir no comportamento das espécies. Esses fatores exercem uma influência maior em habitats com constante variação como as praias (Jaramillo e McLachlan, 1993).

As praias constituem sistemas dinâmicos, onde elementos básicos como ventos, água e areia interagem, resultando em processos hidrodinâmicos e deposicionais complexos (Brown e McLachlan, 2002). As praias compreendem uma porção subaérea (supra e mediolitoral) e outra subaquática que inclui a zona de arrebenção e se estende até a base da onda (Veloso *et al.*, 2003).

O ambiente praieiro vem sofrendo uma crescente descaracterização em razão da ocupação desordenada e das diferentes formas de efluentes, tanto de origem industrial quanto doméstica, o que tem levado a um sério comprometimento da sua diversidade tanto da fauna como flora, principalmente daquelas próximas a centros urbanos (Costa *et al.*, 2004; Schoeman *et al.*, 2000).

Os problemas decorrentes dos esgotos domésticos e do lixo são bastante sérios e exigem medidas imediatas. Também merecem destaque a crescente especulação imobiliária, a mineração com a retirada de areia das praias e dunas, e o crescimento explosivo e desordenado do turismo sem qualquer planejamento ambiental e investimentos em infra-estrutura, como por exemplo, no saneamento básico (Costa *et al.*, 2004).

As praias arenosas, na área de surfatação, são habitat de uma diversificada fauna e são também conhecidas como um habitat de difícil sobrevivência devido à ação constante de variáveis abióticas que modificam o ambiente constantemente. Nesta situação, diversos fatores podem interferir na variação temporal e espacial das comunidades e populações locais, sejam eles bióticos ou abióticos (Defeo *et al.* 2002; Brazeiro e Defeo, 1996): temperatura (Rome *et al.*, 2005), salinidade (Rome *et al.*, 2005; Zhuang, 2005; Lercari e Defeo, 1999), nitrito e amônia (Koo *et al.* 2005), características dos sedimentos (Ribeiro *et al.*, 2005; Defeo *et al.*, 1997), latitude (Defeo

e Cardoso, 2004), morfodinâmica das praias (Brazeiro, 2005; Defeo *et al.*, 1997), poluição (Lercari e Defeo, 2003; Lercari e Defeo, 1999), ação antrópica (Lercari e Defeo, 2003) e competição interespecífica (Defeo *et al.*, 1997), além dos predadores como as aves litorâneas (Hubbard e Dugan, 2003).

A macrofauna da zona entremarés de praias pode ser caracterizada como uma comunidade com baixa diversidade, reduzida riqueza e elevada dominância numérica de poucas espécies, quando comparada com a de regiões submersas (Coelho *et al.* 2004; Frost *et al.*, 2004).

A fauna litorânea é composta por animais permanentes, normalmente com distribuição agregada que, conforme o modo de vida compõem a epifauna (epipsamon ou epipsamose) e a infauna (endopsamon ou endopsamose) e, conforme o tamanho constitui a macrofauna, meiofauna e microfauna. Além dessas categorias, devem ser incluídos organismos que visitam temporariamente a praia e/ou dela dependem como essencial fonte de alimento (Coelho *et al.* 2004; Veloso *et al.*, 2003).

A *Emerita brasiliensis* (Schmitt, 1935), crustáceo da família Hippidae, é habitante comum da interfauna das praias brasileiras, encontrada em diversas localidades ao longo da costa sul americana Atlântica, desde o estado do Espírito Santo até o estuário do rio da Prata (entre a Argentina e o Uruguai; Veloso e Cardoso, 1999), embora seja possível a ocorrência em regiões mais ao norte da costa Atlântica sul-americana (Defeo e Cardoso, 2004). Este crustáceo é considerado um dos mais importantes recursos na cadeia alimentar, tanto de praias classificadas como reflexivas ou dissipativas (Hubbard e Dugan, 2003; Lercari e Defeo, 1999; Rodgers, 1987).

O gênero *Emerita* tem sido pouco estudado, mas a literatura cita seu papel como recurso alimentar para vários predadores e indicador biológico das condições ambientais (Petracco *et al.*, 2003; Pérez, 1999), além de ser um potencial recurso para criação em larga escala para a alimentação humana e de animais domésticos.

Nossos estudos preliminares (dados não publicados) sugerem que devido a plasticidade comportamental e fisiológica, este crustáceo possui latências de escape que os diferem conforme o tamanho, as condições microclimáticas de cada praia e o sexo do indivíduo. Essas características são interessantes do ponto de vista comportamental, instigando as quatro respostas tinbergianas (valor adaptativo, causalidade, desenvolvimento e história evolutiva) em uma espécie primitiva (Krebs e Davies, 1996), relativamente simples, submetida a constante estresse ambiental, altamente predada e amplamente distribuída (Defeo e Cardoso, 2004).

Este estudo tem como objetivo entender e avaliar as modificações do comportamento de escape e relacioná-la aos desafios físicos, químicos, biológicos e antrópico em *Emerita brasiliensis*.

As hipóteses são:

1. Haverá diferenças na latência de escape entre as categorias reprodutivas: machos, fêmeas ovígeras e fêmeas não-ovígeras;
2. Diferenças de latência de escape serão maiores em:
 - a) Animais testados em ambientes com menor densidade humana;
 - b) Ambientes com maiores alterações das características microclimáticas e bióticas da região.

CAPÍTULO I

OBSERVAÇÕES OPORTUNÍSTICAS DO COMPORTAMENTO DE ESCAPE/ENTERRAMENTO E DA ABUNDÂNCIA DE TATUÍRAS (*Emerita brasiliensis*) APÓS UM ACIDENTE COM EFLUENTES DE ESGOTO URBANO NA PRAIA DE BOMBINHAS, SC, BRASIL

RESUMO

Observações oportunísticas do comportamento de escape/enterramento e da abundância de tatuíras (*Emerita brasiliensis*) após um acidente com efluentes de esgoto urbano na praia de Bombinhas, SC, Brasil

Diversos fatores podem interferir na distribuição temporal e espacial da comunidade interdital, como a descarga de poluentes urbanos ao longo da zona costeira. Durante um estudo semi-naturalístico com tatuíras (*Emerita brasiliensis*) na praia de Bombinhas (Sul do Brasil), nós observamos a variação na abundância e o comportamento de enterrar/escape da espécie durante um acidente que resultou na descarga de esgoto urbano na região. Quando comparamos o período anterior (dois dias) e posterior (um dia) ao acidente, houve um substancial aumento na concentração de amônia na água do mar, porém o pH, a temperatura da água, a salinidade e as condições microclimáticas mantiveram-se estáveis. Durante a fase da elevação do nível de amônia, nós capturamos menor quantidade de animais e de menor tamanho, mas a latência do teste enterrar/escapar, conduzida em um aquário imediatamente após a captura, manteve-se inalterada durante os três dias de observação. A descarga de poluentes orgânicos não afetou a abundância, nem o comportamento de escape das tatuíras. A conservação da latência de escape sugere uma grande resistência fisiológica em resposta a uma contaminação de curto prazo em tatuíras.

ABSTRACT**Opportunistic observations of escape/burying behavior and abundance of the mole crab (*Emerita brasiliensis*) after an accident with urban sewage effluents on Bombinhas beach, SC, Brazil**

Several factors may interfere in the temporal and spatial variation of intertidal communities such as the discharge of urban pollutants on the shore, which modify the abundance and diversity of the macroinfauna. During a semi-naturalistic observation of the mole crab behavior in Bombinhas beach (Southern Brazil), we observed abundance and escape/burying behavior variations of the crustacean mole crab during an accident causing the discharge of urban effluents. When comparing the period before (two days) and after (one day) the accident, there was a substantial increase in the concentration of ammonia in the seawater, but pH, water temperature, salinity, and the microclimatic conditions remained stable. During the increased ammonia phase, we captured significantly less individuals and of smaller size, but the latency of escape/burying test conducted in an aquarium, immediately after the capture, remained unaltered during the three days of observation. The discharge of organic pollutants did not affect the surf zone mole crab abundance neither behavior. The maintenance of escape latency seems to suggest a great physiological resistance to a short term contamination in mole crab.

1 INTRODUÇÃO

Vários fatores podem interferir na variação temporal e espacial das comunidades pertencente ao meio intermaré, como temperatura (Rome *et al.*, 2005), salinidade (Rome *et al.*, 2005; Zhuang, 2005), características dos sedimentos (Ribeiro *et al.*, 2005; Defeo *et al.*, 1997), latitude (Defeo e Cardoso, 2004), morfodinâmica das praias (Brazeiro, 2005; Defeo *et al.*, 1997), poluição (Lercari e Defeo, 2003; Lercari e Defeo, 1999), competição interespecífica (Defeo *et al.*, 1997; Brach, 1984), e atividades humanas (Lercari e Defeo, 2003). As emissões de poluentes urbanos, agrícolas e industriais estão entre os efeitos mais devastadores causados pelas atividades humanas, modificando a abundância e a diversidade da macrofauna litorânea (Siemens *et al.*, 2001; Lercari e Defeo, 1999). Embora seus efeitos sejam pouco estudados sistematicamente. As perturbações induzidas pela sociedade moderna afetam a abundância, composição, estrutura, crescimento, fecundidade, reprodução e mortalidade da fauna costeira (Defeo e De Alava, 1995; Defeo *et al.*, 1992).

Algumas espécies de crustáceos têm sido estudadas nas regiões costeiras, especialmente na zona de rebentação, um ambiente aparentemente muito dinâmico e instável, propício à manifestação de vários estressores ambientais. A tatuíra (*Emerita brasiliensis*, Schmitt, 1935; Crustacea: Anomura: Hippidae), pertence a um táxon da fauna intermaré com grande plasticidade ecológica, apresentando diferentes respostas de acordo com a variabilidade ambiental na escala espacial e temporal (Contreras *et al.*, 1999; Lercari e Defeo, 1999). A espécie *E. brasiliensis* é encontrada em diversas localidades ao longo da costa sul americana Atlântica, desde o estado do Espírito Santo até o estuário do rio da Prata (Velooso e Cardoso, 1999), embora seja possível a ocorrência em regiões mais ao norte da costa Atlântica sul-americana (Defeo e Cardoso, 2004).

Este crustáceo é um importante recurso na cadeia alimentar, tanto de praias reflexivas como dissipativas (Hubbard e Dugan, 2003; Lercari e Defeo, 1999; Rodgers, 1987). A tatuíra é utilizada em menor escala para a alimentação humana e como iscas nas atividades de pesca artesanal.

O gênero *Emerita* é considerado um potencial bioindicador para poluentes químicos, principalmente devido a sua resistência fisiológica, ampla distribuição, fácil captura, e convivência com as atividades humanas nas regiões costeiras (Perez, 1999; Powell *et al.*, 2002).

Alguns estudos foram desenvolvidos sobre o impacto do esgoto urbano sobre os crustáceos (Lercari e Defeo, 1999; 2003). A emissão de poluente resultou em menor abundância e aumento da taxa de mortalidade na macroinfauna. Esta situação foi atribuída à instabilidade do hábitat, principalmente com a redução em recursos alimentares e alterações abióticas (Lercari e Defeo, 2003).

Também se observou em outros decapodes que a contaminação ambiental pode resultar alterações demográficas. A modificação dos substratos causada por contaminação pelo óleo cru e a limpeza total das praias alteram a diversidade e densidade de várias espécies da fauna intertidal (De La Huz *et al.*, 2005). Em praias com gradientes de poluente, há um gradiente inverso na concentração de *E. analoga*, como foi observado na baía de San Vicente, Chile (Siemens *et al.*, 2001).

Escape e enterramento são em geral estratégias defensivas contra potenciais predadores, permeadas por comportamentos para a conservação de energia em crustáceos (McGaw, 2005).

Para conhecer o comportamento de tatuíras em relação ao impacto da atividade humana, especialmente recreativas, desenvolvemos um estudo do comportamento de defesa (escape e enterramento) de tatuíras no litoral sul brasileiro.

A partir deste estudo seminaturalístico do comportamento anti-predatório das tatuíras (*E. brasiliensis*) em Bombinhas - SC, durante três dias consecutivos, observou-se oportunamente um acidente de uma adutora de efluentes de esgotamento urbano, que modificou as condições abióticas da água do mar.

1.1 Objetivos

Este capítulo relata os efeitos no comportamento de escape/enterramento e na demografia de *E. brasiliensis*, sob de condições naturais sem poluentes e após a observação de um acidente ambiental de acontecimento ao acaso, ao qual ocasionou transformações micro-regional em curto prazo nos aspectos bióticos e abióticos na praia de Bombinhas, Santa Catarina.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local de estudo

O estudo foi conduzido na praia urbanizada de Bombinhas (27°08' S e 48°29' WO) (Figura 01), estado de Santa Catarina, na costa Atlântico sul do Brasil, durante três dias sucessivos (25 a 27 de maio de 2005) entre 1400 h e 1800 h. A praia de Bombinhas está inserida dentro do município de Bombinhas de 36,6 Km² e 8.698 habitantes (Censo do IBGE 2000). A praia é do tipo dissipativa, com 1000 m de extensão. Os testes foram conduzidos na parte sul da praia, a 100 m da foz do riacho do Sapo estuário (S 27°08' 904" e W 48°29' 049").

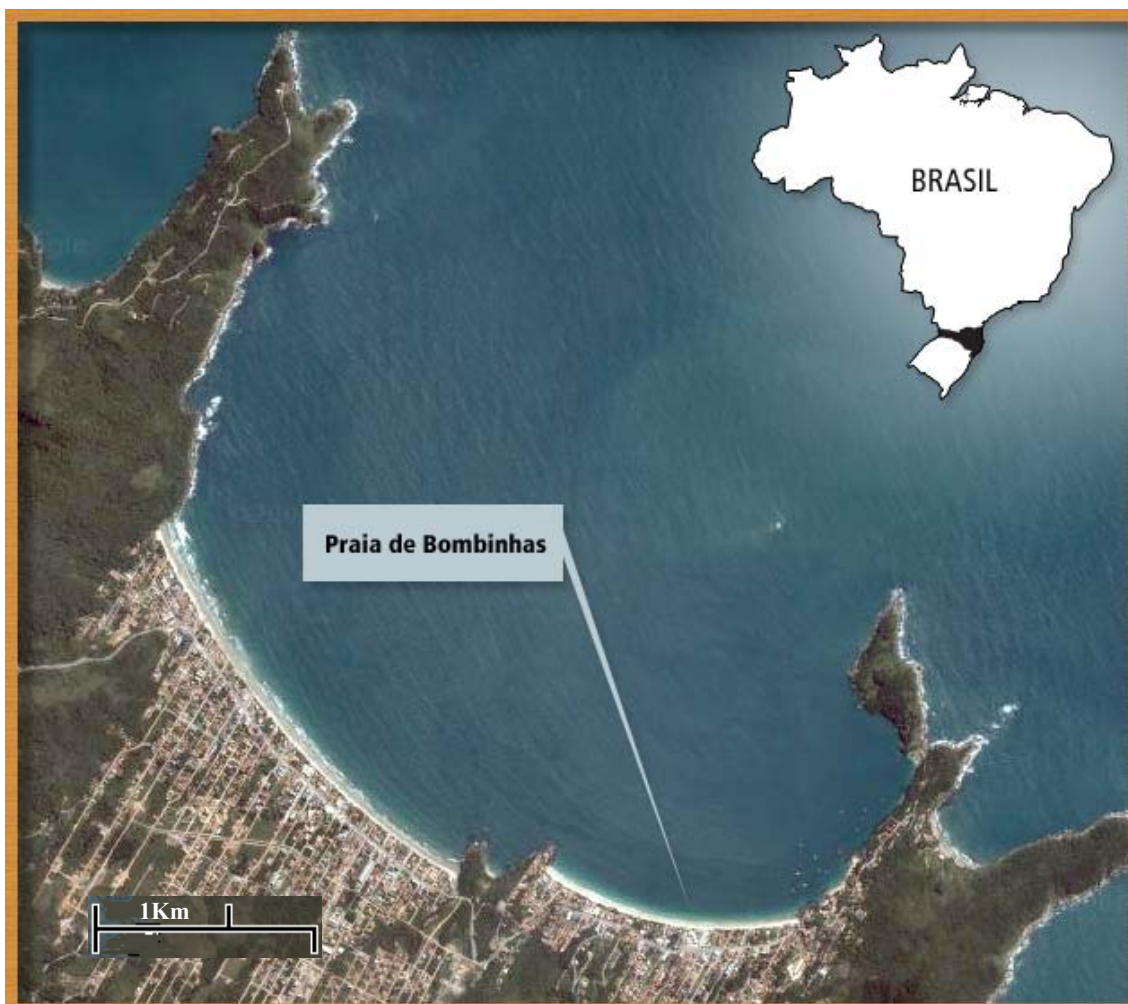


Figura 1. Localização da praia de Bombinhas (S 27°08' 904" e W 48°29' 049"), estado de Santa Catarina (Fonte: www.googlemaps.com, acessado: 20/12/2006).

2.2 Coleta e Procedimentos experimentais

Foram coletados e testados 242 espécimes de *E. brasiliensis* durante os três dias de pesquisa (76 no primeiro dia, 101 no segundo dia e 65 no terceiro dia).

O procedimento experimental consistiu em coletas aleatórias dentro de uma área quadrangular de 200 m² que era previamente marcada; onde seu centro equidistava da linha de rebentação ao longo das quatro horas de coletas. Aproximadamente a cada três minutos, no momento de refluxo de água, realizava-se uma escavação na areia de aproximadamente 20 cm de profundidade da areia em uma área de 300 cm² do quadrante de estudo, com uma pá de construção. Este procedimento era repetido a cada coleta pela mesma pessoa coletora. O conteúdo coletado era imediatamente depositado em uma peneira (malha: 50 mm e diâmetro: 53 cm), onde ocorria o procedimento de separação dos animais e sedimento mediante lavagem com água do mar. Do conteúdo restante, com a mão revestida com uma luva cirúrgica, coletava-se aleatoriamente um dos indivíduos de *E. brasiliensis* retidos na malha. A seguir, o animal era depositado com a porção caudal voltada para linha de rebentação, no ponto central da lâmina da água de uma cuba de teste comportamental de escape previamente preparada. A cuba de teste comportamental de escape (27,3 x 17,2 x 10,6 cm) continha 25 % do volume total com areia e 75% do volume restante preenchido com água do mar, ambas coletadas no local da pesquisa. A cuba apresentava marcações prévias que delimitavam quatro quadrantes de igual volume (ver Figura 9 do capítulo II).

A cada procedimento realizava-se a contagem de tatuíras presas na malha, estimando assim a população de tatuíras obtidas por cada escavação. No estudo de comportamento, observamos a latência de escape (tempo entre o libertar na superfície de água do aquário, e o enterramento do animal completando mais de 90% do corpo debaixo do substrato). Imediatamente após cada ensaio, o espécime focal era suavemente retirado da areia e executavam-se os procedimentos de biometria.

Mensurou-se com um paquímetro (Mitoyo, Brasil) o diâmetro lateral e o comprimento rostro-caudal da carapaça em milímetros. Imediatamente após a biometria, juntava-se este indivíduo do teste aos demais da peneira, soltando-os na linha de rebentação à aproximadamente 30 metros do local.

Durante os procedimentos de captura, mediram-se as condições da água do mar da área de estudo e do aquário. A temperatura ambiental foi medida com um termohigrômetro (Extech, China) e a luminosidade com um luxímetro (Extech, China).

Foram obtidas medidas a cada 30 minutos e a luminosidade era mensurada duas vezes consecutiva durante cada momento. O aparelho era posicionado na altura de 50 cm da linha de rebentação e a 50 cm da areia, onde se encontrava a cuba.

A temperatura da água do mar e da cuba foi aferida com um termômetro para água modelo ST 2228 (Oregon Scientifics, EUA) a cada 30 minutos.

A salinidade da água da cuba e da água do mar foi mensurada com um densímetro (Instant Ocean, Laboratórios de Marineland, EUA,) no princípio (1400 h), meio (1600 h), e ao término de (1800 h) dos testes comportamentais. Durante estes mesmos intervalos, obtemos o pH, e a concentração de amônia da água do aquário do mar no quadrante estudado, usando kits de aquário marinhos (kits de ph e kits de NH₃; Labcon Test, Brasil). Obtiveram-se três amostras com duas medidas sucessivas durante cada momento.

Na manhã do segundo dia de estudo, ocorreu o rompimento de uma adutora de efluentes de esgoto urbano, localizada às margens do riacho de Sapo, na porção sul da praia, à aproximadamente 100 m da área do experimento. A localização do acidente foi detectado devido ao forte odor desagradável na água do mar. O derramamento durou entre 12 e 24 horas, mas não foi possível avaliar a quantidade de efluentes eliminados.

2.3 Análises estatísticas

Foram somados os dados climáticos e químicos coletados para cada dia e então calculou-se a média para prover uma avaliação por dia. Este método foi usado em todas análises subsequentes. Através de um teste de Kruskal-Wallis e uma ANOVA *oneway* comparou-se as análises dos dados para cada dia. Em seguida utilizou-se um teste de Mann-Whitney devido a inexistência de normalidade dos dados. Foram feitas correlações entre os dados morfológicos da tatuira, obtendo-se o grau de correlação pelo coeficiente de Spearman. Foram feitas comparações entre as diferenças de tamanho da tatuira capturado entre os três dias, usando o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. Para verificar as diferenças de densidade demográfica e latência de escape usou-se ANOVA One-way, teste de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney. As médias são representadas com o erro padrão (média±EP). O nível de significância para os testes foi de $p \leq 0,05$, com distribuição bicaudal. Os dados foram analisados utilizando-se o programa SPSS 11.0 para Windows.

3 RESULTADOS

Não houve diferença significativa entre os fatores microclimáticos e a condição de água do mar nos três dias de estudo, com uma exceção. A concentração de amônia na água do mar ($N=23$, $df=2$, $X^2 = 19,42$, $p=0,001$) foi diferente entre os três dias (Figura 2). O teor de amônia na água do mar foi significativamente mais alta no terceiro dia em relação ao primeiro ($Z = -3,56$, $p=0,001$) e para o segundo dia ($Z = -3,87$, $p=0,001$). Como o nível de amônia foi igual na água do mar e do tanque, para efeitos de análise e discussão serão consideradas como uma variável única.

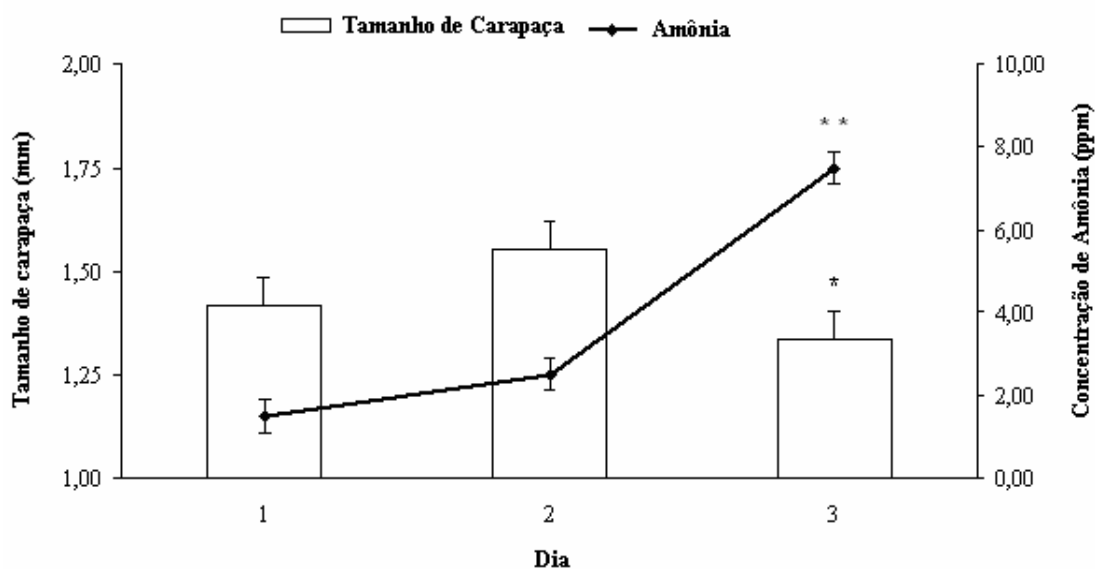


Figura 2. Comparação do tamanho médio da carapaça das tatuíras e a concentração de amônia durante os três dias de estudo (25 a 27 de maio de 2005) na praia de Bombinhas. * Diferenças do tamanho da carapaça da tatuíra e concentração de amônia entre o segundo e terceiro dia ($p= 0,029$); ** representa diferenças da concentração de amônia entre o terceiro, primeiro e segundo dias ($p=0,001$).

As medidas do comprimento lateral médio e do comprimento rostro-caudal médio da carapaça das tatuíras foi positivamente correlacionado ($N=239$, $r = 0,94$, $p=0,001$). Utilizamos como em outros estudos (Lercari e Defeo, 1999), somente o comprimento como dado morfométrico para análise. Houve uma tendência para capturar tatuíras de tamanhos diferentes entre os três dias ($N=239$, $df=2$, $X^2 = 5,17$,

$p=0,08$). Tatuíras capturadas no terceiro dia foram menores ($X=1,33 \pm 0,75$ mm) que as tatuíras capturadas no segundo dia ($X=1,55 \pm 0,82$ mm) ($Z = -2,178, p=0,03$), mas não houve diferença entre os espécimes capturados do primeiro dia ($X=1,45 \pm 0,79$ mm) em relação aos outros dois dias (dia 1 vs. dia 2, $p=0,15$; dia 1 vs. dia 3, $p=0,39$).

A densidade média de captura (número médio de indivíduos retidos na malha por cada escavação) diferiu entre os três dias ($N=242, df=2, X^2= 8,43, p=0,02$). No primeiro dia, a captura média foi de $4,53 \pm 7,73$ espécimes, no segundo dia $8,69 \pm 10,99$ espécimes, e no terceiro dia $1,73 \pm 1,75$ espécimes (Figura 3). No segundo dia observou-se uma média de captura mais alta em relação ao primeiro dia ($Z = -4,86, p=0,001$) e para o terceiro dia ($Z = -7,78, p=0,001$). No terceiro dia, a média de captura era menor e também diferiu em relação ao primeiro dia ($Z = -3,35, p=0,001$). Apesar do tamanho e densidade diferirem, não ocorreu diferença na latência de escape da *E. brasiliensis* entre os três dias de teste ($X=6,58 \pm 9,91$ s; $N=239, df=2, X^2 = 3,53, p=0,17$).

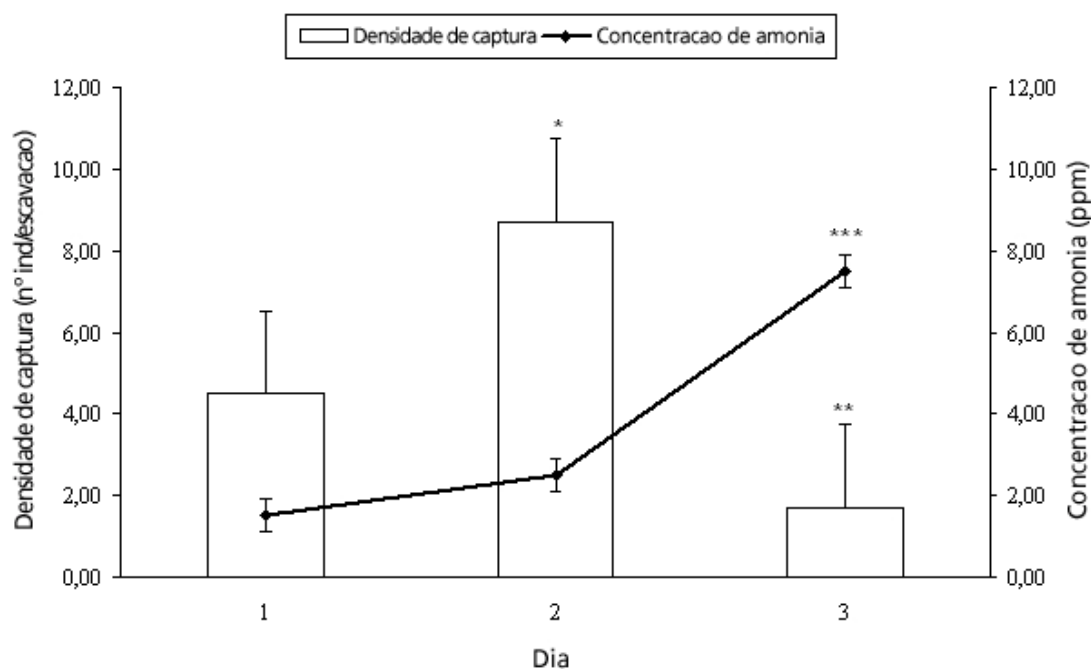


Figura 3. Diferenças entre a densidade de captura de tatuíra e concentração de amônia durante os três dias de estudo (25 a 27 de maio de 2005) na praia de Bombinhas, SC. * Diferenças no número de indivíduos por escavação entre o segundo e primeiro dia ($p=0,001$); ** diferenças no número de indivíduos por escavação entre o terceiro e segundo dia ($p=0,001$); *** diferenças na concentração de entre o terceiro, primeiro e segundo dias ($p=0,001$).

4 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A abundância e tamanho dos espécimes capturados diferiram ao longo do período de estudo. Por outro lado, não houve mudança na latência de escape em relação aos diferentes dias e as mudanças em concentração de amônia.

O aumento em concentração de amônia poderia ter sido causado por efeitos bacteriano ou de microalgas. A concentração de amônia aceitável para a maioria dos peixes e crustáceos é ao redor 4,0 ppm (United States of Environmental Protection Agency, 1989). No terceiro dia, a concentração de amônia na água do mar alcançou 8,0 ppm, um nível extremamente tóxico para a maioria dos peixes marinhos e crustáceos.

O teor de amônia e nitrito na água é um dos principais problemas ambientais enfrentados por organismos marinhos (Koo *et al.*, 2005; Neil *et al.*, 2005), afetando o metabolismo respiratório e elevando a concentração de metahemocianina no órgão. Este desequilíbrio debilita os sistemas de locomoção e reação ao estresse ambiental, levando facilmente o organismo à morte (Koo *et al.*, 2005). Embora não tenha sido possível realizar análises patológicas para determinação de metahemocianina em indivíduos capturados, a latência de escape não parece ter sido comprometida naqueles indivíduos que foram capturados no terceiro dia.

Enquanto isso houve uma diferença significativa na abundância e tamanho destes indivíduos capturados. Abundância e o tamanho dos animais amostrados no primeiro e segundo dia não foram estatisticamente diferentes. A diferença no terceiro dia em comparação ao segundo dia poderia ser um efeito da uma agregação ao acaso da população de tatuíra e não parece ser um resultado direto do impacto de concentração de amônia de mar. Os resultados foram oportunamente obtidos, necessitando de mais pesquisa. Além disso, a interpretação deve ser mais cautelosa em relação a variação em tamanho e a abundância entre os dias de estudo, podendo ser o resultado de uma variabilidade natural da população de tatuíra nas praias (Brazeiro, 2005; Jaramillo *et al.*, 2000). Estes animais têm uma distribuição aleatória nas praias (Jaramillo *et al.*, 2000). Apesar da abundância e as diferenças no tamanho dos animais entre os três dias, a mesma situação não foi observada na latência de escape desta espécie, sugerindo que a alta concentração de amônia não afetou a motilidade e o comportamento de enterrar das tatuíras.

Processo dinâmico como a maré, a direção e velocidade dos ventos, a presença de predadores e outros fatores não medidos no presente estudo, poderiam afetar a macrofauna intermaré em diversas escalas temporais. A composição da areia (granulometria) pode alterar o comportamento da tatuíra (Brazeiro, 2005; Dugan *et al.*, 2000). Porém três dias sucessivos a região esteve sobre o mesmo regime da maré, e é improvável que ocorram mudanças significativas nas características de areia em curtíssimo prazo.

Crustáceos são relativamente resistentes a altas concentrações de amônia (Freitas-Rabelo *et al.*, 2000; Zhao *et al.*, 1998). A resistência fisiológica e a plasticidade comportamental são conhecidas em tatuíras (Jaramillo *et al.*, 2000; Lercari e Defeo, 1999). Para exemplificar, as tatuíras podem resistir a concentração mais alta de metais pesados e hidrocarbonetos quando comparadas a outras espécies da macrofauna, sendo

utilizadas assim como bioindicadoras (Freitas-Rabelo *et al.*, 2000; Barron *et al.*, 1999). As brânquias de crustáceos parecem muito bem adaptadas a excreção de níveis altos de amônia (Burggren e Roberts, 1991). Além disso, nós sugerimos que a exposição breve a alta concentração de amônia observada não foi suficiente o bastante para danificar os sistemas fisiológicos e a capacidade de escapar..

Estudos com a macroinfauna, seu hábitat, e o impacto causados por estressores ambientais, como poluente, merecem mais atenção em áreas litorais ainda pouco estudado, como é o caso da costa do Atlântico Sul das Américas. São raras as oportunidades de estudar os efeitos de um acidente sanitário sobre o comportamento e abundância de crustáceos em um ambiente natural. Pesquisas em fisiologia e ecologia comportamental de *E. brasiliensis* podem ajudar a compreender a capacidade de aclimação deste crustáceo pobremente estudado.

CAPÍTULO II

**DIFERENÇAS NA LATÊNCIA DE ESCAPE EM *Emerita brasiliensis*
ENTRE PRAIAS E ESTÁGIOS REPRODUTIVOS**

RESUMO

Diferenças na latência de escape em *Emerita brasiliensis* entre praias e estágios reprodutivos.

O comportamento de escape é influenciado pela interação entre a morfofisiologia e os fatores abióticos. Para evitar os estressores ambientais os crustáceos desenvolveram várias formas de deslocamento. O gênero *Emerita* escapa dos predadores e dos agentes estressores enterrando-se nas praias. Este trabalho verificou a latência de escape em diferentes estágios reprodutivos de tatuíras (*Emerita brasiliensis*), em praias com diferentes densidades humanas, e as características abióticas desses ambientes. O trabalho foi desenvolvido em duas praias do litoral sul brasileiro, uma preservada (Siriú) e outra urbanizada (Garopaba). Quinhentos e dois indivíduos de *E. brasiliensis*, recém coletados, foram conduzidos e soltos na linha média de um aquário. Observou-se a latência de soltura-imersão completa. Foram coletados dados do sedimento, do clima, e das características químicas da área de surfatação. O resultado demonstrou diferenças abióticas entre as praias. Houve maiores médias da temperatura, do pH, da amônia e da luminosidade em Garopaba. Ocorreram diferenças morfológicas e comportamentais entre as populações de ambas as praias. A tatuíras de Garopaba foram menores do que as tatuíras de Siriú. Ocorreram diferenças de latência de escape dos diferentes estágios reprodutivos de tatuíras associada aos fatores abióticos. A população de tatuíra foi mais lenta na praia de Garopaba, independente da categoria de estágio reprodutivo. A lentidão de escape pode estar relacionada ao impacto da ocupação humana. Em relação ao tamanho e ao estágio reprodutivo verificou-se que os animais maiores enterraram-se mais rapidamente. Fêmeas ovígeras e não-ovígeras apresentaram maior eficiência no comportamento de escape por enterramento. Os fatores abióticos podem ter afetado o comportamento antipredatório e a morfologia de tatuíras, em diferentes estágios reprodutivos. A contribuição do impacto humano sob o ambiente parece ser determinante para as diferenças encontradas entre as praias, entre a morfologia e o comportamento de escape de tatuíras.

ABSTRACT

Differences in the latency of escape in *Emerita brasiliensis* between reproductive beaches and periods of training.

The escape behavior is influenced by the interaction between the morphophysiology and abiotics factors. To prevent the ambient estressores the crustaceans had developed some forms of displacement. The genus *Emerita* escapes from the predators and the stress agents burying themselves on the beach. This paper verified the latency of escape in different reproductive stages of mole crab (*Emerita brasiliensis*), in beaches with different human density, and the abiotics characteristics of theses environments. This project was developed on two south Brazil beaches, one preserved (Siriú) and the other one, urbanized (Garopaba). Five hundred and two *E. brasiliensis* individuals, just collected, were conducted and released the aquarium middle line. It was observed the complete latency of free-immersion. It was collected sediment, climate, and chemical characteristics data from the intertidal area. The result showed the abiotics differences between the beaches. There were higher temperature, pH, ammonia and light mediums in Garopaba. Morphological and behavioral differences occurred between the populations from both beaches. Mole crab from Garopaba were smaller than Siriú mole crab. Some latency of escape occurred in different reproductive stages associated to abiotics factors. The mole crabs population was slower on Garopaba beach, no matter the reproductive stage category. This relation may be related to the number of people or to the impact of human occupation. It was verified that bigger animals buried themselves faster when related to the size and to the reproductive stage. Ovigerous and not ovigerous females showed more efficiency in escape behavior for burying. The abiotic factors affected the antipredatory behavior and the tatuíras morphology, in different reproductive stages. The contribution of human impact over the environment seems to be determinant for the differences found on the beaches, among the morphology and the escape behavior of mole crabs.

5 INTRODUÇÃO

A cripticidade e o escape são considerados os mais comuns e eficientes tipos de comportamentos anti-predatórios (Alcock, 2001). O comportamento de escape é uma estratégia adaptativa da relação predador-presa. Utilizado na rápida esquiva do ataque de um potencial predador, este comportamento é o resultado da capacidade morfofuncional e das características físicas do ambiente, não sendo considerado apenas um reflexo (Quinn e Cresswell, 2005; Schall e Pianka, 1980). O escape freqüentemente envolve aumento na velocidade e/ou acréscimo na atividade para agir em um ambiente de alto risco. Para compreendermos o funcionamento do comportamento de escape é necessário conhecermos seus mecanismos evolutivos e fisiológicos.

Segundo Abrams (2000), predação é o termo usado para descrever interações nos quais indivíduos de uma espécie matam, e são capazes de consumir uma significativa porção de biomassa de indivíduos de outra espécie (animal ou vegetal). O predador de animais pode ser caracterizado como uma ampla variedade de organismos que obtêm seus recursos pelo consumo de outros organismos, beneficiando-se ao custo, em algumas circunstâncias, da redução do crescimento, da fecundidade e sobrevivência de sua presa (Townsend *et al.*, 2006). Essa definição não restringe a apenas predadores clássicos, mas inclui todos aqueles indivíduos que de alguma maneira alteram a história de vida do organismo-presa. Neste conceito, podemos incluir o ser humano como um predador clássico ou atípico.

A predação exerce forte pressão sobre algumas características da história de vida, principalmente fecundidade e sobrevivência (Abrams, 1992). Um alto índice de predação representa alta taxa de mortalidade. O risco de ser predado diminui com o aumento da taxa de crescimento, transformando a densidade populacional e moldando o comportamento de forrageio de presas (Townsend *et al.*, 2006; Abrams e Rowe, 1996). Os efeitos do ataque em presas são, em sua grande maioria, representados de formas diferenciadas em indivíduos e populações. Os efeitos da predação em populações nem sempre são previsíveis, havendo alterações compensatórias no crescimento, sobrevivência e/ou reprodução de presas que sobreviveram (Abrams, 1992). Estas compensações podem ser: redução na competição intra-específica em relação a recursos limitados, produção de proles maiores, redução na captura de presa por outros predadores ou mudança de estratégia anti-predatória (Townsend *et al.*, 2006; Ricklefs, 2003). O sistema presa-predador opera de forma adaptativa no equilíbrio entre os ciclos

populacionais das duas personagens, onde, a vulnerabilidade está inversamente relacionada com ao tamanho da população de predadores. Nesta situação, haverá sempre uma alternância entre escassez e abundância de uma das populações da interação (Townsend *et al.*, 2006; Ricklefs, 2003; Abrams e Matsuda, 1997).

O conflito entre predador e presa é o resultado da adaptação e a contra-adaptação do outro (Abrams, 1986). Futuyma (2002) define como coevolução, o processo quando as populações de duas ou mais espécies interagem, e cada uma pode evoluir em resposta àquelas características da outra que afetam o seu ajustamento evolutivo. Em uma relação inversa, presas e predadores coevoluíram em estratégias tornando vulnerável a taxa de predação. Geralmente o sistema presa-predador mantém-se estável. Esta estabilidade é mantida, pois, as presa sempre estarão um passo a frente na corrida armamentista desta interação, já que a pressão de seleção é mais forte sobre a habilidade de fuga do que sobre a capacidade de captura. Esta relação é conhecida como “princípio vida-alimento”: presas que perdem a corrida, perdem a vida e sua chance de reprodução, enquanto que predadores perdem apenas uma refeição, e mesmo assim, têm chances de reproduzirem (Krebs e Davies, 1996). De forma geral, existem mais de uma opção de estratégia anti-predatória, alternativas que se alternam na relação evolutiva do sistema presa-predador (Abrams, 1986). Esta alternância de estratégias condiz com um ambiente que é instável e imprevisível (Townsend *et al.*, 2006; Ricklefs, 2003).

A predação é um dos maiores influenciadores do comportamento de presas e pode afetar de várias maneiras a sua vida. A resistência à sua influência depende da habilidade da presa de identificar e evitar o predador e suas estratégias de ataque. Este procedimento é altamente custoso em energia e tempo, que poderia ser deslocado ao forrageio e à reprodução; por isso, a presa deve avaliar o melhor momento para desencadear a resposta de fuga e evitar o dispêndio energético (Hemmi, 2005). Existem diversas formas comportamentais ou fisiológicas de enfrentar os desafios gerados pelo estresse da predação ou pela ação direta do predador. As estratégias mais comuns são a luta ou a fuga, reações fisiológicas e comportamentais clássicas deste duelo entre predador e presa.

A atividade de escape não é simplesmente uma reação generalizada do contato, mas sim uma resposta especializada e efetiva de cada espécie, desenvolvida ao deparar-se com seu predador (Feder, 1972). Uma forma de escapar é o recuo para um buraco ou um invólucro qualquer como uma concha (Hungie, 2004). A eficiência do escape depende do tempo de detecção, do tempo de modificação do comportamento e da

efetiva evitação. O escape possui latência de resposta. Esta é definida como o tempo entre a apresentação ou detecção do estímulo (estressor; predador) e a efetiva evitação (Manning, 1977).

A direção e a velocidade de escape podem afetar a habilidade de um animal evitar o ataque, e a variação na estrutura ambiental frequentemente afeta a velocidade de escape (Mattingly e Jayne, 2005). As estratégias de escape escolhidos pelos animais podem afetar o seu valor adaptativo (*fitness*) e a sobrevivência. A locomoção tem importância central para escapar de predadores. A rota de escape pode influenciar a velocidade e a probabilidade de sucesso para evitar o perigo (Mattingly e Jayne, 2005; Lima, 1993).

Em crustáceos a locomoção serve para o simples deslocamento, migração, forrageio, escape de potenciais predadores e captura de alimentos. A evolução dos crustáceos está intimamente ligada com a adaptação para a locomoção, originária de diferentes formas dos apêndices e do tamanho do corpo (Lochhead, 1961). O processo de locomoção em crustáceos, potência e velocidade, são diferenciados nos estágios reprodutivos (fêmeas ovígeras e não-ovígeras), estágios de desenvolvimento (larval, juvenil ou adulto) e nos gêneros (Koga *et al.*, 2001; Lochhead, 1961). Além disso, fatores como temperatura e intensidade luminosa interferem diretamente no comportamento de deslocamento (Barros, 2001; Lochhead, 1961).

Os diversos crustáceos desenvolveram várias formas de deslocamento e tipos de refúgios. O ato de enterrar é um dos comportamentos mais importantes nesta classe. Composto por uma série de fases, com a utilização de membros e apêndices, como antenas nos Amfípodos e urópodes nos Anomuros (Lochhead, 1961). O enterramento é definido como o processo no qual o animal utiliza métodos biomecânicos para impulsioná-lo para o interior do substrato através da abertura de um orifício, resultando na penetração e na transferência de um meio para outro (Dorgan *et al.*, 2006). Organismos enterradores possuem diversas adaptações anatômicas que proporcionam a abertura e a manutenção dos buracos.

A locomoção envolve adaptações no exoesqueleto, sistema neuromuscular, em vários receptores sensoriais e no sistema nervoso, garantindo as mudanças - na velocidade e direção do movimento (Wilmer *et al.*, 2005). Animais que habitam as regiões intermarés e utilizam o enterramento como mecanismo de escape e de alimentação estão constantemente sujeitos às mudanças abióticas (CO₂, O₂, compostos nitrogenados, temperatura e salinidade) (Lochhead, 1961). O comportamento de

enterrar-se exige que as espécies possuam uma adaptação metabólica e uma refinada tração na musculatura desenvolvida para as modificações repentinas entre os dois ambientes físicos diferentes e instáveis (Pörtner, 2002). Contudo, há vantagens no custo de enterrar: diversos problemas ecológicos (predação e alimentação) e fisiológicos (osmótico e termal) são resolvidos em espécies sob alta pressão de predação, ao aumentar a cripticidade (Wilmer *et al.*, 2005).

A reação de escape e sua plasticidade exigiram que os crustáceos adquirissem axônios com capacidade de obter sinapses de alta velocidade de respostas (Wiersma, 1961). Este arcabouço neuronal é constituído pelos interneurônios gigante lateral (LG) e gigante medial (MG) e pelo neurônio responsável pela resposta motora na região abdominal do animal, o motor gigante (MoG; Rupert *et al.*, 2005; Faulkes, 2004; Wiersma, 1961).

O gênero *Emerita* escapa dos predadores e dos agentes estressores, assim como se ancora para alimentação, enterrando-se nas praias. A atividade de enterrar-se da *Emerita* é caracterizada por movimentos velozes. As tatuíras são altamente especializadas para enterrar-se no interior das praias arenosas usando seus membros torácicos e apêndices. Esta especialização é caracterizada por uma flexão do abdômen, que auxiliado pela forma ovóide e esguia do corpo, permite o rápido enterramento no sedimento, sempre iniciado pela porção posterior (Rupert *et al.*, 2005; Faulkes e Paul, 1997a,b).

Nos animais pertencente a macroinfauna, o período de enterramento é caracterizado por duas etapas: uma de penetração inicial com duração variável, de acordo com a espécie e fatores abióticos. A segunda etapa é caracterizada por uma série de ciclos de enterramento com diminuição da velocidade próxima a conclusão do ato devido a resistência do substrato. Na tatuíra, o período é contínuo, não há distinção entre os períodos e ciclos, reconhecido por movimentos rápidos e vigorosos (Faulkes e Paul, 1997a; Trueman, 1970).

A tatuíra inicia a escavação logo após a parte posterior do corpo entrar em contato com o substrato, penetrando inicialmente a parte posterior e abdômen, seguido pela parte anterior do corpo. Neste procedimento há a remoção da areia e a reposição em seguida, com a utilização do segundo e terceiro par de pernas torácicas e do urópode (Faulkes e Paul, 1997a). O período de enterramento dura menos de 1,5 s e é caracterizado por um esforço contínuo até o indivíduo estar completamente submerso na areia, restando apenas as segundas antenas suspensas para coleta de alimentos na maré

(Faulkes e Paul, 1997a). O período de enterramento apresenta uma taxa de 1 cm/s, altíssima quando comparada com outros animais escavadores (0,25 cm/s). *Emerita* é incapaz de enterrar-se em areia seca ou insaturada de água (Trueman, 1970). Segundo Trueman (1970) e Snodgrass (1952), a anatomia desta espécie favoreceu o comportamento de escape pelo enterramento, pois ela dispõe do segundo e terceiro par de pernas desenvolvidas para penetrar e emergir da areia.

Decápodes têm cinco pares de pernas, sendo que o primeiro par não é utilizado para locomoção ou enterramento, e sim apenas como orientação no nado, agindo como um remo. O quinto par é pequeno, responsável por auxiliar no comportamento de limpeza, não servindo para locomoção. Os demais membros pareados exercem função imprescindível no ato de enterrar (Faulkes e Paul, 1997b). Como em muitos outros crustáceos, em tatuíras, pares de pernas bilaterais alternam seus movimentos nas diversas modalidades de deslocamento (Cruse, 1990). No enterramento da tatuíra observa-se que a quarta perna e o urópode exercem o papel de escavação, tendo uma sincronia de movimentos e frequência de ciclo duas vezes maior, enquanto que o par de pernas 2 e 3 propulsionam a penetração do crustáceo no substrato (Faulkes e Paul, 1997a; Trueman, 1970). Os urópodes mantêm uma batida constante e o quarto membro adquire uma trajetória no sentido horário, enquanto o segundo e terceiro membro fazem a trajetória no sentido anti-horário. Estas diferenças são resultado da diferente morfologia dos respectivos membros (Faulkes e Paul, 1997b).

Faulkes e Paul (1997a) argumentam que a velocidade de entrar e sair da areia são inversamente proporcionais ao tamanho da espécie. O tempo de enterrar em crustáceos aumenta significativa e proporcionalmente ao tamanho do animal (Dugan *et al.*, 2000).

5.1 Fatores que caracterizam as praias

O ecossistema de praias arenosas pode ser definido, de uma maneira simples, como a região costeira onde as ondas trabalham ativamente o sedimento. O sedimento das praias arenosas usualmente inclui uma variedade de tipos e tamanhos de partículas, como areias grosseiras e areias finas (Brazeiro e Defeo, 1996). O ambiente praieiro caracteriza-se pela sua dinâmica ambiental, onde ocorre a conversão entre água e terra. Por se tratar de uma região altamente instável, este sistema exerce constantes desafios à

fauna residente, exigindo uma alta plasticidade fenotípica, ou seja, a produção de múltiplos fenótipos a partir de um único genótipo devido as variações ambiental (Miner *et al.*, 2005).

As praias favorecem a formação de diversos microhabitats com seus microclimas. Estes sistemas são regidos por fatores abióticos e bióticos advindos da influência marinha, pelas ondas e marés, e da influência terrestre, pelo depósito sedimentar. Entre os fatores abióticos que estruturam a distribuição, fisiologia e comportamentos das populações e comunidades litorâneas destacam-se a luminosidade, a salinidade, a temperatura ambiental, o pH, a morfodinâmica das praias e os compostos nitrogenados (Wilmer *et al.*, 2005; Defeo e Cardoso, 2004; Lercari e Defeo, 1999). Para crustáceos da fauna interdital, esses fatores representam uma grande variação, relacionada à sobrevivência em um ambiente com constantes oscilações aos extremos. Estas oscilações podem ser caracterizadas como estresse, um desafio constante à homeostase dos animais. O estresse define-se pela ruptura da estabilidade fisiológica e comportamental, induzida por transformações ambientais ou comportamentais (agentes estressores), tornando os indivíduos mais susceptíveis a estas alterações (Hoffman e Parsons, 1991). Os processos comportamentais operam via retroalimentação com os fatores ambientais abióticos (luminosidade, temperatura entre outros) e bióticos (nutrientes, competição, cooperação e predação) (Werner *et al.*, 2005).

A iluminação para a fauna intermaré desempenha papel fundamental no controle dos ritmos circadianos e na distribuição espacial dos animais (Wilmer *et al.*, 2005). Algumas espécies como *Orchestoidea tuberculata* (Crustacea: Amphipoda), alteram as suas atividades e conseqüentemente o ciclo circadiano, realizando atividades noturnas (adultos) e crepusculares (juvenis), evitando, assim, as pressões ambientais e a predação. No período noturno a temperatura diminui e a umidade aumenta evitando o dessecação. Simultaneamente diminuem os predadores, em sua grande maioria aves (Ribeiro *et al.*, 2004; Zharikov e Skilleter, 2004). Esta situação noturna favorável também é desejável por alguns predadores. Para evitar estes oportunistas, juvenis de *O. tuberculata* utilizam o período crepuscular para suas atividades (Kennedy *et al.*, 2000). A temperatura e a salinidade são, também, conhecidas como fatores ambientais de maior importância na vida dos animais marinhos, e há uma forte correlação direta entre eles: o aumento da salinidade gera aumento da temperatura e vice-versa (Zhao e Sun, 2006).

Salinidade é designada como a quantidade de substâncias dissolvidas (sais em sua forma iônica) nas águas dos mares (Wilmer *et al.*, 2005, Odum, 2004). De acordo com Odum (2004), 96,5% a água do mar é constituída por água e 3,5% por substâncias dissolvidas. As substâncias dissolvidas incluem sais inorgânicos, compostos orgânicos provenientes dos organismos marinhos e gases. A maior parte do material dissolvido é composto por sais inorgânicos. As diferenças de salinidade são, sobretudo, conseqüências da dinâmica entre a evaporação e a precipitação. Os valores mais elevados são registrados nas regiões tropicais onde a evaporação registrada é alta, e os valores mais baixos podem ser observados nas zonas temperadas (Wilmer *et al.*, 2005, Odum, 2004).

A salinidade em águas marinhas costeiras descreve o índice de diluição da água do mar pela água doce, seja de origem fluvial ou pluvial (Zhao e Sun, 2006; Wilmer *et al.*, 2005). Algumas espécies de crustáceos alteram o comportamento de locomoção em ambientes salinos. O caranguejo europeu, *Carcinus maena*, aumenta a atividade locomotora em baixa salinidade (McGaw, 2001). Os crustáceos de ambientes marinhos em geral apresentam habilidade de identificar as variações de sais ambientais, respondendo com mudanças comportamentais e fisiológicas (McGaw, 2001; Warman *et al.*, 1991).

A temperatura, que pode ser definida como a medida da energia do movimento molecular, tem um papel fundamental nos ciclos vitais e distribuição dos organismos marinhos (Prosser e Heath; 1991). Animais ectotérmicos, entre eles os crustáceos, são dependentes da temperatura ambiental para suas atividades e sobrevivência. A água, pelas suas particularidades físico-químicas, proporciona certa estabilidade das características térmicas ambientais, simplificando o modo de vida ectotérmica (Prosser e Heath, 1991; Hardy, 1981). As características termais do meio afetam o comportamento de crustáceos, embora termorreceptores não sejam conhecidos nesta classe. Crustáceos são capazes de se aclimatar, trocando o seu *set point* térmico, conforme as condições ambientais (Lagerspetz e Vainio, 2006). Em termos gerais, quanto mais próximo de uma faixa de temperatura de preferência, maior é a atividade dos crustáceos (Lagerspetz e Vainio, 2006).

O estresse pelas variações de pH em animais de águas naturais não é tão importante quanto a temperatura e a salinidade. O pH no meio marinho é usualmente alcalino, variando entre 7,5 e 8,4 devido à solubilidade do dióxido de carbono ser mais elevado que a do oxigênio no meio marinho. O CO₂, deste modo, é reservado como

bicarbonato, sendo assim, raramente um fator limitante da sobrevivência nos oceanos (Odum, 2004). Estudos revelaram que apenas o pH abaixo de 6,5 é deletério para a maioria da fauna oceânica (Zhao e Sun, 2006). Em geral, o pH deve se manter entre 6,5 e 8,0 para a sobrevivência da maioria dos crustáceos (Lochhead, 1961).

Outro componente abiótico de importante valor para o ambiente marinho é o nitrogênio, que, em valores elevados, indica a poluição das águas por descarga de efluentes orgânicos ou eutrofização. O nitrogênio apresenta-se sob várias formas: nitrato, nitrito, amônia e até nitrogênio livre (Costa *et al.*, 2004). Dentre estas apresentações, as mais utilizadas pelos produtores primários e as principais fontes de alimento da macrofauna são o nitrito e a amônia (Costa *et al.*, 2004). A amônia é altamente tóxica para crustáceos e outros organismos aquáticos, exercendo efeitos maléficos no crescimento, nas funções do sistema nervoso central, balanço iônico, metabolismo energético e sobrevivência (Koo *et al.*, 2005; Costa *et al.*, 2004). Já o nitrito, concentrado nos sistemas aquáticos, causa a redução na tolerância termal e hipóxia nos tecidos (Koo *et al.*, 2005).

O microhabitat exerce importante papel na determinação de estratégias de escape em vários modelos animais. Espécies da macrofauna que habitam praias arenosas exibem adaptações morfológicas e comportamentais as quais permitem resistir às adversas condições físicas do ambiente (Barros, 2001; Faulkes e Paul, 1997 a; b). A habilidade de enterrar-se rapidamente é o ponto central para o sucesso de tatuíras comporem de forma abundante, tanto em distribuição quanto em composição, a região intermaré (Dugan *et al.*, 2000).

Vários fatores físicos podem influenciar o escape em crustáceos, entre eles: a radiação solar, azimute, fase lunar, morfodinâmica das praias, vento, deslocamento das nuvens, temperatura, salinidade; e fatores bióticos como a presença e diversidade de predadores e competição intra e interespecífica (Cardoso, 2002). Outro fator de extrema relevância para as espécies habitantes do litoral é atividade humana.

Ao longo das últimas décadas o turismo tem-se intensificado, principalmente na zona costeira, constituindo-se num dos mais importantes fatores de ocupação do litoral do Brasil (Costa *et al.*, 2004). Em praias arenosas a atividade recreacional, a destruição de dunas, e a especulação imobiliária são os distúrbios antrópicos mais comuns. Incluído na perturbação antrópica há ainda a descarga de esgoto urbano, efluentes agropecuários e a super exploração dos recursos alimentares litorâneos (Gheskiere *et al.*, 2005; Barros, 2001; Gormsen, 1997). O turismo contínuo ou sazonal somente

intensifica este quadro do litoral brasileiro. Esta influência humana pode interferir nas características ecológicas, fisiológicas e comportamentais da fauna litorânea (Veloso *et al.*, 2006).

Diversas espécies litorâneas têm sofrido decréscimo populacional nas últimas décadas (Brown e Mclachlan, 2002; Roberts e Hawkins, 1999). Aves como o maçarico-branco (*Calidris alba*), além de sofrerem perda populacional, tiveram o tempo de forrageio diminuído, alterando assim toda estrutura da comunidade local, devido ao impacto humano. Crustáceos, que são a principal fonte de alimentos dos maçaricos, são conseqüentemente forçados a modificar seus mecanismos de fuga e proteção devido à inconstância do comportamento de forrageio da espécie predadora e estresse causado pelo homem (Thomas *et al.*, 2003).

O crustáceo *E. brasiliensis*, pertencente à macrofauna interdital das praias sul brasileiras, apresenta uma grande plasticidade fenotípica por estar inserido em um ambiente altamente instável (Defeo e Cardoso, 2004). Esta espécie adota o enterrar como principal e mais eficiente tipo de estratégia de fuga.

O incremento do turismo e o deslocamento em massa de populações humanas levam a tatuíra (*E. brasiliensis*) a equipar-se à presença de novos desafios, seja na forma de pisoteio humano contínuo nas praias, aumento de poluentes sólidos ou superexploração da macrofauna para pesca. Esta adaptação é observada através de mudanças de distribuição e fisiológicas dos crustáceos (Veloso *et al.*, 2006; Gheskiere *et al.*, 2005; Ferdin *et al.*, 2001; Lercari e Defeo, 1999). As atividades antrópicas modelam a aclimação da tatuíra nas praias com intenso impacto devido ao turismo. Esta adaptação segue o princípio de “vida e alimento” (Dawkins e Krebs, 1979), onde talvez, a tatuíra possa, com sua alta plasticidade fenotípica, adotar estratégias que contrapõem o excessivo pisoteio humano da faixa mediana das praias altamente impactadas. O ser humano neste quadro assume o papel predador, já que ele interfere no ciclo da espécie, reduzindo o crescimento, a fecundidade ou a sobrevivência (Townsend *et al.*, 2006). Estas aclimações variam de acordo com o gênero, o tamanho, o estágio de desenvolvimento e o cuidado parental. De fato, Veloso e colaboradores (2006) observaram uma queda na densidade de tatuíras em áreas pisoteadas, pela ação turística, comparadas às áreas preservadas em praias do Rio de Janeiro.

Tanto o ser humano quanto a instabilidade física e biológica das praias podem servir como agentes responsáveis pela heterogeneidade ambiental, ou seja, a formação de mosaicos das áreas de ocupação da fauna e flora do litoral (Brown e Mclachlan,

2002; Primack e Rodrigues, 2001). O microclima das praias funciona como efeito de borda, restringindo aos animais a manifestarem as interações ecológicas, fisiológicas e comportamentais em áreas limitadas ao longo da borda litorânea e exigindo que os animais remodelem os mecanismos fisiológicos para determinados desafios ambientais (Sagarin e Gaines, 2002). Por outro lado, o efeito de borda (praias, por exemplo) é acompanhado com a maior diversidade e abundância de recursos alimentares, formando um nicho exuberante em riqueza de nutrientes para diversos táxons (Costa *et al.*, 2004; Schoeman *et al.*, 2000). Isto favorece a presença de crustáceos e de seus predadores.

5.2 Diferenças entre Sexos e Estágios Reprodutivos

Na fase reprodutiva, os animais tornam-se mais susceptíveis à predação, por serem mais conspícuos, mais lentos e mais rentáveis como presas (Cothran, 2004; Veasey *et al.*, 2001; Jormalainen, 1998; Bauwens e Thoen, 1981). Os custos e benefícios da reprodução são geralmente assimétricos entre os sexos. Killian e colaboradores (2006) pesquisando grilos (*Acheta domesticus*) observaram que machos e fêmeas apresentam diminuição na reação estimulada de escape durante e logo após a cópula. Em Amphipoda o custo da predação é mais alto para as fêmeas, que se tornam mais frágeis, frente a rapidez com que são predadas por peixes (Cothran, 2004). Da mesma forma, as fêmeas de copépodos são mais facilmente capturadas quando estão procriando (Svensson, 1995).

Nos decaodes que compõem a macrofauna, em sua grande maioria, o cuidado parental é exercido pelas fêmeas (Calado *et al.*, 2006; Rupert *et al.*, 2005). Elas carregam os ovos até a fase de amadurecimento e a formação das larvas (Rupert *et al.*, 2005). Este comportamento deixa as fêmeas mais vulneráveis, com a redução da velocidade de escape e deslocamento da energia para a reprodução e o cuidado dos ovos (Rupert *et al.*, 2005). O dimorfismo sexual que em algumas espécies de crustáceos como a *E. brasiliensis* resulta fêmeas mais vulneráveis a predação, porque são duas a três vezes maiores do que os machos, facilitando a detecção (Delgado e Defeo, 2006), dificultando o escape e aumentando a atração de predadores. O aumento da vulnerabilidade facilita a otimização de forrageio do predador (Krebs e Davies, 1996) e no estado reprodutivo de ovígera, espera-se o desenvolvimento de estratégias diferenciadas de escape.

A tatuíra serve de alimento para diversas espécies de aves, algumas espécies de peixes e mamíferos aquáticos (Petracco *et al.*, 2003). As fêmeas são maiores (entre 11 a 36 mm) e machos bem menores (entre 9 a 14 mm) (Calado, 1990). O tamanho das presas determina muitas vezes a estratégia do caçador. As presas são selecionadas através da maximização dos benefícios energéticos em oposição ao custo da perseguição e captura (Krebs, 1977). As fêmeas são o alvo de várias aves (predador) no período reprodutivo. As aves utilizam principalmente a visão para a captura de presas, no período de reprodução as tatuíras se tornam mais visíveis, pois os ovos são alaranjados, em contraste com a carapaça esbranquiçada, atraindo ainda mais o predador (Iribarne e Martinez, 1999). Em praias com forte presença humana, fêmeas ovígeras são capturadas preferencialmente para uso de isca na pesca (Petracco *et al.*, 2003), por ser mais atrativo aos peixes. Não se conhece o papel de outros predadores como peixes e crustáceos maiores, mas como muitos destes animais são generalistas e dependem (pelo menos em parte) da visão para a detecção de presas, é possível que as fêmeas ovígeras sejam mais vulneráveis à predação.

Acredita-se que haja uma contra-estratégia para a maior vulnerabilidade de fêmeas. Supostamente o dimorfismo sexual gera diferentes vantagens frente à pressões de predação, resultando em mudanças de estratégias de escape de ambos os sexos. O comportamento de escape mais rápido seria uma das formas mais eficazes de se contrapor à maior pressão de predação.

5.3 *Emerita brasiliensis* (Schimitt, 1935)

O gênero *Emerita* Scopoli, 1777, popularmente conhecido como tatuíra ou tatuí, pertence a ordem Decapoda, é exclusivamente marinho que habita águas das regiões tropicais e temperadas (Calado, 1990). Pertencendo a família Hippidae, são os mais comuns componentes da macroinfauna ou macrobentos das praias arenosas, habitando a região intermaré ou faixa mediana (Calado, 1990; Efford, 1976).

São conhecidas nove espécies do gênero distribuído em todo globo, três no Indo Pacífico (*Emerita emeritus*, *Emerita austroafricana*, *Emerita halthuisi*), duas no Pacífico Oriental (*Emerita analoga*, *Emerita rathbunae*) e quatro no Atlântico Ocidental (*Emerita talpoida*, *Emerita benedicti*, *Emerita brasiliensis*, *Emerita portoricensis*) (Efford, 1976). Dentro destas espécies apenas duas ocorrem no Brasil *E. portoricensis* e *E. brasiliensis* (Calado, 1998; 1990).

A *E. brasiliensis* é a mais abundante da costa brasileira, com uma distribuição exclusivamente subtropical e temperada e raramente tropical. Ocorre desde o estado do Espírito Santo no Sudeste do Brasil até o estuário do rio da Prata no Uruguai e Argentina (Veloso e Cardoso, 1999), embora seja possível, em menor densidade, a ocorrência em regiões mais ao norte da costa Atlântica sul-americana, Trinidad e Tobago, Venezuela e raras descrições no México (Defeo e Cardoso, 2004, Calado, 1998; 1990; Efford, 1976) (Figura 4).

São espécies endopsâmicas, vivem no interior do substrato através do enterramento constante nos sedimentos tanto para alimentar-se como para fugir dos predadores (Coelho *et al.* 2004; Calado, 1998).

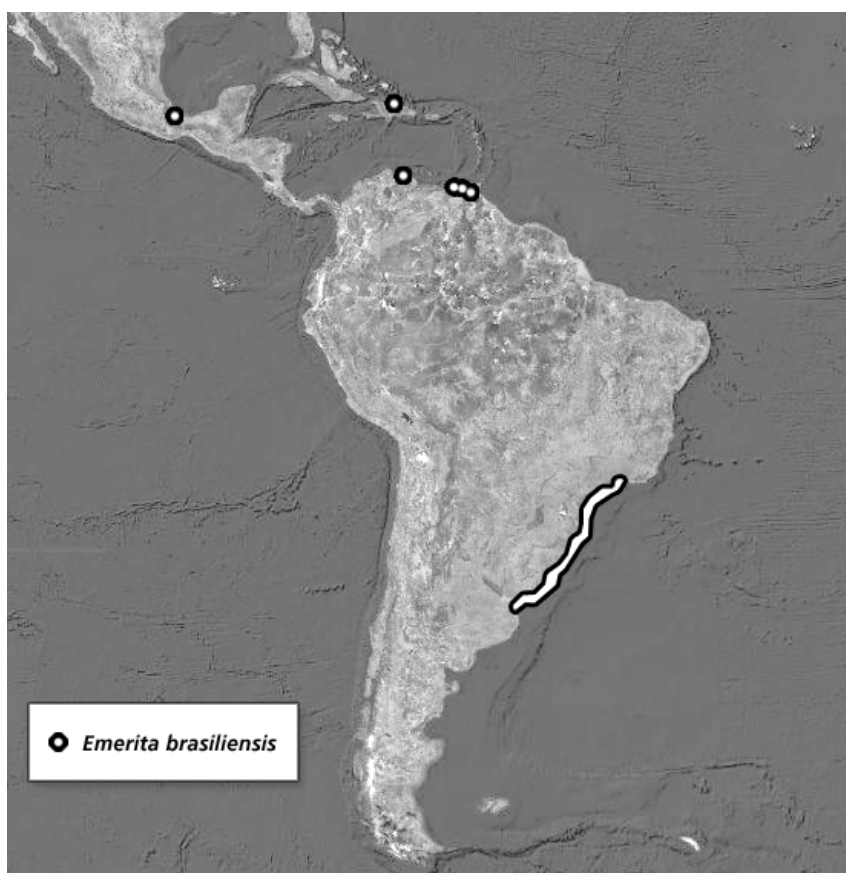


Figura 4. Distribuição geográfica da *Emerita brasiliensis*.

A *E. brasiliensis* difere das demais espécies principalmente pela cor branca amarelada de todo o corpo, a presença de uma carapaça convexa, cilíndrica, longa que se estende lateralmente na porção posterior (Figuras 5 e 6). A margem é toda ornamentada com cerdas curtas e há um par de dentes triangulares na porção anterior (Calado, 1990).

Apesar da alta susceptibilidade aos efeitos ambientais nos fundos não consolidados, esta espécie é altamente adaptada ao ambiente instável das praias arenosas (Veloso *et al.*, 2003). A adaptabilidade destes sujeitos foi adquirida devido a alta plasticidade fenotípica que é refletida no comportamento, fisiologia e morfologia (Veloso *et al.*, 2006; Rupert *et al.*, 2005; Faulkes e Paul, 1997). A principal adaptação morfológica foi a evidente flexão do abdômen, a forma esguia e ovóide do corpo utilizada para o rápido enterramento e ancoragem no substrato (Rupert *et al.*, 2005; Faulkes e Paul, 1997; Trueman, 1970).

Nestes indivíduos ocorrem as agregações dos componentes da população e deslocamento horizontal ao longo da praia em defesa contra os potenciais predadores e busca por microclimas mais favoráveis e ricos em alimentos (Cubit, 1969; Efford, 1965).

A história de vida da *E. brasiliensis* é pouco conhecida, mas alguns autores têm descrito a reprodução e as afinidades ecológicas em relação a latitude de distribuição (Delgado e Defeo, 2006; Defeo e Cardoso, 2004; 2002).

A reprodução da *E. brasiliensis* varia de acordo com a latitude. Nas regiões temperadas é claramente sazonal, concentrando o período reprodutivo na primavera/verão, confirmado pela observação de fêmeas ovígeras na população nesta época. Já nas regiões subtropicais o ciclo reprodutivo é contínuo (Defeo e Cardoso, 2002). Na região temperada observa-se maior número de fêmeas ovígeras, com maior tamanho para alcançar a fecundidade e tamanho individual de todas fêmeas, além da menor taxa de mortalidade para toda população. No entanto nas regiões tropicais a densidade populacional aumenta junto com a abundância de megalope. Esta associação deve-se ao aumento de temperatura quando diminui a latitude (Defeo e Cardoso, 2004).

Fêmeas férteis produzem entre 50 a 45.000 ovos que levam 30 dias para o desenvolvimento, seguido pela formação de larvas (Lercari e Defeo, 1999; Veloso e Cardoso, 1999). As larvas são do tipo meroplânctônicas (dependem da corrente marinha para a distribuição da espécie); são distribuídas nas águas do mar a mercê das correntes e expostas a variações de salinidade e temperatura (Veloso e Valentin, 1993). Este tipo de transporte larval garante a manutenção da população adulta e o fluxo genético (Defeo e Cardoso, 2002).

A tatuíra é dióica com fecundação interna através de pênis ou gonópodos (Delgado e Defeo, 2006). Há dimorfismo sexual, visualizado pela exuberante diferença de tamanho (fêmeas entre 11 a 36 mm e machos entre 9 a 14 mm) (Figura 5 e Figura 6)

(Calado, 1990; Efford, 1976). A sexagem é possível analisando o tamanho e as características morfológicas. Fêmeas apresentam pleopodes no 2º, 3º e 4º somitos abdominais e poro genital (gonóporo) na coxa da 3ª perna; machos possuem poro localizado na papila da coxa na 5ª perna (Farallones Marine Sanctuary Association, 2002).



Figura 5. Estágios reprodutivos de *Emerita brasiliensis*: fêmea (esquerda) e macho (direita). Visão dorsal.



Figura 6. Estágios reprodutivos de *Emerita brasiliensis*: fêmea não-ovígera (acima) e fêmea ovígera (abaixo). Círculo vermelho na fêmea ovígera (abaixo) indica a massa de ovos. Visão ventral.

Existem sete estágios de desenvolvimento que são: ovos, larvas, megalopodes, juvenis, fêmeas imaturas e adultos (machos e fêmeas maduras) (Figura 7). Entretanto machos juvenis podem apresentar neotenia, (maturação precoce dos juvenis a partir de quatro mm), compondo a população reprodutora da espécie. O estágio larval acontece totalmente no oceano, logo após quatro a cinco meses acontece o recrutamento, fenômeno de deslocamento das larvas para o litoral e ocorrência da primeira muda para compor a macrofauna (Delgado e Defeo, 2006).

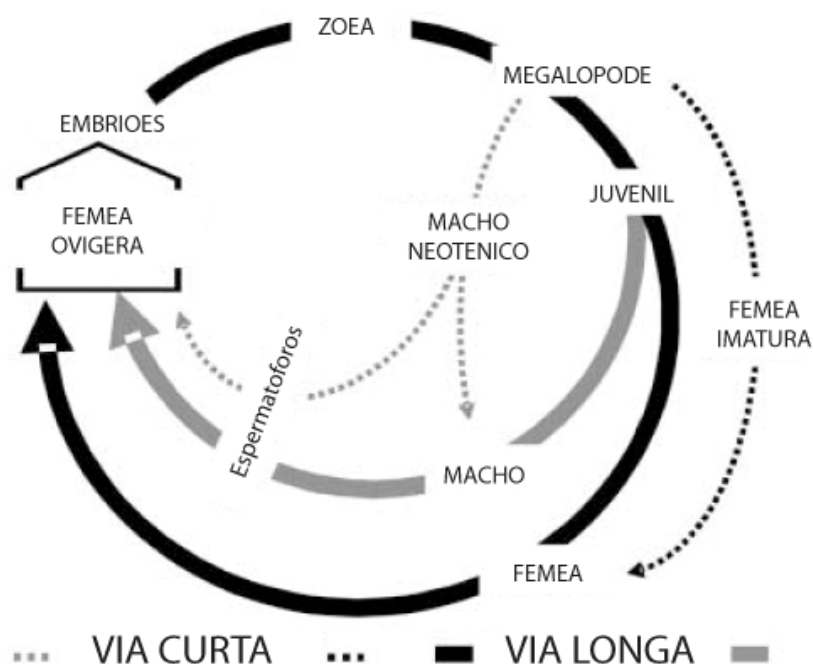


Figura 7. Ciclo de desenvolvimento sexual da *Emerita brasiliensis*. A figura apresenta os caminhos curtos através da presença de fêmeas imaturas e machos neotênicos sem passar pelo desenvolvimento de juvenil encurtando assim o ciclo. O caminho longo ou clássico que passa por todas as fases de desenvolvimento (adaptado de Delgado e Defeo, 2006).

Segundo Delgado e Defeo (2006), os estágios de desenvolvimento, após o recrutamento, são classificados de acordo com as seguintes características estruturais: os *megalopodes* são indivíduos com quatro pleopodes larvais, sendo totalmente diferentes das formas adultas, não possui gonóporos e representa o primeiro estágio após o recrutamento. Os *juvenis* apresentam estruturas semelhantes aos adultos, porém ainda não é possível observar a presença de gonóporos. Nas *fêmeas imaturas* observa-se um único gonóporo elipsoidal em cada coxa do terceiro membro; estas fêmeas ainda não são hábeis para reproduzirem. Nas *fêmeas adultas* há gonóporos na coxa do terceiro par

de pernas e pleopodes maduros (apêndice especializado para assegurar os embriões no abdômen da fêmea durante a incubação). As fêmeas maduras são diferenciadas em ovígeras (com a presença de ovos) e não ovígeras (sem a presença de ovos). Os *machos adultos* apresentam papilas e gonóporos localizados na quinta coxa do terceiro par de membros. Ainda é possível encontrar raramente na espécie, indivíduos intersexuais, com estruturas sexuais externas de macho e fêmeas, porém com gônadas masculinas.

A *E. brasiliensis* é um artrópode filtrador que apresenta cerdas no segundo par de antenas plumosas para captura de alimentos através de forças eletrostáticas e adesivas. A tatuíra alimenta-se estendendo as antenas por cima da areia e recolhendo os elementos planctônicos, que são trazidos pela água quando a maré sobe, para a cavidade bucal (Odum, 2004). Alimenta-se exclusivamente de Diatomáceas (Farallones Marine Sanctuary Association, 2002).

As tatuíras são importantes elementos da cadeia alimentar da região litorânea, servindo de alimento para diversas espécies de aves litorâneas ou marinhas, peixes, outros crustáceos e alguns mamíferos marinhos (focas e lontras) (Petracco, 2003; Hubbard e Dugan, 2003; Lercari e Defeo, 1999; Rodgers, 1987). A tatuíra em algumas regiões é utilizada como isca na pesca artesanal (Calado, 1990; Efford, 1976).

O gênero *Emerita* tem sido pouco estudado, apesar de sua relativa abundância e ampla distribuição. Ele exerce um papel importante como bioindicador das condições ambientais, já descrito como indicadora de poluição por metais pesados como o mercúrio e pela neurotoxina ácido domóico (toxina produzida pelas diatomáceas) (Ferdin *et al.*, 2002; Pérez, 1999). Apesar da sua plasticidade ecológica a população de tatuíra sofre em longo prazo os impactos antropogênicos nas praias, respondendo com mudanças na estrutura populacional e distribuição (Lercari e Defeo, 2003; Veloso *et al.*, 2006).

Estudos futuros com estes animais podem servir como alternativa para a aquicultura como elementos intermediários ou finais na alimentação e nutrição animal. Através de sistemas de manejo racional e sustentável, a efeito do que ocorre com camarões (Poersch *et al.*, 2006), é possível que o lugar da *Emerita* na economia humana esteja intrinsecamente ligado à conservação dos litorais. Conhecer a sua biologia é a peça fundamental para qualquer estratégia de conservação.

5.4 Objetivos

Este estudo pretende verificar a latência de escape de *E. brasiliensis* em praias com maior e menor densidade humana, e as características abióticas desses ambientes, demonstrando que estes animais podem adotar diferentes estratégias para diferentes tipos de estressores. O trabalho analisa as diferenças de latência de escape entre os sexos e estágio reprodutivo das fêmeas (ovígeras e não-ovígeras).

6 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Local de estudo

O trabalho foi desenvolvido em duas praias (Siriú e Garopaba) do município de Garopaba, estado de Santa Catarina (SC), litoral sul-brasileiro, localizada a 91 km ao sul da capital estadual Florianópolis (Figura 8). A praia de Garopaba (S 28° 01' 001'' e W 48° 37' 573'') é a mais urbanizada, possuindo 1800m de extensão. Caracteriza-se pela formação em enseada. A praia de Siriú (S 28° 01' 001'' e W 48° 37' 573'') (Figura 8), que possui 4200m de extensão, é integrada ao complexo Parque Nacional da Serra do Tabuleiro, considerada área de preservação permanente. Desemboca ao lado norte da praia o Rio Siriú.

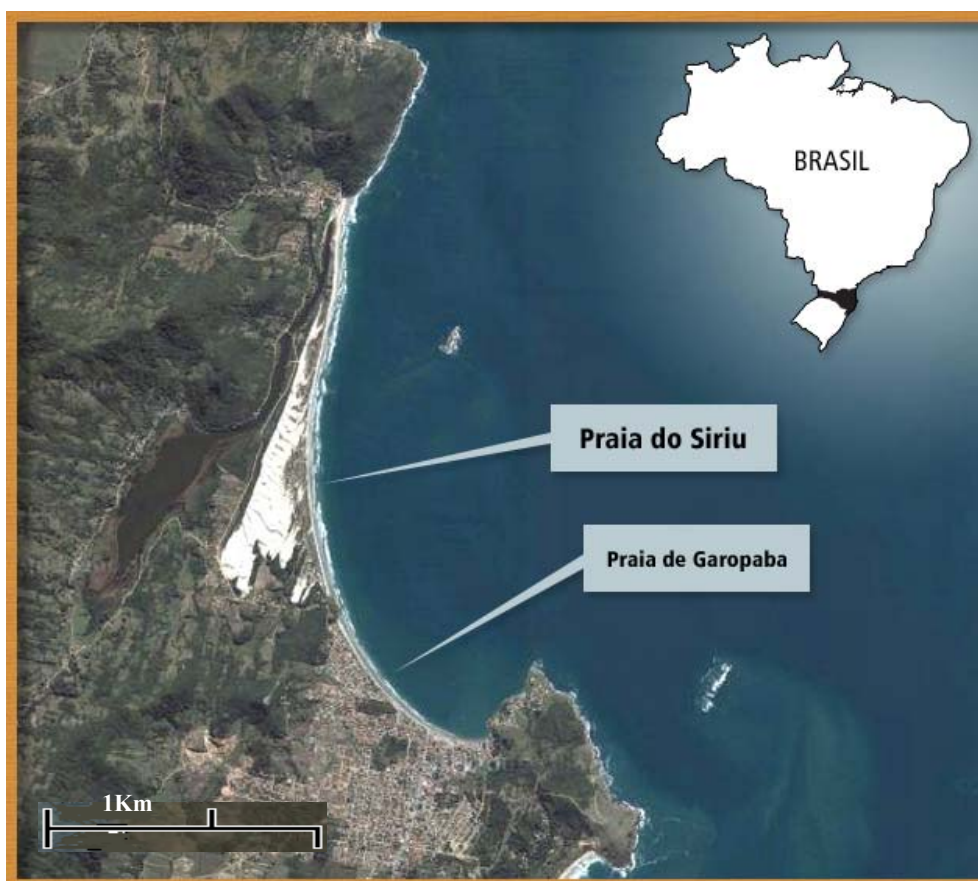


Figura 8. Localização das praias de Siriú (S 28° 01' 001'' e W 48° 37') e Garopaba (573'' S 28° 01' 001'' e W 48° 37' 573'') no estado de Santa Catarina (Fonte: www.googlemaps.com, acessado: 20/12/2006).

6.2 Coleta de Amostras e Biometria

As coletas e procedimentos do experimento ocorreram durante os dias 07 a 09 e 11 de fevereiro de 2006, com o total de quatro dias de observação. Este período é considerado o de maior afluxo de turistas na região, estimado em cem mil pessoas por cada 30 dias. Os procedimentos experimentais em campo eram efetuados entre as 12 horas e 18 horas. Cada praia, Siriú e Garopaba, foi analisada alternadamente, no total de dois dias cada, obtendo-se 267 animais na praia de Siriú (142 tatuíras no primeiro dia e 125 no terceiro dia) e 252 espécimes na praia de Garopaba (125 no segundo dia e 127 no quarto dia).

Os pontos de amostragem foram selecionados através de um prévio censo da população de *E. brasiliensis*, ao qual optou-se pelo ponto de maior média populacional de animais em cada praia. Selecionamos os pontos de amostragem com auxílio de um aparelho GPS, marcando a área com bandeiras. O procedimento consistiu em coletas aleatórias na região de intermaré, em um quadrado com área de 200 m² (20 x 10 m) previamente demarcada, onde seu centro equidistava da linha de arrebentação. Através de uma pá de construção escavou-se o substrato a uma profundidade aproximada de 20 cm, no momento do refluxo da água após a rebentação. O material da escavação era transferido para uma peneira (malha de 5 mm e 53 cm de diâmetro), onde ocorria o procedimento de separação dos animais e sedimento mediante lavagem com água do mar. A cada procedimento realizava-se a contagem de tatuíras presas na malha, estimando assim a população por cada coleta. Após o experimento de comportamento de escape ocorria a sexagem, observando as diferenças morfológicas.. As fêmeas eram caracterizadas pelo estágio reprodutivo em ovígeras (presença de ovos) e não-ovígeras (ausência de ovos).

Realizamos então as mensurações do comprimento e da largura da carapaça dos animais com um paquímetro (Mitoyo, Brasil), e a pesagem individual com uma balança portátil (modelo EMB 220-1, precisão de 0,1 g, Kern, EUA); a seguir, identificamos com numeração individual em papel vegetal cada animal, e armazenamos em frascos individuais com fixador (formalina 5%). Este material foi armazenado temporariamente no Laboratório Integrado (CFS/IB/UnB), onde efetuamos mensurações, com auxílio de

estereoscópio com aumento de 10x e paquímetro manual. Foram mensurados o telson, primeiro, segundo, terceiro e quarto par de patas de todas as tatuíras coletadas.

6.3 Análise do comportamento de escape em *Emerita brasiliensis*

Em cada ensaio capturamos uma das tatuíras retidas na malha. A cada captura eram selecionados seqüencialmente animais de tamanho aproximadamente acima de 20 mm e igual ou abaixo de 20 mm. A mão do pesquisador era revestida com uma luva cirúrgica. Logo após, a tatuíra foi conduzida para um aquário experimental (26 cm x 16 cm x 26 cm) de plástico (Figura 9), previamente preparado com areia e água do local da coleta, sendo uma camada 10 cm de areia e outra de 10 cm de água do mar. A areia era distribuída no fundo do aquário de forma homogênea e decantada, procurando evitar qualquer forma de influência no comportamento da tatuíra devido a disposição do sedimento. O aquário teste apresentava medidas de marcação nas bordas a cada 0,5 cm a partir do centro do mesmo. Os testes comportamentais aconteciam a aproximadamente 10 cm da região de escavação e surfatação. Neste local eram acomodados o aquário e a equipe de observação. ,

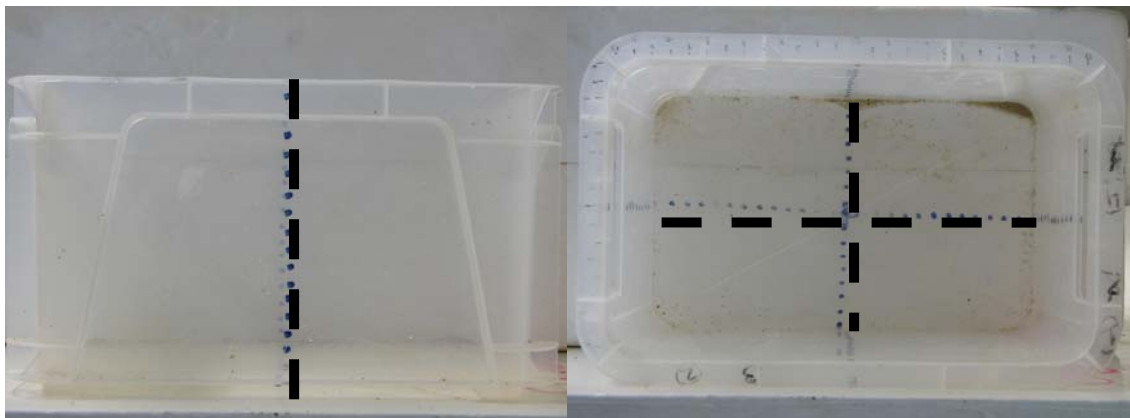


Figura 9. Aquário de observação do comportamento de escape de *E. brasiliensis*.

O teste de escape consistia em colocar o indivíduo exatamente no cruzamento de duas linhas médias, desenhadas, e que dividiam o aquário em quatro quadrantes iguais, soltando-o com a porção caudal orientada para a linha de rebentação (Figura 10).

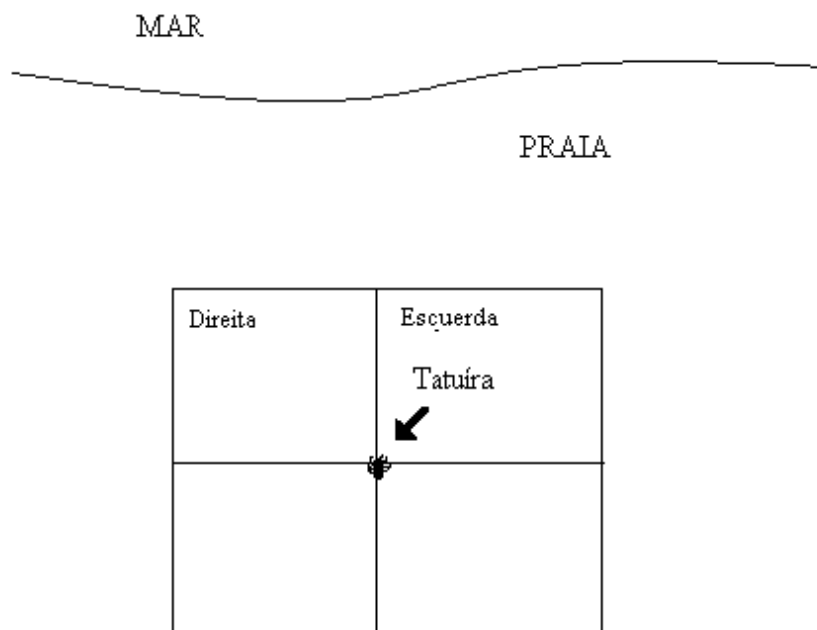


Figura 10. Esquema do aquário utilizado no experimento.

Quanto ao comportamento das *E. brasiliensis*, foram observados o tempo de captura e soltura no aquário, com intuito de padronizar uma rotina de captura. O tempo de captura consistia no período em que era feita a retirada de um dos animais da peneira, levado e solto no aquário de teste. Este intervalo era registrado através de um cronômetro regressivo (Technos, Reino Unido). Foi mensurada a latência de escape da tatuíra, que consiste no tempo compreendido entre a soltura no centro do aquário e o enterrar-se quase completamente (até 90% do corpo). O comportamento da tatuíra no aquário era dividido em duas fases após a soltura pelo coletor. Primeiro o animal nadava até encontrar o substrato de areia, ali ela começava as atividades de enterramento, com a escavação seguida de penetração e transferência para o meio arenoso. Muitas vezes o sujeito começava o procedimento de escavação, mas não completava com o enterramento completo, e deslocava para outra parte do aquário onde reiniciava o procedimento. Em outras situações a tatuíra nadava freneticamente pelo aquário até descer para o substrato arenoso. Em qualquer das situações observadas o cronômetro era apenas parado quando a *E. brasiliensis* se enterrava quase completamente.

Calculou-se o índice da taxa de enterramento (*burrowing rate index* – BRI) (Dugan *et al.*, 2000) para cada crustáceo, pela fórmula:

$$\text{BRI} = (\text{massa animal}_{(g)}^{0,33} / \text{Latência de escape}_{(s)}) * 100$$

Esta fórmula revela o índice de escape pela razão de tempo e massa do animal, fornecendo dados sobre o tamanho, a potência e a estratégia de escape para cada indivíduo em cada ambiente e situação.

Neste procedimento foram mensuradas as condições microclimáticas e abióticas da água do mar, da área de coleta e do próprio aquário. Obteve-se amostras de sedimentos para análise granulométrica acondicionadas em recipientes plásticos com volume suficiente para acomodar aproximadamente 35 cm³ de amostra de areia. Este procedimento foi repetido na linha da água, na parte seca do quadrante da pesquisa e do aquário. Posteriormente as amostras foram conduzidas para o laboratório de Geotecnia da Universidade de Brasília (UnB). Neste laboratório, analisamos os sedimentos pelas normas de análise granulométrica (NBR 7181) e determinação da massa específica dos grãos de areia (NBR 6508). Amostrou-se a areia das duas praias pesquisadas nos dois períodos distintos de coleta.

As medidas ambientais de temperatura, a umidade relativa do ar e pressão atmosférica local foram coletadas com uma estação meteorológica portátil (modelo BAR 928, Oregon Scientifics, EUA) a cada 30 minutos durante as coletas. Com um luxímetro (Extech, China), a luminosidade foi mensurada a partir de duas leituras: uma na área de coleta, a 30 cm da água do mar, e a outra no ponto onde estivesse o aquário. A luminosidade foi medida a cada 30 minutos, com duas medidas imediatamente em seqüência, assinalando-se ambas.

Para compreendermos a influência do microclima no comportamento de escape do crustáceo, mensuraram-se os seguintes fatores abióticos: temperatura, salinidade, potencial hidrogeniônico (pH), amônia e nitrito, tanto no ponto de coleta da água do mar como na água do aquário. A temperatura da água do mar e do aquário foi medida com um termômetro para água (Oregon Scientifics, EUA) a cada 30 minutos. Avaliamos a salinidade da água do aquário de teste e do mar a cada 30 minutos do início das coletas, por um sensor de salinidade para líquidos, modelo ST228 (Oregon Scientifics, EUA), obtendo-se duas medidas imediatamente em seqüência, assinalando-se ambas.

O índice de amônia presente na água do mar e na água do aquário foram mensuradas pelo *Kit* reagente para amônia marinha (Hagentest, Alemanha) e nitrito pelo *Kit* reagente para nitrito (Hagentest, Alemanha). Para se conhecer a situação da água do mar como da água do aquário em termos de acidez ou alcalinidade utilizamos o medidor de pH (pHmêtro) (modelo PH208 rs-232, Lutron, EUA). As medidas de potencial

hidrogeniônico (pH), nitrito e amônia obtiveram-se nos tempos iniciais (as 12 h), médios (as 16 h) e finais das coletas (as 18 h).

Para estimar a pressão antrópica sobre o comportamento de escape da tatuira observamos, simultaneamente aos procedimentos de coleta, a frequência de pessoas que passam pela área de coleta, a cada 30 minutos. O procedimento consiste de contagens do número de pessoas que passam por uma linha média do quadrante marcada na praia, perpendicular a linha de rebentação. Registravam-se cada pessoa que ultrapassava esta linha.

6.4 Bioética

O estudo foi autorizado pela Comissão de Ética de Uso Animal da Universidade de Brasília. A coleta, o transporte e o armazenamento foram autorizadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

6.5 Análises Estatísticas

Quando os dados não preencheram a um ou mais requisitos para testes paramétricos, testes não paramétricos foram utilizados. Foram realizadas testes não-paramétricos Mann-Whitney (Zar, 1999) para verificar a existência de diferenças, entre as características abióticas tanto do mar como do aquário de observação (granulometria, pH, salinidade, luminosidade, nitrato, amônia, temperatura), latência de escape, tempo de captura e a presença de humanos entre as praias de Garopaba e Siriú.

Realizou-se teste não-paramétrico (Kruskal-Wallis), no intuito de visualizar as diferenças de tempo de captura, latência de escape, comprimento e largura de carapaça, peso e BRI entre as categorias de gêneros e estágios reprodutivos (machos, fêmeas, fêmeas ovígeras) para a praia de Garopaba. Para obter as diferenças para cada categoria nas características acima descritas utilizou-se o teste não-paramétrico Mann-Whitney (Zar, 1999). Os mesmos testes e procedimentos foram aplicados para analisar a praia de Siriú. Cada categoria estágio reprodutivo foi analisada para cada uma das praias, quanto a latência de escape, tempo de captura e o BRI através do teste não-paramétrico Mann-Whitney (Zar, 1999). Os fatores abióticos ou microclimáticos e os fatores humanos relacionados diretamente ao escape (latência de escape, BRI, tempo de captura) foram

correlacionados através da correlação de Spearman (Zar, 1999). Esta correlação demonstra as relações entre os fatores ambientais e o escape para machos, fêmeas ovígeras e fêmeas não ovígeras para as praias de Garopaba e Siriú. O nível de significância estabelecido foi de $p \leq 0,05$ e todos os testes são bicaudais. As análises foram feitas utilizando o programa SPSS 11.0 para Windows.

7 RESULTADOS

7.1 Diferenças entre praias

Alguns dos fatores abióticos e bióticos comparando as praias de Siriú e Garopaba apresentaram significativas diferenças estatísticas entre os dois ambientes.

A média de pessoas que transitavam pela área de estudo nos quatro dias de estudo foi significativamente maior na praia de Garopaba (média=37,08±14,64 pessoas) quando comparada a praia de Siriú (média=0,81±1,29 pessoas; $Z = -18,666$, $p = 0,001$) (Figura 11 e Tabela 1). As tatuíras demoraram mais para escapar na praia de Garopaba (3,85±8,99 s,) do que na praia de Siriú (3,59±6,08 s; $Z = -2,799$, $p = 0,010$) (Figura 12 e Tabela 2). O tempo de captura dos animais foi significativamente maior em Garopaba (21,30 ± 3,92 s) em relação a Siriú (12,74 ± 2,55 s; $Z = -18,369$, $p = 0,001$) (Figura 13 e Tabela 2).

Tabela 1. Médias e o Desvios Padrões ($\bar{x} \pm DP$) das características abióticas e da densidade humana na praia de Siriú e Garopaba.

PRAIAS	PRESSÃO ATMOSFÉRICA (inHg)	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)	UMIDADE RELATIVA DO AR (%)	NÚMERO DE PESSOAS*
SIRIÚ	29,84 ± 0,05	25,52 ± 1,68	84,62 ± 5,33	0,81 ± 1,29
GAROPABA	29,90 ± 0,06	27,97 ± 1,05	70,65 ± 4,87	37,08 ± 14,64

* Número de pessoas que passam pela área da pesquisa a cada 30 minutos.

Tabela 2. Médias e o Desvio Padrões ($\bar{x} \pm DP$) das análises comportamentais de escape da *Emerita brasiliensis* e da população da espécie capturada em cada procedimento experimental na praia de Siriú e Garopaba.

PRAIAS	TEMPO DE CAPTURA (s)	LATÊNCIA DE ESCAPE (s)	BRI*	POPULAÇÃO CAPTURADA DE <i>E.</i> <i>brasiliensis</i>
SIRIÚ	12,74 ± 2,55	3,59 ± 6,08	33,66 ± 18,87	54,25 ± 47,35
GAROPABA	21,30 ± 3,92	3,85 ± 8,99	36,59 ± 18,56	47,02 ± 30,15

* BRI: Índice da taxa de enterramento (*Burrowing rate index*).

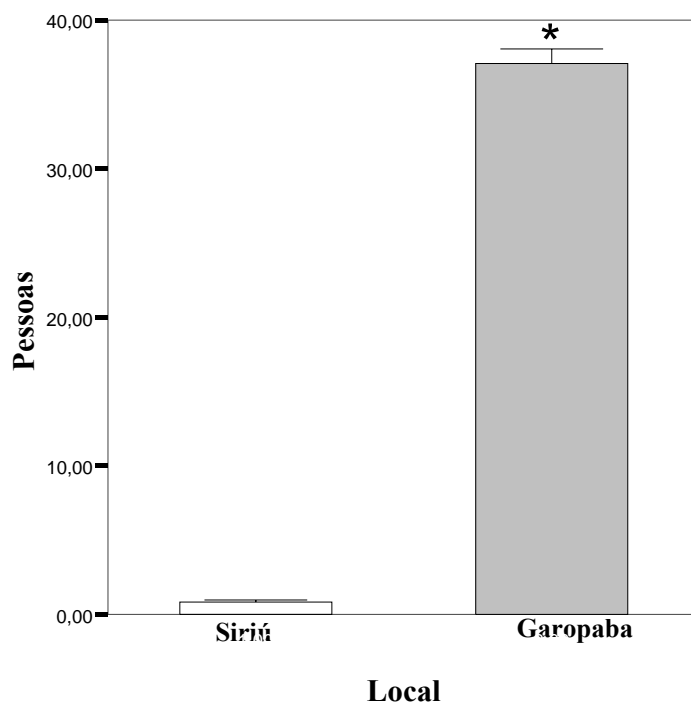


Figura 11. Comparação da média de pessoas na praia de Siriú (coluna clara), na praia de Garopaba (coluna escura) e erro padrão da média. * $p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney).

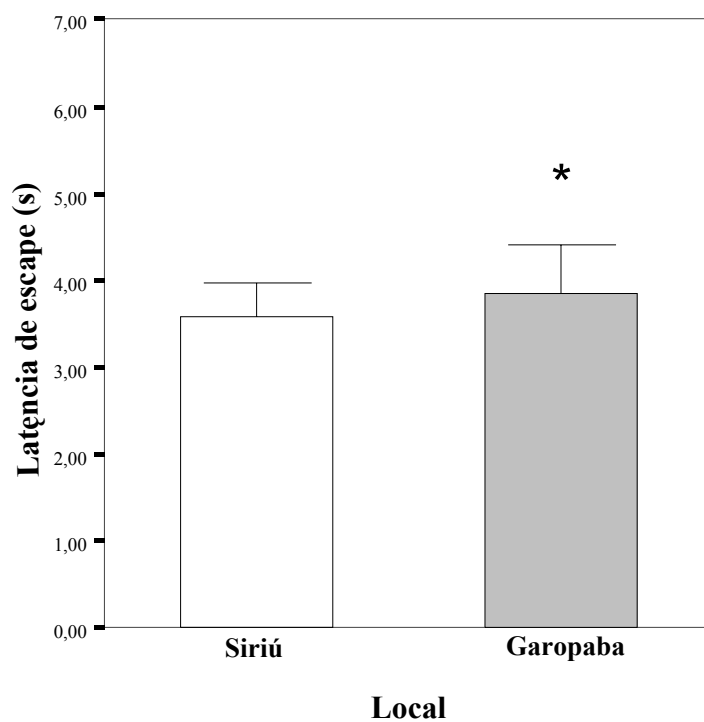


Figura 12. Comparação da latência média de escape em segundos na praia de Siriú (coluna clara), na praia de Garopaba (coluna escura) e erro padrão da média. * $p = 0,01$ (Teste Mann-Whitney).

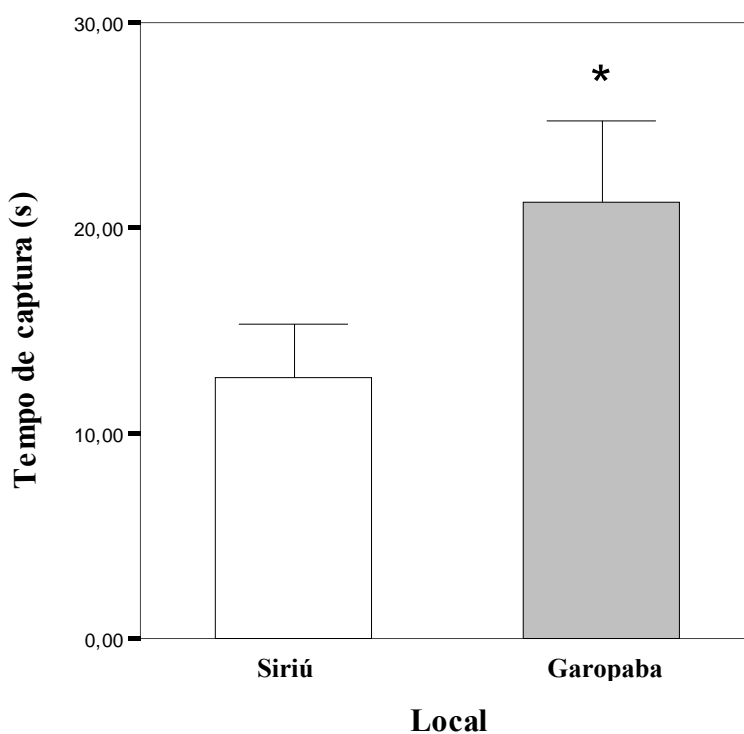


Figura13. Comparação do tempo médio de captura, em segundos, na praia de Siriú (coluna clara), na praia de Garopaba (coluna escura) e desvio padrão. * $p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney).

As comparações das características físico-químicas ambientais diferiram da seguinte forma nas duas praias: na praia de Garopaba as médias foram maiores para pressão atmosférica ($29,90 \pm 0,06$ inHg; $Z = -10,272$, $p = 0,001$) (Figura 14) e temperatura ambiental ($27,97 \pm 1,05$ °C; $Z = -14,226$, $p = 0,001$), comparada as médias de temperatura ambiental ($25,52 \pm 1,69$ °C) (Figura 15) e pressão atmosférica ($29,84 \pm 0,05$ inHg,) de Siriú (Tabela 1)

Enquanto que Siriú observou-se médias mais elevadas para umidade relativa do ar ($84,62 \pm 5,33$ %; $Z = -18,257$, $p = 0,001$) em relação a Garopaba ($70,65 \pm 4,87$) (Figura 16 e Tabela 1).

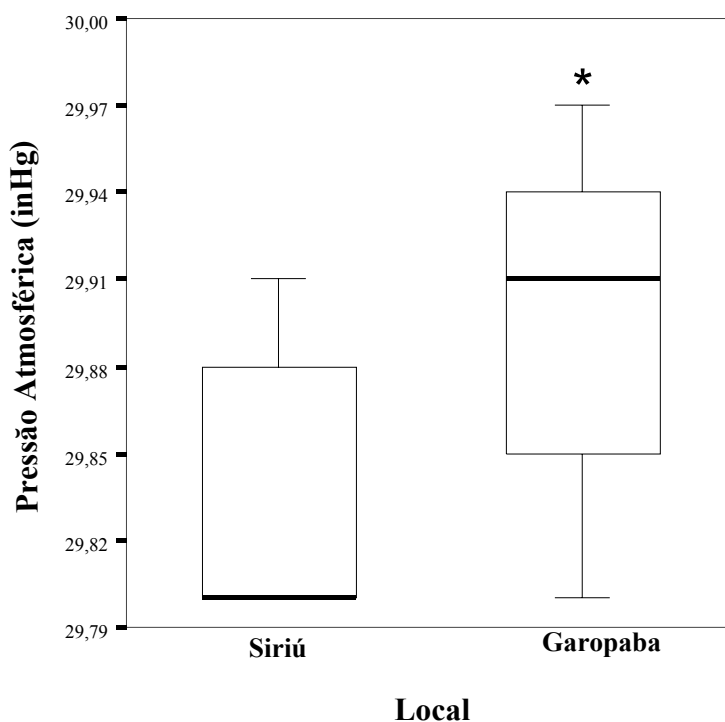


Figura 14. Comparação da pressão atmosférica (inHg) média na praia de Siriú (1), na praia de Garopaba (2) e erro padrão da média. A linha escura no interior do retângulo indica a média.

* $p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney).

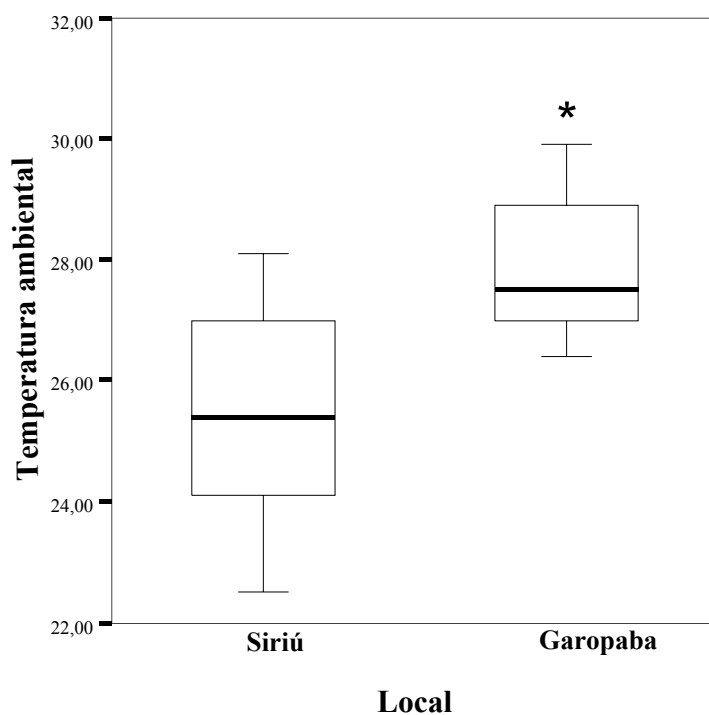


Figura 15. Comparação da temperatura média ambiental (em graus Celsius) na praia de Siriú (1), na praia de Garopaba (2) e erro padrão da média. A linha escura no interior do retângulo indica a média. * $p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney).

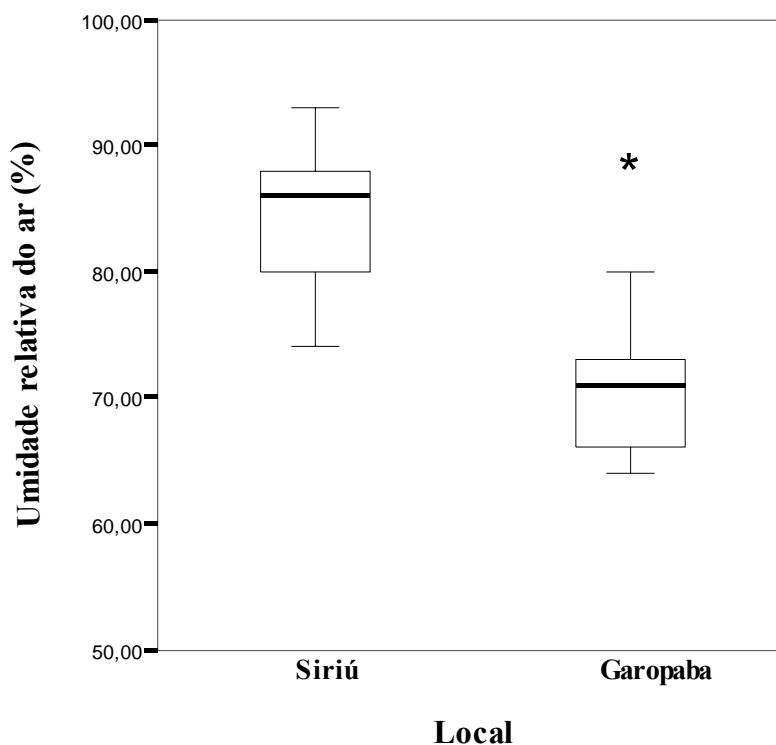


Figura 16. Comparação das médias da umidade relativa do ar (porcentagem) na praia de Siriú (1), na praia de Garopaba (2) e erro padrão da média. A linha escura no interior do retângulo indica a média. * $p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney).

As comparações das médias para as variáveis físico-químicas da água do aquário de observação variaram para cada praia como se segue: temperatura ($28,39 \pm 2,23$ °C; $Z = -14,449$, $p = 0,001$) (Figura 17), amônia ($0,65 \pm 0,15$ ppm; $Z = -20,063$, $p = 0,001$) (Figura 18), luminosidade ($677,66 \pm 599,42$ lux; $Z = -12,894$, $p = 0,001$) (Figura 19) e o pH ($8,00 \pm 0,00$; $Z = -1,952$, $p = 0,05$) (Figura 20) foram maiores em Garopaba. Na praia de Siriú as menores médias foram: de temperatura ($24,94 \pm 1,64$ °C), amônia ($0,20 \pm 0,05$ ppm), luminosidade ($182,15 \pm 73,02$ lux) e pH ($7,99 \pm 0,04$) (Tabela 3).

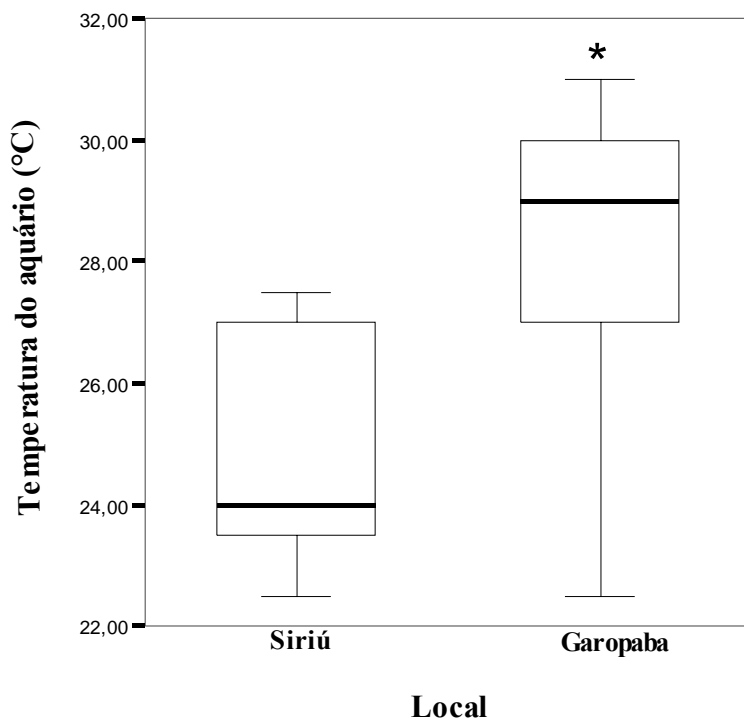


Figura 17. Comparação da temperatura média do aquário (em graus Celsius) na praia de Siriú (1), na praia de Garopaba (2) e erro padrão da média. A linha escura no interior do retângulo indica a média. * $p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney).

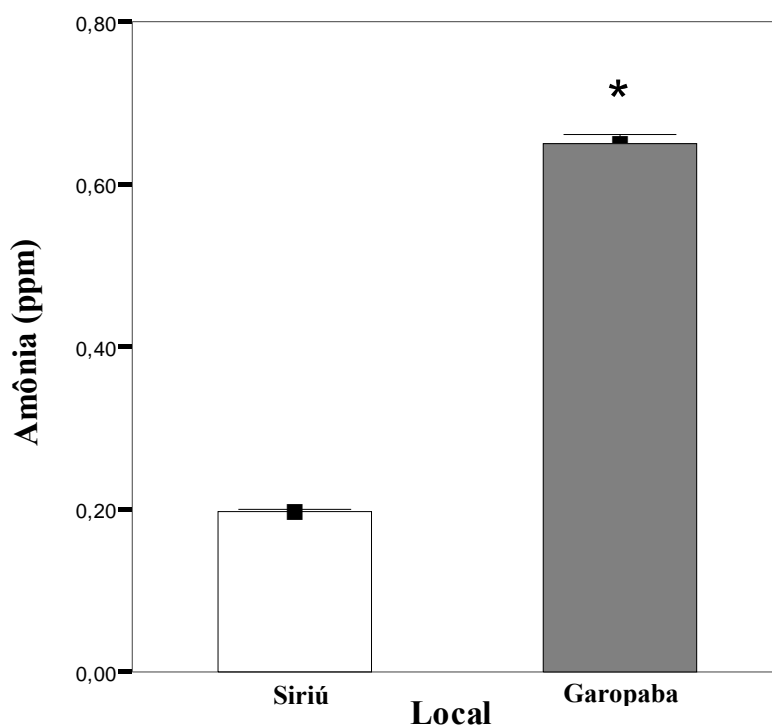


Figura 18. Comparação da concentração média de amônia da água do aquário (em ppm) na praia de Siriú (coluna clara), na praia de Garopaba (coluna escura) e erro padrão. * $p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney).

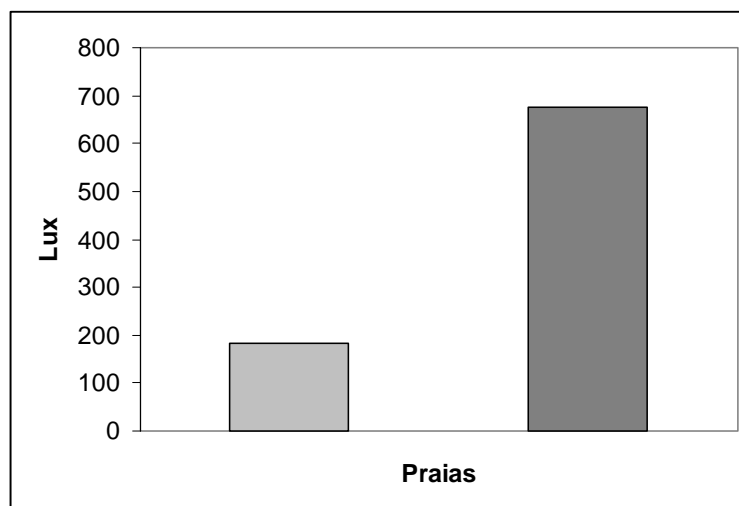


Figura 19. Comparação da luminosidade média no aquário (em lux) na praia de Siriú (parte clara), na praia de Garopaba (parte escura). Os valores demonstrados correspondem às médias. Média em Siriú= $182,14 \pm 73,01$ lux; média em Garopaba= $677,66 \pm 599,42$ lux. As médias foram significativamente diferentes: $p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney).

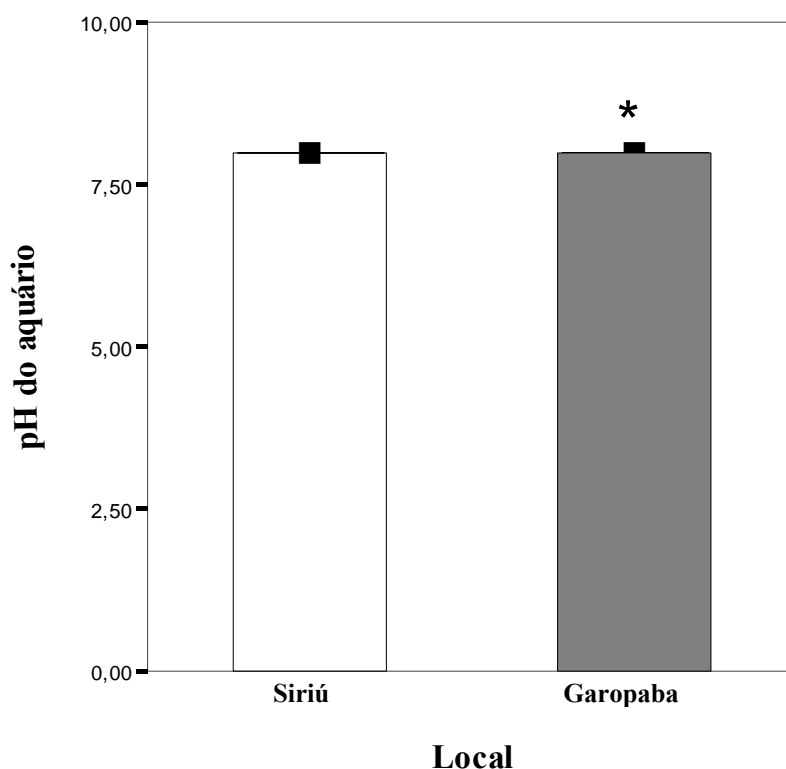


Figura 20. Comparação do pH médio da água do aquário na praia de Siriú (coluna clara), na praia de Garopaba (coluna escura) e erro padrão. * $p = 0,05$ (Teste Mann-Whitney).

As variáveis da água do mar nos pontos de coleta e estudo tiveram as seguintes variações de médias: temperatura do mar ($26,78 \pm 1,72$ C°; $Z = -13,857$, $p = 0,001$) (Figura 21), amônia ($0,37 \pm 0,31$ ppm; $Z = -7,915$, $p = 0,001$) (Figura 22), luminosidade ($708,44 \pm 489,96$ lux; $Z = -13,642$, $p = 0,001$) (Figura 23) e salinidade ($1029,21 \pm 1,34$ mOsm; $Z = -1,926$, $p = 0,018$) (Figura 24) apresentaram-se maiores no ponto de Garopaba. Enquanto que em Siriú a temperatura do mar ($24,45 \pm 1,31$ C°) (Figura 21), a amônia ($0,14 \pm 0,07$ ppm) (Figura 22), a luminosidade ($217,20 \pm 102,80$ lux) (Figura 23) e a salinidade ($1029,04 \pm 1,00$ mOsm) (Figura 24) tiveram médias menores (Tabela 4). As praias são semelhantes em relação a morfodinâmica e granulometria da areia.

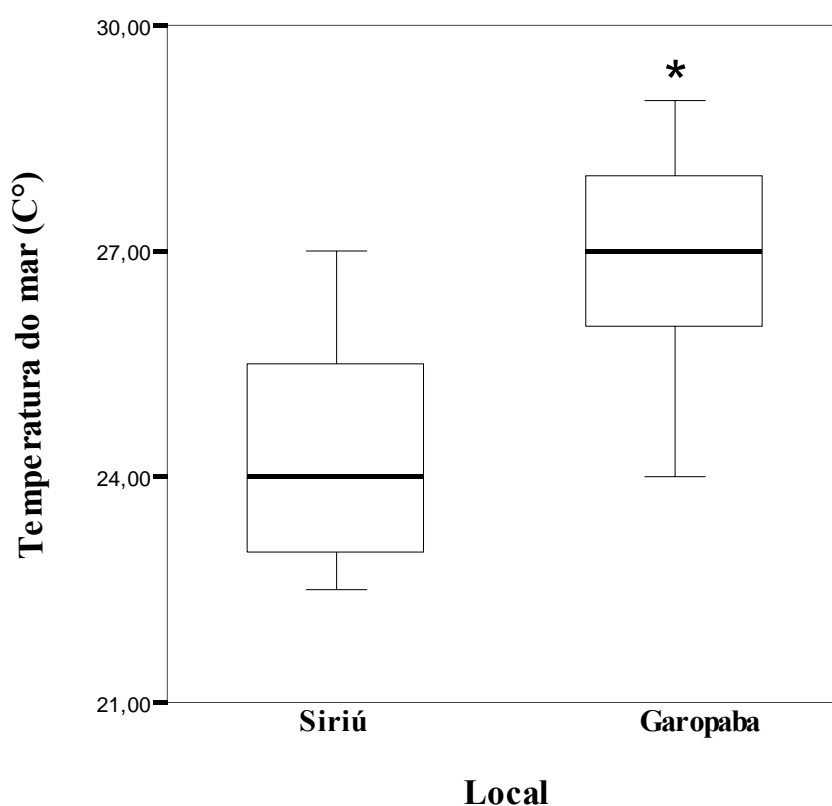


Figura 21. Comparação da temperatura média da água do mar (em graus Celsius) na praia de Siriú (1) e na praia de Garopaba (2) e erro padrão. $*p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney).

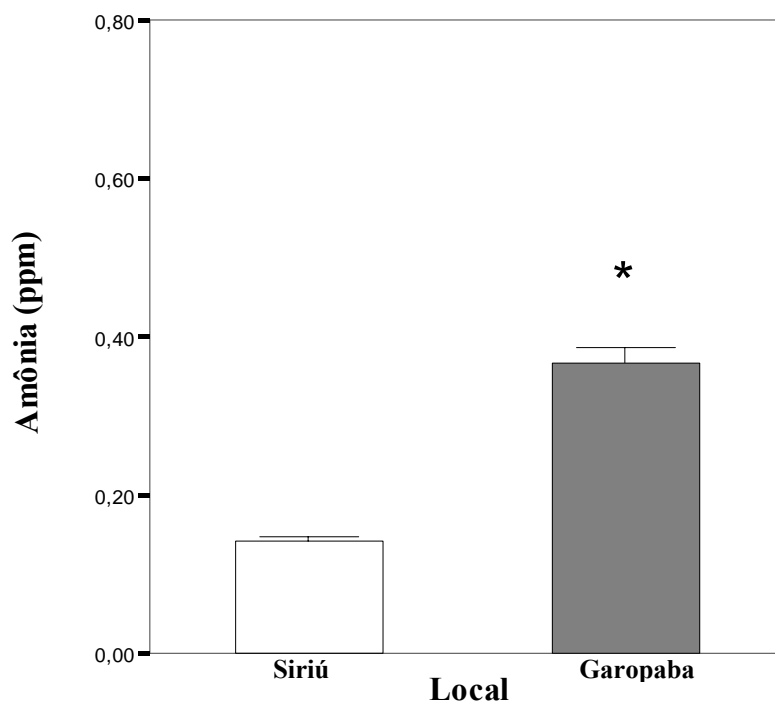


Figura 22. Comparação da concentração média de amônia da água do mar na praia de Siriú (coluna clara), na praia de Garopaba (coluna escura) e erro padrão. * $p = 0,001$ (Teste Mann-Whitney).

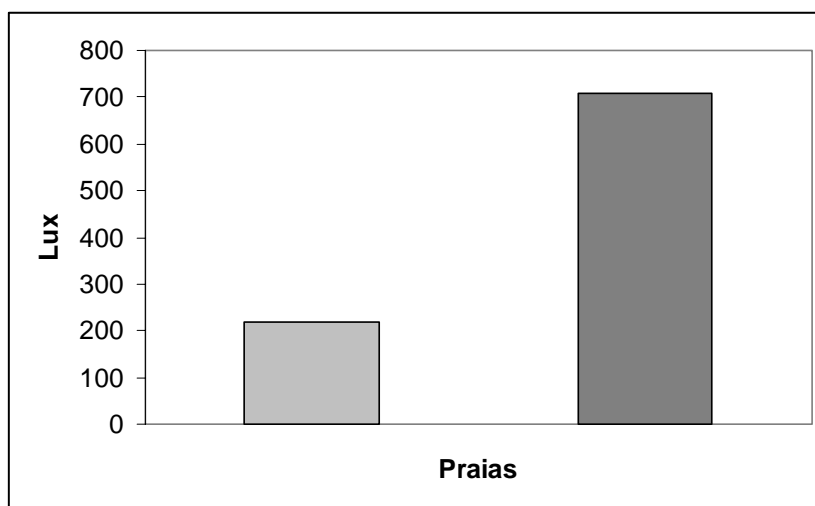


Figura 23. Comparação da luminosidade média na praia de Siriú (parte clara), na praia de Garopaba (parte escura). Os valores demonstrados correspondem às médias. Média de Siriú= $217,20 \pm 102,80$ lux; Média de Garopaba= $708,44 \pm 486,95$ lux. As médias foram significativamente diferentes: $p = 0,001$ (Teste Mann-Whitne)

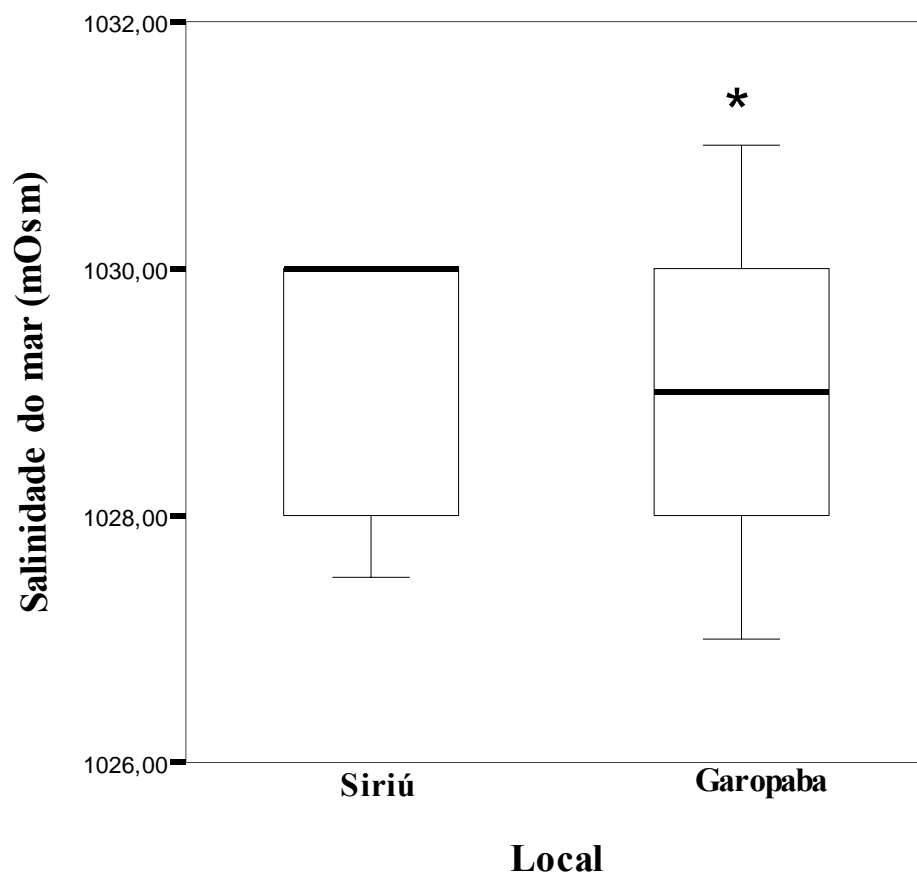


Figura 24. Comparação da salinidade (mOsm) média da água do mar na praia de Siriú (1), na praia de Garopaba (2) e erro padrão. $*p = 0,05$ (Teste Mann-Whitney).

Tabela 3. Médias e o Desvio Padrões ($\bar{X} \pm DP$) das características físico-químicas da água do aquário de observação na praia de Siriú e Garopaba.

PRAIAS	AGUA DO AQUÁRIO DE OBSERVAÇÃO					
	TEMPERATURA (°C)	SALINIDADE (mOsm)	pH	AMÔNIA (ppm)	NITRATO (ppm)	LUMINOSIDADE (lux)
SIRIÚ	24,94 ± 1,64	1027,80 ± 0,39	7,99 ± 0,03	0,19 ± 0,05	0,00 ± 0,00	182,14 ± 73,02
GAROPABA	28,39 ± 2,23	1027,73 ± 1,09	8,00 ± 0,00	0,65 ± 0,15	0,00 ± 0,00	677,66 ± 599,42

Tabela 4. Médias e o Desvio Padrões ($\bar{X} \pm DP$) das características físico-químicas da água do mar na praia de Siriú e Garopaba.

PRAIAS	AGUA DO MAR NA ÁREA DE PESQUISA					
	TEMPERATURA (°C)	SALINIDADE (mOsm)	pH	AMÔNIA (ppm)	NITRATO (ppm)	LUMINOSIDADE (lux)
SIRIÚ	24,45 ± 1,31	1029,04 ± 1,00	8,00 ± 0,00	0,14 ± 0,07	0,00 ± 0,00	217,20 ± 102,80
GAROPABA	26,78 ± 1,72	1029,21 ± 1,34	8,00 ± 0,00	0,37 ± 0,31	0,00 ± 0,00	708,44 ± 489,96

Em relação à estratégia comportamental dos estágios reprodutivos para cada praia, ocorreu diferença somente para os machos em relação a latência de escape ($N = 248$, $Z = -2,525$, $p = 0,012$) (Figura 25 e Tabela 5). Os machos demoraram mais para escapar ($3,90 \pm 0,83$ s) em Garopaba (Tabela 6 e 7), quando comparada com a média de latência de escape ($3,49 \pm 0,42$ s) em Siriú (Tabela 8 e 9).

A média do tempo de captura apresentou diferenças para todas as categorias: fêmeas não-ovígeras ($N = 216$, $Z = -11,486$, $p = 0,001$), fêmeas ovígeras ($N = 44$, $Z = -4,495$, $p = 0,001$) (Tabela 5) e machos ($N = 247$, $Z = -12,976$, $p = 0,001$).

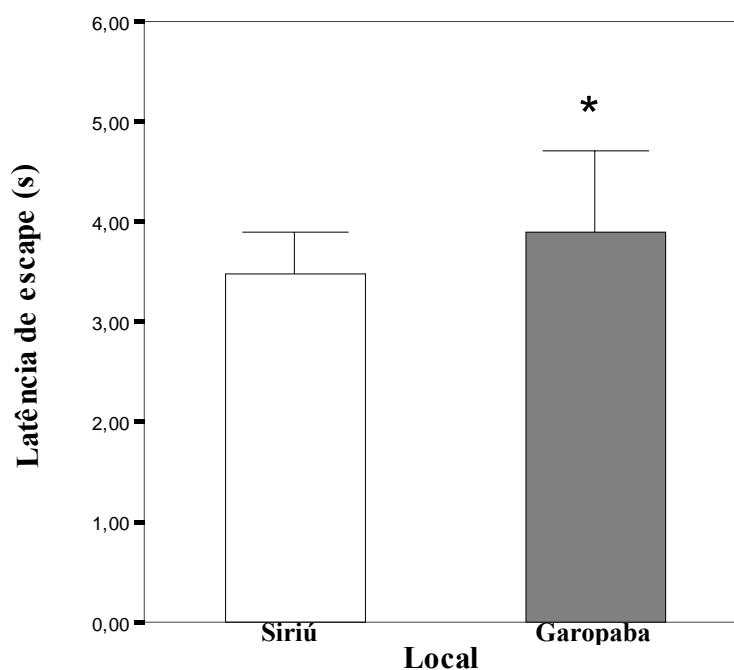


Figura 25. Comparação da latência de escape, em segundos, média (e erro padrão) somente de machos entre as praias de Siriú (coluna clara) e a praia de Garopaba (coluna escura). Teste Mann Whitney: * $p = 0,012$.

Capturaram-se, em média, mais rapidamente fêmeas ovígeras ($21,12 \pm 0,61$ s) e fêmeas não-ovígeras ($20,94 \pm 0,46$ s) quando relacionado ao tempo de captura das fêmeas ovígeras ($10,94 \pm 0,88$ s) e não-ovígeras ($12,67 \pm 0,21$ s) da praia preservada (Tabela 6 e 8).

Tabela 5. Valores de Z do teste não-paramétrico de Mann-Whitney entre as categorias reprodutivas e as praias de Siriú e Garopaba, em relação as variáveis tempo de captura, latência de escape e o BRI da *E. brasiliensis*.

CATEGORIAS		TEMPO DE CAPTURA (s)	LATÊNCIA DE ESCAPE (s)	BRI**
MACHOS	N	247	248	248
	Z	-12,979	-2,525	-1,363
	<i>p</i> (bi-caudal)*	0,001	0,01	0,17
FÊMEAS	N	216	216	215
	Z	-11,486	-1,097	-1,184
	<i>p</i> (bi-caudal)*	0,001	0,27	0,23
FÊMEAS OVÍGERAS	N	44	44	43
	Z	-4,495	-0,713	-0,687
	<i>p</i> (bi-caudal)*	0,001	0,49	0,51

* $p \leq 0,05$ ** BRI: Índice da taxa de enterramento (*Burrowing rate index*).

Tabela 6. Estatística descritiva da praia de Garopaba para as variáveis do comportamento de escape e biometria da *E. brasiliensis*. ($\bar{X} \pm DP$ = média amostral \pm desvio padrão).

CATEGORIA (gênero e estágio reprodutivo)		TEMPO DE CAPTURA (s)	LATÊNCIA DE ESCAPE (s)	COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	PESO (g)	BRI*
Fêmeas	$\bar{X} \pm DP$	20,94 \pm 4,43	3,81 \pm 8,60	16,23 \pm 2,03	9,38 \pm 1,07	0,74 \pm 0,26	42,81 \pm 18,87
	N	91	91	91	91	89	90
Machos	$\bar{X} \pm DP$	21,65 \pm 3,57	3,89 \pm 9,14	10,43 \pm 1,56	6,20 \pm 1,19	0,19 \pm 0,09	27,68 \pm 13,66
	N	120	121	121	121	121	121
Fêmeas ovígeras	$\bar{X} \pm DP$	21,12 \pm 3,59	3,82 \pm 9,80	18,09 \pm 2,03	10,57 \pm 1,25	1,07 \pm 0,35	51,27 \pm 17,03
	N	35	35	35	35	34	34

* BRI: Índice da taxa de enterramento (*Burrowing rate index*).

Tabela 7. Teste de Kruskal-Wallis para comparação das médias de tempo de captura, latência de escape, BRI e Biometria de *E. brasiliensis*. Qui-quadrado (X^2), graus de liberdade (gl), e nível de significância (p) na praia de Garopaba.

	TEMPO DE CAPTURA (s)	LATÊNCIA DE ESCAPE (s)	COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	PESO (g)	BRI**
X^2	1,87	0,93	182,57	175,47	188,94	63,15
gl	2	2	2	2	2	2
p^*	0,39	0,63	0,001	0,001	0,001	0,001

* $p \leq 0,05$ ** BRI: Índice da taxa de enterramento (*Burrowing rate index*).

Tabela 8. Estatística descritiva da praia de Siriú para as variáveis do comportamento de escape e biometria da *E. brasiliensis*. ($\bar{X} \pm DP$ = média amostral \pm desvio padrão).

CATEGORIA (gênero e estágio reprodutivo)		TEMPO DE CAPTURA (s)	LATÊNCIA DE ESCAPE (s)	COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	PESO (g)	BRI*
Fêmeas	$\bar{X} \pm DP$	12,67 \pm 2,36	3,79 \pm 7,38	17,34 \pm 3,39	9,75 \pm 2, 219	0,80 \pm 0,49	40,04 \pm 19,90
	N	125	125	125	125	125	125
Machos	$\bar{X} \pm DP$	12,93 \pm 2,70	3,49 \pm 4,77	11,49 \pm 1,58	6,47 \pm 1,29	0,29 \pm 0,73	25,95 \pm 14,59
	N	127	127	127	127	127	127
Fêmeas ovígeras	$\bar{X} \pm DP$	10,94 \pm 2,64	2,35 \pm 0,66	20,60 \pm 4,06	11,90 \pm 2,28	1,79 \pm 0,67	53,28 \pm 10,39
	N	9	9	9	9	9	9

* BRI: Índice da taxa de enterramento (*Burrowing rate index*).

Tabela 9. Teste de Kruskal-Wallis para comparação das médias de tempo de captura, latência de escape, BRI e Biometria da população de *E. brasiliensis*. Qui-quadrado (X^2), graus de liberdade (gl), e nível de significância (p) na praia de Siriú.

	TEMPO DE CAPTURA (s)	LATÊNCIA DE ESCAPE (s)	COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	PESO (g)	BRI**
X^2	5,24	0,17	164,19	158,97	165,44	43,58
Gl	2	2	2	2	2	2
p^*	0,73	0,91	0,001	0,001	0,001	0,001

* $p \leq 0,05$ ** BRI: Índice da taxa de enterramento (*Burrowing rate index*).

Foram observadas correlações entre latência de escape e demais variáveis para todas as categorias de estágio reprodutivo na praia de Siriú. Para as fêmeas ovígeras, a latência de escape foi correlacionada positivamente com o peso (N=9, $\rho = 0,69$, $p = 0,04$), a luminosidade do aquário de estudo (N=9, $\rho = 0,72$, $p = 0,03$) e negativamente com o BRI (N=9, $\rho = -0,87$, $p = 0,04$). Para esta categoria de estágio reprodutivo podemos observar uma correlação positiva entre o peso e o total de tatuíras capturadas na praia de Siriú (N=125, $\rho = 0,22$, $p = 0,01$). Este dado pode predizer que fêmeas ovígeras mais pesadas são encontradas em populações maiores.

Considerando-se os machos, as correlações sugeriram uma correlação positiva entre a latência de escape e o BRI (N=127, $\rho = 0,93$, $p = 0,04$), a salinidade do aquário (N=127, $\rho = 0,17$, $p = 0,05$) e a salinidade do mar (N=127, $\rho = 0,275$, $p = 0,001$). Entretanto as correlações foram negativas entre a latência de escape com a pressão atmosférica (N=126, $\rho = -0,28$, $p = 0,001$), a temperatura ambiental (N=127, $\rho = -0,26$, $p = 0,001$), com a umidade relativa do ar (N=127, $\rho = -0,19$, $p = 0,03$), com a temperatura do aquário (N=127, $\rho = -0,25$, $p = 0,01$) e com a temperatura do mar (N=127, $\rho = -0,24$, $p = 0,01$) (Tabela 10).

Para as fêmeas não-ovígeras, as correlações da latência de escape mostraram relações negativas com as seguintes variáveis: o BRI (N=125, $\rho = -0,95$, $p = 0,001$), as pessoas que transitavam na área de estudo (N=125, $\rho = -0,24$, $p = 0,01$), a pressão atmosférica (N=125, $\rho = -0,28$, $p = 0,001$), a temperatura ambiental (N=125, $\rho = -0,30$, $p = 0,001$), a temperatura do aquário (N=125, $\rho = -0,29$, $p = 0,001$), a temperatura do mar (N=125, $\rho = -0,27$, $p = 0,001$) e a amônia do mar (N=125, $\rho = -0,21$, $p = 0,020$). Nesta categoria de estágio reprodutivo correlações foram positivas entre a latência de escape e a salinidade do mar (N=125, $\rho = 0,29$, $p = 0,001$).

Tabela 10. Correlações entre as variáveis comportamentais, biométricas e ambientais com a latência de escape dos machos nas praias de Siriú e Garopaba.

VARIÁVEIS	SIRIÚ			GAROPABA		
	N	<i>rho</i>	<i>p</i> (bi-caudal)	N	<i>rho</i>	<i>p</i> (bi-caudal)
População de tatuíra	127	-0,167	0,061	121	-0,100	0,28
Número de Pessoas	127	-0,173	0,052	121	0,021	0,82
Comprimento (mm)	127	0,082	0,361	121	0,138	0,13
Largura (mm)	127	0,056	0,535	121	0,065	0,48
Peso (g)	127	0,043	0,634	121	0,041	0,66
BRI***	127	-0,926**	0,000	121	-0,857**	0,001
Pressão atmosférica (inHg)	126	-0,278**	0,002	121	0,081	0,38
Temperatura ambiental (°C)	127	-0,258**	0,003	121	0,004	0,96
Umidade relativa (%)	127	-0,194*	0,029	121	-0,104	0,26
Temperatura (°C)	127	-0,245**	0,006	121	0,013	0,89
Salinidade (mOsm)	127	0,176*	0,048	121	0,129	0,16
pH	127	-0,085	0,342	121	--	--
Amônia (ppm)	127	-0,021	0,812	121	0,012	0,89
Nitrato (ppm)	127	--	--	121	--	--
Luminosidade (lux)	127	0,106	0,234	121	0,067	0,47
Temperatura (°C)	127	-0,239**	0,007	121	-0,028	0,76
Salinidade (mOsm)	127	0,275**	0,002	121	0,088	0,34
pH	127	--	--	121	--	--
Amônia (ppm)	127	-0,155	0,081	121	0,038	0,68
Nitrato (ppm)	127	--	--	121	--	--
Luminosidade (lux)	127	0,011	0,898	121	0,219*	0,02

* Correlação é significativa para o $p \leq 0,05$. ** Correlação é significativa para o $p \leq 0,01$. *** * BRI: Índice da taxa de enterramento (*Burrowing rate index*).

Para verificar a eficiência do enterramento e as influências ambientais na praia de Siriú, correlacionou-se o BRI e as demais variáveis para cada estágio reprodutivo.

Nos machos o BRI apresentou uma correlação positiva com a população de tatuíras capturadas (N=127, $rho = 0,17$, $p = 0,05$), com a pressão atmosférica (N=126, $rho = 0,24$, $p = 0,01$), com a temperatura ambiental (N=127, $rho = 0,28$, $p = 0,001$), com a temperatura do

aquário ($N=127$, $\rho = 0,25$, $p = 0,05$) e com a temperatura do mar ($N=127$, $\rho = 0,22$, $p = 0,01$). Apenas houve correlação negativa com a média da salinidade do mar ($N=127$, $\rho = -0,24$, $p = 0,01$) (Tabela 11).

Quando correlacionamos o BRI das fêmeas não-ovígeras com as variáveis mensuradas observou-se uma positiva relação com a pressão atmosférica ($N=125$, $\rho = 0,28$, $p = 0,001$), a temperatura ambiental ($N=125$, $\rho = 0,29$, $p = 0,001$), a temperatura do aquário ($N=125$, $\rho = 0,29$, $p = 0,001$), a temperatura do mar ($N=125$, $\rho = 0,28$, $p = 0,001$) e a amônia do mar ($N=125$, $\rho = 0,20$, $p = 0,03$). Há também uma correlação negativa entre BRI e salinidade da água do mar ($N=125$, $\rho = -0,28$, $p = 0,001$) (Tabela 12).

Em todas as categorias de estágio reprodutivo encontramos uma correlação positiva entre o total de tatuíras capturadas e o número de pessoas que transitavam pela área do estudo na praia de Siriú ($N=125$, $\rho = 0,36$, $p = 0,001$).

Na praia de Garopaba foi encontrada para a categoria dos machos a correlação positiva entre a latência de escape e luminosidade do mar, entre as duas praias ($N=121$, $\rho = 0,22$, $p = 0,02$) e negativa entre latência de escape e BRI ($N=121$, $\rho = -0,88$, $p = 0,001$) (Tabela 10).

Tabela 11. Correlações entre os deltas das variáveis ambientais (abióticas e bióticas) com o BRI** dos machos nas praias de Siriú e Garopaba e ambas as praias.

VARIÁVEIS	SIRIÚ		GAROPABA		AMBAS AS PRAIAS		
	<i>rho</i>	<i>p</i>	<i>rho</i>	<i>p</i>	<i>rho</i>	<i>p</i>	
Número de pessoas	0,143	0,11	0,019	0,83	0,128*	0,04	
Pressão atmosférica (inHg)	0,236**	0,01	0,047	0,61	0,177**	0,01	
Temperatura ambiental (°C)	0,276**	0,001	-0,097	0,29	0,139*	0,03	
Umidade relativa (%)	0,110	0,22	0,020	0,82	-0,028	0,66	
ÁGUA DO AQUÁRIO DE ESTUDO	Temperatura (°C)	0,249**	0,001	0,048	0,60	0,179**	0,01
	Salinidade (mOsm)	-0,135	0,13	0,020	0,82	-0,024	0,70
	pH	0,100	0,27	--	--	0,076	0,23
	Amônia (ppm)	0,042	0,64	0,127	0,16	0,114	0,07
	Nitrato (ppm)	--	--	--	--	--	--
	Luminosidade (lux)	-0,064	0,48	0,038	0,68	0,002	0,97
	ÁGUA DO MAR DA ÁREA DE ESTUDO	Temperatura (°C)	0,223*	0,02	0,094	0,31	0,181**
Salinidade (mOsm)		-0,243**	0,01	-0,194*	0,03	-0,201**	0,001
pH		--	--	--	--	--	--
Amônia (ppm)		0,154	0,08	0,082	0,37	0,146*	0,02
Nitrato (ppm)		--	--	--	--	--	--
Luminosidade (lux)		-0,029	0,75	-0,149	0,10	-0,009	0,89

* Correlação é significativa para o $p \leq 0,05$ (bi-caudal). ** Correlação é significativa para o $p \leq 0,01$. (bi-caudal). ** BRI: Índice da taxa de enterramento (*Burrowing rate index*).

Tabela 12. Correlações entre as variáveis ambientais (abióticas e bióticas) com o BRI** das fêmeas nas praias de Siriú e Garopaba.

	VARIÁVEIS	rho	p (bi-caudal)
ÁGUA DO AQUÁRIO DE ESTUDO	Número de pessoas	0,148*	0,03
	Pressão atmosférica (inHg)	0,167*	0,01
	Temperatura ambiental (°C)	0,216**	0,001
	Umidade relativa (%)	-0,013	0,85
	Temperatura (°C)	0,162*	0,02
	Salinidade (mOsm)	-0,105	0,12
	pH	0,052	0,45
	Amônia (ppm)	0,087	0,20
	Nitrato (ppm)	--	--
	Luminosidade (lux)	-0,045	0,51
ÁGUA DO MAR DA ÁREA DE ESTUDO	Temperatura (°C)	0,153*	0,02
	Salinidade (mOsm)	-0,141*	0,04
	pH	--	--
	Amônia (ppm)	0,096	0,16
	Nitrato (ppm)	--	--
	Luminosidade (lux)	-0,010	0,89

* Correlação é significativa para o $p \leq 0,05$. ** Correlação é significativa para o $p \leq 0,01$. ** BRI: Índice da taxa de enterramento (*Burrowing rate index*).

O tamanho dos animais pode indicar o grau de pressão (poluentes, predadores, etc) que uma determinada população está sofrendo, comparativamente a outras populações (Defeo e Cardoso, 2004; Ricklefs, 2003; Defeo e Cardoso 2002). Machos e fêmeas ovígeras, são em média mais compridos, mais largos e mais pesados na praia de Siriú. Já as fêmeas não-ovígeras somente são mais compridas na praia de Siriú em relação às fêmeas da praia de Garopaba. As médias biométricas das fêmeas ovígeras foram significativamente maiores na praia de Siriú para o comprimento de carapaça ($20,60 \pm 4,06$ mm, $N=36$, $Z= -2,841$, $p= 0,001$) (Figura 26), largura de carapaça ($11,90 \pm 2,28$ mm, $N=36$, $Z= -2,841$, $p= 0,001$) (Figura 27) e peso corporal ($1,79 \pm 0,67$ g $N=36$, $Z= -3,678$, $p= 0,001$) (Figura 28). Enquanto que na praia de

Garopaba as médias de comprimento de carapaça ($18,02 \pm 2,05$ mm, $N=9$, $Z= -2,841$, $p= 0,001$) (Figura 26), largura de carapaça ($10,05 \pm 1,24$ mm, $N=9$, $Z= -2,841$, $p= 0,001$) (Figura 27) e da massa corporal ($1,06 \pm 0,35$ g, $N=9$, $Z= -3,678$, $p= 0,001$) (Figura 28) foram menores

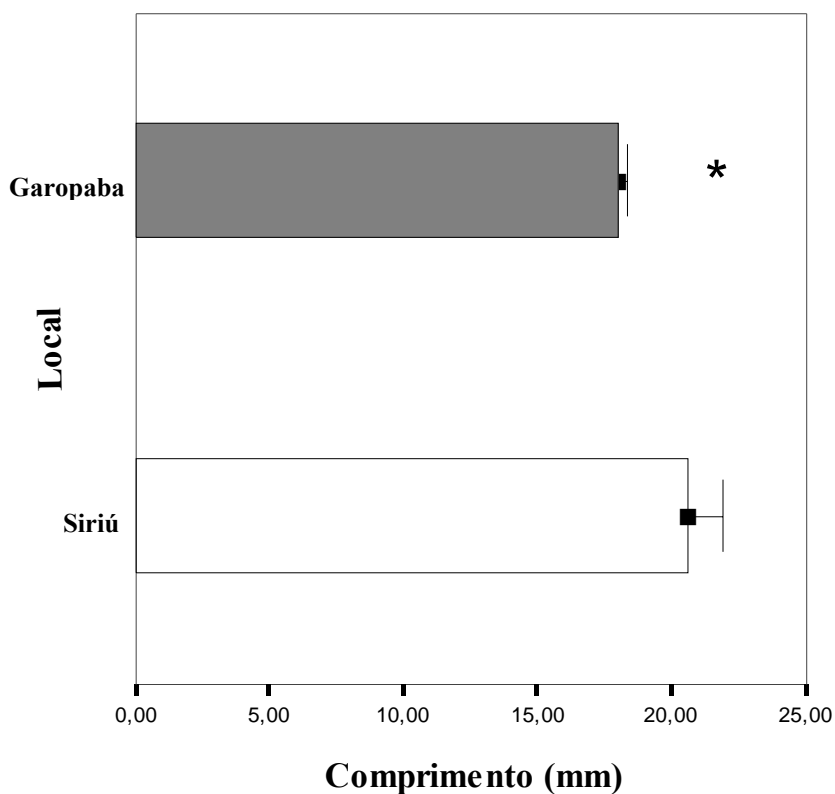


Figura 26. Comparação do comprimento médio e desvio padrão (em mm) das fêmeas ovígeras, na praia de Siriú (coluna clara) e praia de Garopaba (coluna escura). Teste Mann-Whitney: $*p = 0,001$.

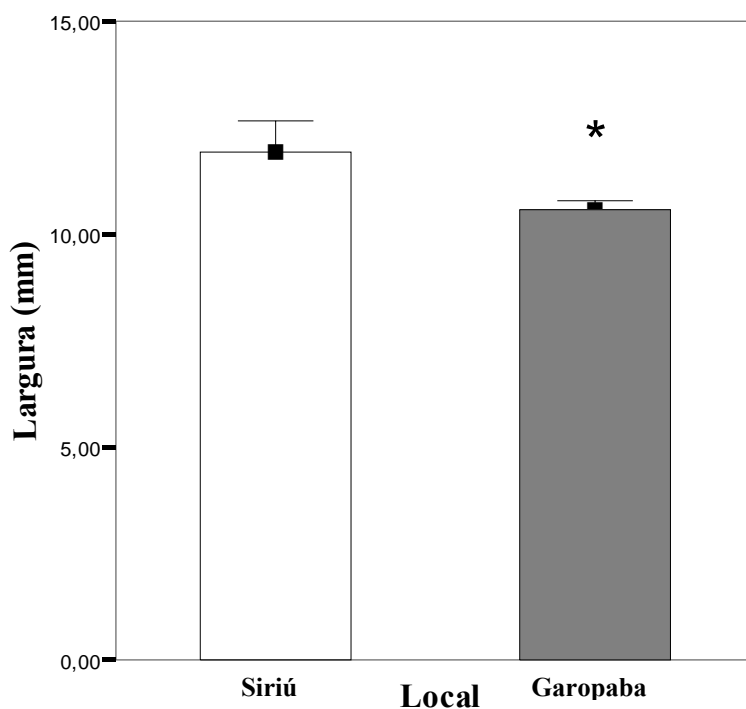


Figura 27. Comparação da largura média e desvio padrão (em mm) das fêmeas ovígeras, na praia de Siriú (coluna clara) e praia de Garopaba (coluna escura). Teste Mann-Whitney: * $p = 0,01$.

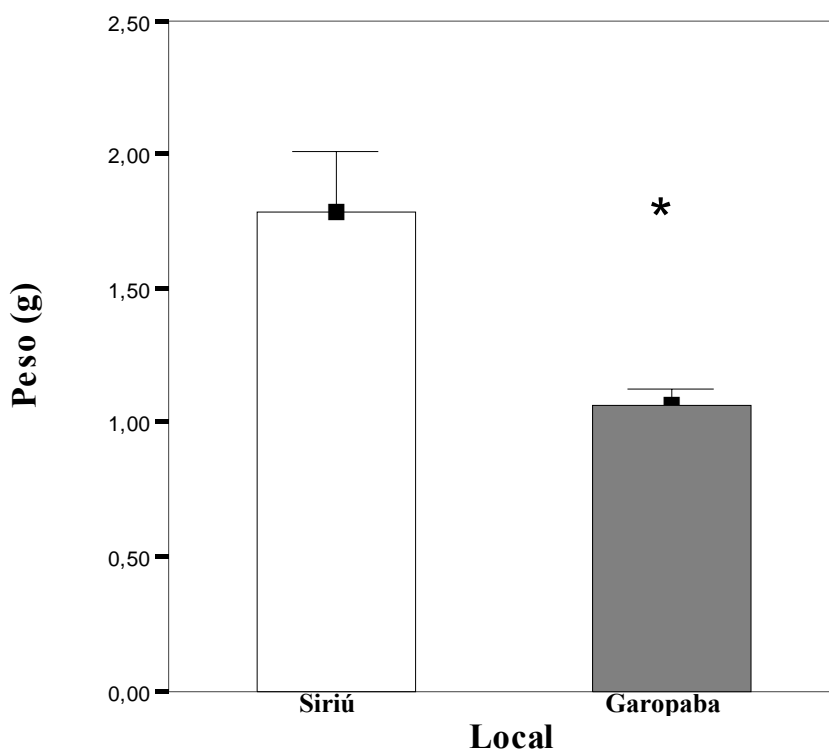


Figura 28. Comparação da massa corporal (em gramas) médio e desvio padrão das fêmeas ovígeras, na praia de Siriú (coluna clara) e praia de Garopaba (coluna escura). Teste Mann-Whitney: * $p = 0,001$.

Fêmeas não-ovígeras diferenciaram estatisticamente entre as praias somente no comprimento de carapaça. Elas apresentaram o comprimento maior, em média, na praia de Siriú ($17,41 \pm 3,30$ mm, $N=125$, $Z= -2,599$, $p= 0,010$) comparada a praia de Garopaba ($16,23 \pm 2,20$ mm, $N=92$, $Z= -2,599$, $p= 0,010$) (Figura 29).

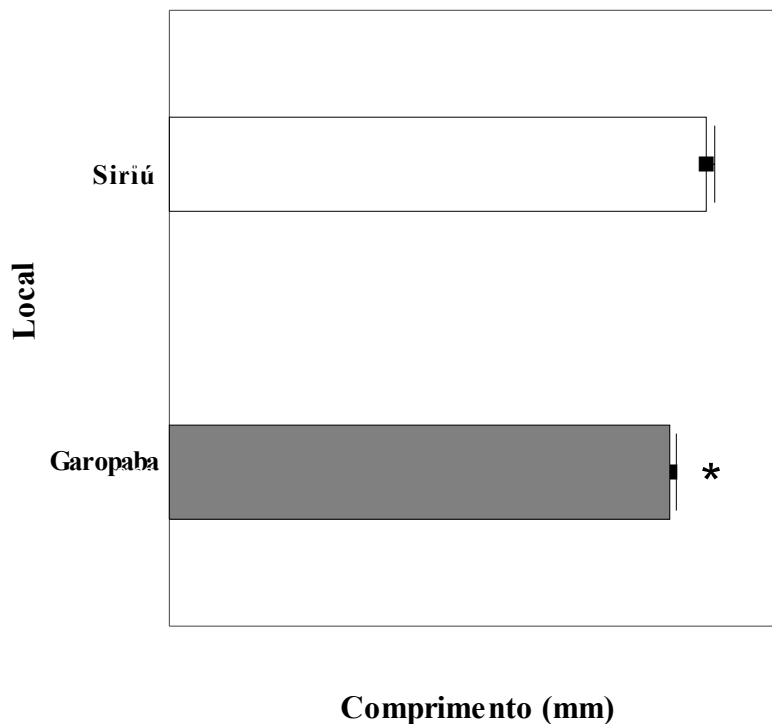


Figura 29. Comparação do comprimento médio e desvio padrão (em mm), das fêmeas não-ovígeras, da praia de Siriú (1) e da praia de Garopaba (2). Teste Mann-Whitney: * $p=0,01$.

Os machos de Siriú possuem maior comprimento de carapaça ($11,47 \pm 1,67$ mm, $N=127$, $Z= -5,434$, $p= 0,001$), largura de carapaça ($6,47 \pm 1,29$ mm, $N=127$, $Z= -2,848$, $p= 0,001$) e peso corporal ($0,19 \pm 0,10$ g, $N=127$, $Z= -1,934$, $p= 0,050$). Em Garopaba a média foi menor para o comprimento de carapaça ($10,44 \pm 1,57$ mm, $N=119$, $Z= -5,434$, $p= 0,001$) (Figura 30), a largura da carapaça ($6,21 \pm 1,20$ mm, $N=119$, $Z= -2,848$, $p= 0,001$) (Figura 31) e o peso ($0,29 \pm 0,73$ g, $N=119$, $Z= -1,934$, $p= 0,05$) (Figura 32).

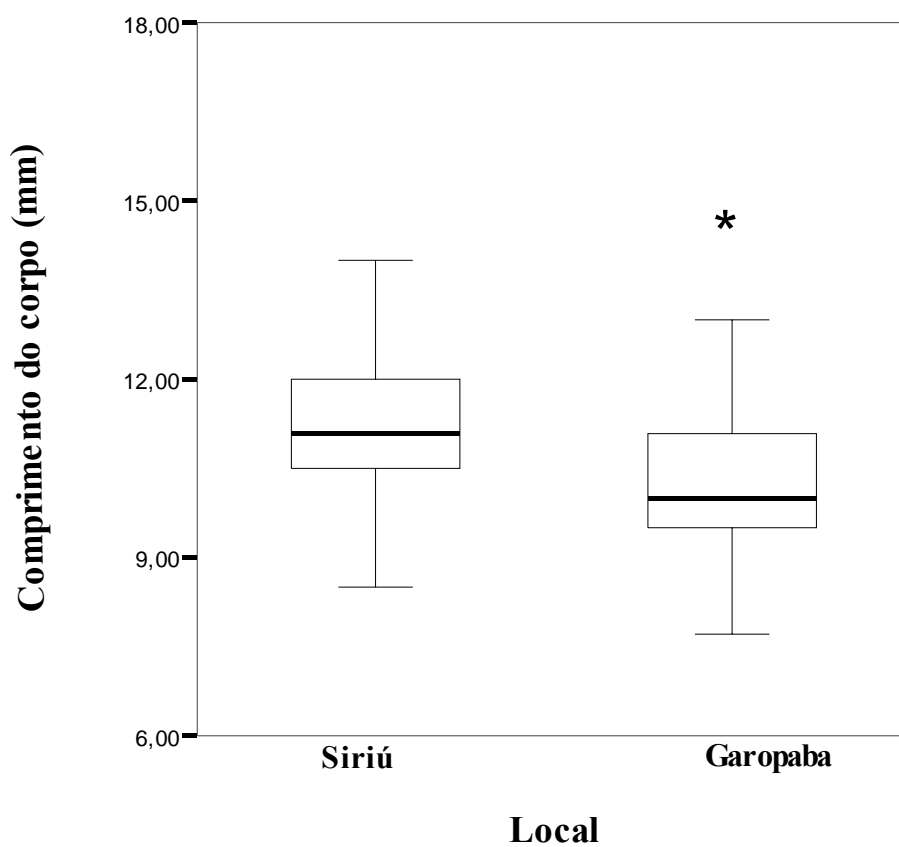


Figura 30. Comparação do comprimento médio (mm) e desvio padrão dos machos por praia (Siriú=1; Garopaba=2). A linha dentro do retângulo representa a média. Comparação por teste Mann-Whitney: * $p = 0,001$.

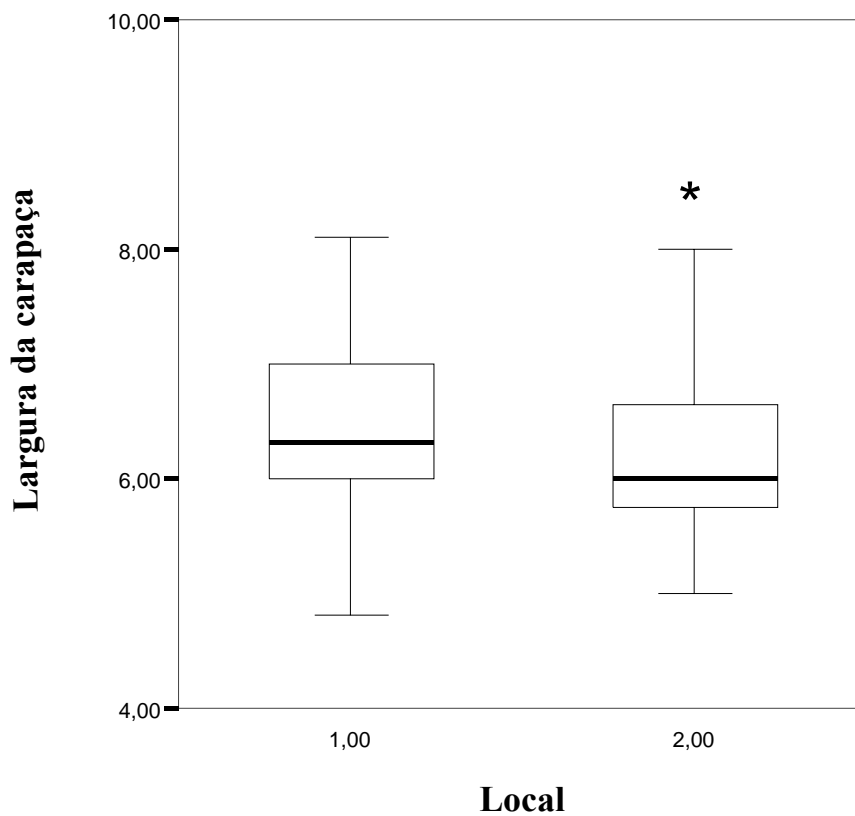


Figura 31. Comparação da largura média (mm) e desvio padrão dos machos por praia (Siriú=1; Garopaba=2). A linha dentro do retângulo representa a média. Comparação por teste Mann-Whitney: * $p = 0,001$.

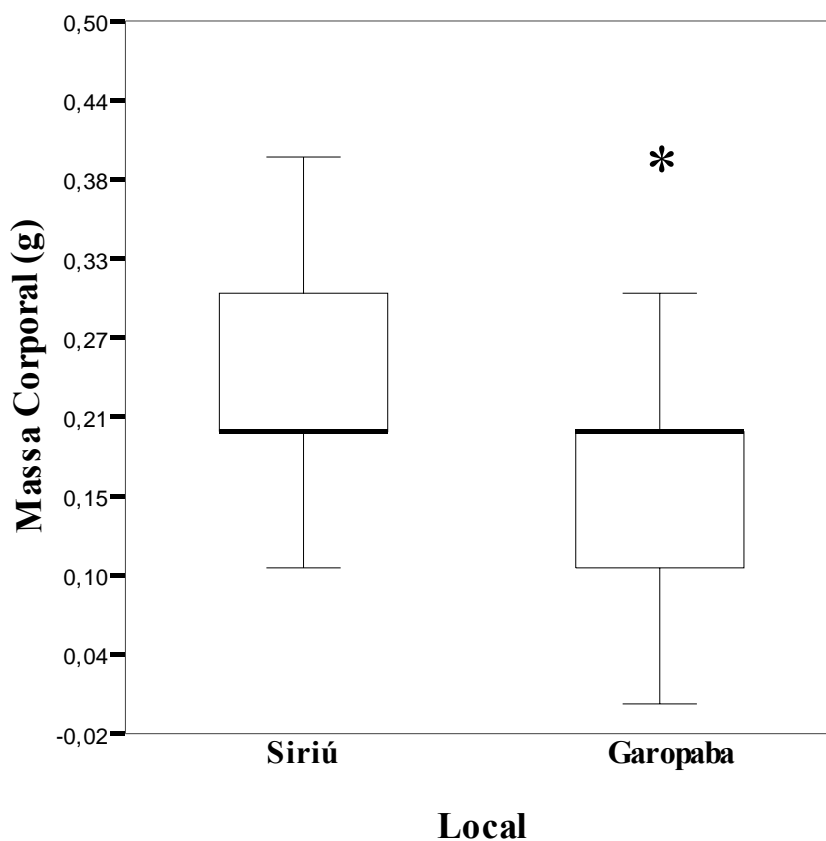


Figura 32. Comparação dos pesos médios e desvio padrão de machos por praia (Siriú=1; Garopaba=2). A linha dentro do retângulo representa a média. Comparação por teste Mann-Whitney: * $p = 0,05$.

No intuito de facilitar as análises estatísticas com a variável tempo, os horários do estudo foram divididos igualmente em três períodos distintos ao longo do dia. Estes horários foram classificados como inicial (1200 h às 1400 h), médio (1401 h às 1600 h) e final (1601 h às 1800 h).

Correlacionaram-se os horários de estudo com as variáveis comportamentais e populacionais da tatuíra na praia de Siriú. De notável, houve uma correlação negativa entre o horário de estudo e a quantidade de tatuíras capturadas ($N=127$, $\rho = -0,32$, $p = 0,001$), ou seja, quanto mais próximo do final da tarde menos tatuíras eram capturadas.

Quanto às diferenças em Siriú, identificou-se em relação ao horário, uma relação significativa com a população de tatuíras capturadas ($N = 127$, $X^2 = 13,38$, $gl=2$, $p=0,001$) e uma tendência para a latência de escape ($N = 127$, $X^2 = 4,97$, $gl=2$, $p=0,08$) (Tabela 14). Em relação a latência de escape, os animais foram na praia de Siriú, em média, mais rápidos no horário médio ($3,79 \pm 1,19$ s), no horário inicial ($3,45 \pm 0,35$ s), e mais lentos no horário final

(3,26±0,35 s). A quantidade de tatuíras capturadas em Siriú, foi maior em média no horário inicial (71,08±55,38 indivíduos) quando comparado ao horário médio (49,48±49,13 indivíduos) e final (32,98±36,02 indivíduos). O número de pessoas aumentou no horário médio (1,02±1,69 pessoas) em relação ao inicial (0,46±0,99 pessoas) e final (0,75±0,96 pessoas) (Tabela 13).

Tabela 13. Médias e o Desvio Padrões ($\bar{X} \pm DP$) da latência de escape dos machos, população de tatuíras capturadas e número de pessoas observadas na Praia de Siriú.

HORÁRIO	LATÊNCIA DE ESCAPE (s)	POPULAÇÃO DE TATUÍRAS CAPTURADAS	NÚMERO DE PESSOAS
Inicial	3,45±0,35	71,08±55,38	0,46±0,99
Médio	3,79±1,19	49,48±49,13	1,02±1,69
Final	3,26±0,35	32,98±36,02	0,75±0,96

Encontraram-se diferenças significativas na praia de Siriú entre o horário inicial e médio para latência de escape (N=79, Z= -2,176, p= 0,03) e a população de tatuíras capturada (N=79, Z= -2,000, p= 0,05) (Tabela 15). Observou-se que entre o horário inicial e final, apenas a quantidade de animais capturada foi significativa (N=85, Z= -3,644, p= 0,001); entre os horários médio e final não houve diferenças significativas (Tabela 15).

Tabela 14. Teste de Kruskal-Wallis para comparação das médias de latência de escape, população de tatuíras e número de pessoas para os machos de *E. brasiliensis* entre os três horários (inicial, médio e final). Qui-quadrado (X^2), graus de liberdade (gl), e nível de significância (p) nas praias de Siriú.e Garopaba.

	LATÊNCIA DE ESCAPE (s)		POPULAÇÃO DE TATUÍRAS		NÚMERO DE PESSOAS	
	SIRIÚ	GAROPABA	SIRIÚ	GAROPABA	SIRIÚ	GAROPABA
X²	4,973	17,313	13,383	5,761	3,873	49,695
gl	2	2	2	2	2	2
p*	0,083	0,001	0,001	0,056	0,144	0,001

* p≤0,05 bi-caudal.

Tabela 15. Valores de Z do teste Mann-Whitney comparando os horários em relação as variáveis latência de escape e população de tatuíras na praia de Siriú.

HORÁRIOS	LATÊNCIA DE ESCAPE			POPULAÇÃO DE TATUÍRAS			
	N	Z	p (bi-caudal)*	N	Z	p (bi-caudal)*	
SIRIÚ	Entre o horário inicial e médio	79	-2,176	0,30	79	-2,000	0,46
	Entre o horário inicial e final	85	-0,993	0,32	85	-3,644	0,001
	Entre o horário médio e final	90	-1,379	0,17	90	-1,663	0,09

* $p \leq 0,05$

Analisando os horários na praia de Garopaba, obteve-se diferenças significativas entre o horário inicial, médio e final na latência de escape ($N=121$, $X^2=17,31$, $gl=2$, $p=0,001$) e no número de pessoas ($N=121$, $X^2=46,70$, $gl=2$, $p=0,001$) com uma forte tendência para o número de tatuíras capturadas ($N=121$, $X^2=5,76$, $gl=2$, $p=0,06$) (Tabela 14).

Ocorreram diferenças altamente significativas entre o horário inicial e final para a latência de escape ($N=83$, $Z=-3,270$, $p=0,001$), a população capturada ($N=83$, $Z=-2,230$, $p=0,03$) e o número de pessoas ($N=83$, $Z=-5,360$, $p=0,001$). No entanto, entre o horário médio e final obteve-se resultados significativos apenas para o número de pessoas ($N=76$, $Z=-1,912$, $p=0,001$) e uma forte tendência para a população de indivíduos capturados ($N=76$, $Z=-1,912$, $p=0,06$) (Tabela 16 e 17).

Tabela 16. Médias e o Desvio Padrões ($\bar{X} \pm DP$) da latência de escape dos machos, população de tatuíras capturadas e número de pessoas observadas na Praia de Garopaba

HORÁRIO	LATÊNCIA DE ESCAPE	POPULAÇÃO DE TATUÍRAS CAPTURADAS	NÚMERO DE PESSOAS
Inicial	4,37±8,37	50,22±29,66	30,56±14,35
Médio	2,14±1,58	49,08±31,30	31,74±7,35
Final	5,09±9,15	36,16±30,76	50,71±11,60

A média de tatuíras capturadas teve um decréscimo do horário inicial ($50,22 \pm 29,66$ indivíduos), para o médio ($49,68 \pm 31,30$ indivíduos) e final ($36,16 \pm 30,76$ indivíduos) (Tabela 16).

Na praia de Garopaba, realizaram-se correlações para o escape dos machos, com o horário, tamanho da amostra coletada e quantidade média de pessoas. Esta correlação tem a função de verificar a influência do horário e suas características sobre o comportamento de escape dos machos dessa praia. A relação foi negativa para a latência de escape ($N=121$, $\rho = -0,323$, $p = 0,001$), isto é, quanto mais tarde o horário de estudo, menor foi a latência de escape (os indivíduos foram mais rápidos). A correlação também demonstrou que a quantidade de animais capturados foi decrescendo à medida que o estudo avançava na tarde ($N=121$, $\rho = -0,20$, $p = 0,03$). Por outro lado, houve uma correlação entre o horário e o número de pessoas ($N=121$, $\rho = 0,49$, $p = 0,001$): à medida que entardecia, maior era a quantidade de pessoas passando pela área de estudo. Em suma, do meio do dia ao entardecer, os machos tornaram-se mais lentos, capturava-se um menor número de animais e aumentava o trânsito de pessoas.

Tabela 17. Valores de Z do teste Mann-Whitney comparando os horários em relação as variáveis latência de escape, população de tatuíras e número de pessoas na praia de Garopaba.

HORÁRIOS		LATÊNCIA DE ESCAPE			POPULAÇÃO DE TATUÍRAS			NÚMERO DE PESSOAS		
		N	Z	<i>p</i> (bi-caudal)*	N	Z	<i>p</i> (bi-caudal)*	N	Z	<i>p</i> (bi-caudal)*
GAROPABA	Entre o horário inicial e médio	83	-3,803	0,001	83	-0,201	0,84	83	-0,772	0,44
	Entre o horário inicial e final	83	-3,268	0,001	83	-2,231	0,02	83	-5,359	0,001
	Entre o horário médio e final	76	-0,208	0,83	76	-1,912	0,06	76	-9,509	0,001

* $p \leq 0,05$

7.2 Diferenças por estágios reprodutivos

Os estágios reprodutivos da *E. brasiliensis* estudados foram fêmeas não-ovígeras, fêmeas ovígeras e machos, entre as praias de Garopaba e Siriú. A principal análise comportamental entre estas categorias foi a latência de escape e o BRI.

A latência de escape não aparentou diferenças significativas para as três categorias analisadas ($N= 508$, $X^2= 0,99$, $gl=2$, $p=0,61$). Mais detalhadamente analisando a latência de escape entre as categorias, não foram encontradas diferenças: fêmeas não-ovígeras e machos ($N=464$, $Z= -0,600$, $p= 0,55$), fêmeas não-ovígeras e fêmeas ovígeras ($N=260$, $Z= -1,01$, $p= 0,31$) e machos e fêmeas ovígeras ($N=292$, $Z= -0,511$, $p= 0,61$).

Contudo, quanto ao BRI, ocorreram diferenças significativas para as três categorias ($N= 506$, $X^2= 105,99$, $gl=2$, $p=0,001$). Estas diferenças foram significativas entre machos e fêmeas ($N=463$, $Z= -8,241$, $p= 0,001$), entre fêmeas não-ovígeras e ovígeras ($N=258$, $Z= -3,422$, $p= 0,001$), entre machos e ovígeras ($N=291$, $Z= -8,108$, $p= 0,001$) (Figura 33). O BRI dos machos ($26,80 \pm 14,14$) foi menor do que o BRI da fêmea não-ovígera ($41,20 \pm 19,48$). O BRI diferenciou entre as fêmeas ovígeras e não-ovígeras. Fêmeas ovígeras ($51,69 \pm 15,79$) tiveram BRI maior que não-ovígeras ($41,20 \pm 19,48$).

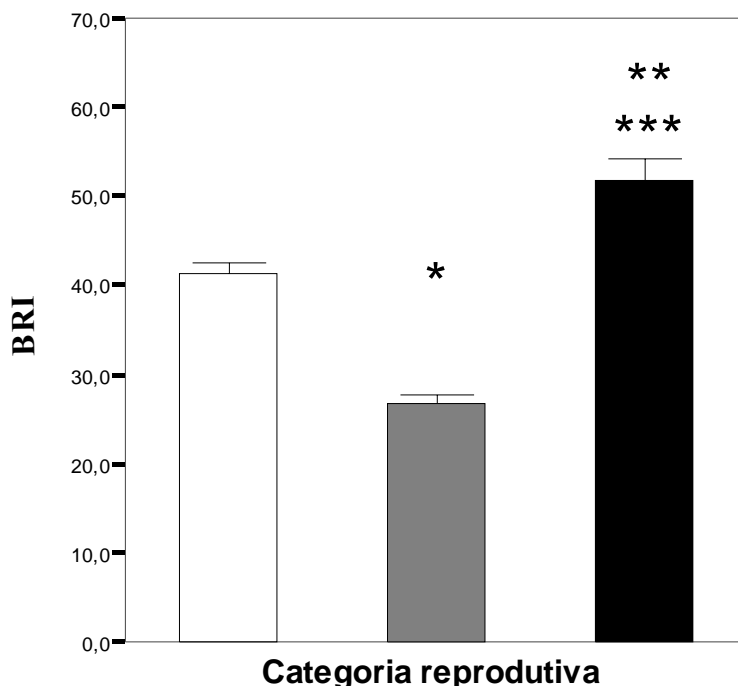


Figura 33. Comparação do BRI (índice da taxa de enterramento) médio e erro padrão, das categorias reprodutivas: fêmea adulta não ovígera (coluna clara), macho (coluna cinza) e fêmea ovígera (coluna escura). Quanto maior o BRI, maior o êxito no enterramento. Comparação pelo teste Mann-Whitney para duas amostras independentes: * $p = 0,001$ (diferença entre machos e fêmeas); ** $p = 0,001$ (diferença entre fêmeas ovígeras e fêmeas não ovígeras); *** $p = 0,001$ (diferença entre fêmeas ovígeras e fêmeas não ovígeras).

8 DISCUSSÃO

8.1 Diferenças entre praias

As praias são ambientes altamente dinâmicos e instáveis que selecionam e modelam em seus habitantes diversas adaptações etofisiológicas (Jaramillo e McLachlan, 1993). Animais que vivem em ambientes em constantes transformações devem possuir mecanismos fisiológicos e comportamentais flexíveis que garantam a sobrevivência e o sucesso reprodutivo (Whiteley *et al.*, 1997).

As praias, como quaisquer outros habitats, são regidas por fatores abióticos e bióticos bastante distintos, um ambiente eminentemente aquático em contato com outro ambiente

eminentemente continental. A diversidade de microhabitats com seus respectivos microclimas e a riqueza da biota é excepcionalmente abundante em comparação com outros ecótopos neste ambiente de borda e transitivo (Krebs e Davies, 1996). Estes ambientes flexíveis muitas vezes geram estressores ambientais aos organismos instalados, por estarem no limiar de tolerância (Defeo *et al.*, 1997).

Os fatores abióticos das praias arenosas como luminosidade, a salinidade, a temperatura ambiental, o pH, a morfodinâmica das praias e os compostos nitrogenados modificam a distribuição, a fisiologia e o comportamento das comunidades litorâneas (Wilmer *et al.*, 2005; Defeo e Cardoso, 2004; Lercari e Defeo, 1999).

Dentre os fatores analisados realça-se a salinidade e a temperatura, por exercerem forte pressão sobre a vida dos animais marinhos (McGaw, 2001). Estes dois fatores estão diretamente relacionados e o aumento de um gera conseqüentemente o aumento do outro (Zhao e Sun, 2006). No entanto, nas praias de Garopaba e Siriú as comparações dos fatores físico-químicos não mostraram relações fortes entre a salinidade e a temperatura. Apesar do aumento médio da temperatura na praia de Garopaba, a salinidade não acompanhou significativamente este aumento. Esta situação poderia ser uma resposta no curto prazo das variações macroclimáticas. Segundo Re e colaboradores (2005) a concentração de sal pode estar muitas vezes mascarada, modificando as respostas fisiológicas para o metabolismo, crescimento, ciclo de vida, nutrição e relações intra e interespecífica. A salinidade em Garopaba apresentou-se sobrepujada pelas demais variáveis abióticas para explicar as diferenças encontradas nas tatuíras.

A salinidade e a temperatura são os fatores abióticos que determinam severas alterações em águas marinhas poluídas (Zhao e Sun, 2006). Ambos são considerados os principais fatores que controlam a distribuição e abundância das espécies, resultante de alterações primárias na fisiologia dos organismos marinhos e estuarinos (Zhao e Sun, 2006).

Algumas espécies de crustáceos apresentam alterações do comportamento em ambientes salinos (Zhuang, 2005; McGaw, 2001). Zhuang (2005) observou os efeitos da salinidade na alimentação do molusco criado em cativeiro, *Laternula marilina*. Os moluscos que possuíam a menor concha, em média, eram aparentemente mais susceptíveis ao estresse desencadeado pelo aumento da salinidade. Estes animais mostraram baixa taxa de ingestão e eficiência de assimilação de nutrientes.

McGaw (2001) observou que algumas espécies de caranguejos aumentam ou diminuem o comportamento locomotor com alterações da salinidade e da temperatura. O

autor destaca a espécie *Carcinus maena*, que aumenta a atividade locomotora em baixa salinidade. Estas mudanças ocorrem devido a habilidade dos animais em identificarem as variações de sais ambientais, respondendo com mudanças comportamentais e fisiológicas (McGaw, 2001; Warman *et al.*, 1991).

A *E. brasiliensis* apresentou o comportamento de escape intimamente relacionado com a salinidade. Esta relação foi diferente para cada estágio reprodutivo na praia de Siriú. A latência de escape aumenta quando há acréscimo na salinidade da água. Esta modificação foi observada nos machos e nas fêmeas não-ovígeras de tatuíras. Ao contrário do que McGaw (2001) verificou em *Carcinus maena*, a *E. brasiliensis* diminui a atividade locomotora em baixa salinidade, tornando-se menos veloz na atividade de escape dos machos e fêmeas não-ovígeras. O mesmo não ocorre em fêmeas ovígeras que permaneceram com velocidades de escape similares sob diferentes concentrações de sais. Este último achado está em concordância às observações de que fêmeas ovígeras de *E. brasiliensis* possuem uma melhor capacidade de se adequar às variações do ambiente fisiológica (Delgado e Defeo, 2006).

Segundo Lercari e Defeo (1999), a salinidade controla a fertilidade, distribuição e abundância de *E. brasiliensis*. Ambientes com a salinidade instável como a encontrada pelos pesquisadores, diminui a população de tatuíras assim como reduz drasticamente a fertilidade das fêmeas. O BRI é inversamente proporcional ao tempo de escape, logo apresentou uma correlação negativa com a salinidade, verificado nas tatuíras de Siriú.

O ambiente aquático é termicamente heterogêneo no espaço e tempo. A temperatura da água, devido às suas características físico-químicas, é relativamente constante, todavia a temperatura do ar e das superfícies arenosas podem amplamente variar, influenciando as oscilações térmicas do microclima mais superficial e em menores profundidades (Wilmer *et al.*, 2005; Randall *et al.*, 2000; Whiteley *et al.*, 1997)

Crustáceos desenvolveram respostas comportamentais e fisiológicas para o estresse termal como a imersão no substrato, na tentativa de resfriar o corpo em temperaturas elevadas (Lagerspetz e Vainio, 2006). Há nos crustáceos uma variedade de efeitos fisiológicos e comportamentais devido a variação térmica, principalmente na troca gasosa da respiração e na regulação ácido-básica. As diferenças térmicas influenciam o transporte de oxigênio pela hemolinfa, alterando a solubilidade. Aumento da temperatura geralmente causa redução da afinidade do oxigênio pela hemocianina (Whiteley *et al.*, 1997).

Diversos crustáceos demonstram as mais variadas respostas comportamentais e fisiológicas em relação às alterações de temperatura (Lagerspetz e Vainio, 2006). No camarão rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) a temperatura influencia a taxa de consumo de alimentos.

Para a temperatura de 16°C o consumo diminui significativamente, enquanto que as faixas térmicas de 26,3°C e 32°C há um aumento no consumo de alimentos (Wasielesky *et al.*, 2003). Baixas temperaturas diminuem a taxa de enterramento de moluscos componentes da macrofauna litorânea (McLachlan e Young, 1982).

Estas respostas podem variar também nos estágios reprodutivos. As fêmeas maduras do crustáceo *Callinectes sapidus* são altamente sensíveis a mudanças nas condições e salinidade e temperatura. Em situações com alto estresse termal e salino as fêmeas maduras de *C. sapidus* (Rome *et al.*, 2005) possuem uma taxa de mortalidade substancialmente acima da média entre adultos.

Ao contrário do que verificou McLachlan e Young (1982) em moluscos bivalves, nas tatuíras o aumento da temperatura diminuiu a latência de escape de machos e fêmeas não-ovígeras. Fêmeas ovígeras de tatuíras não foram afetadas pelas variações de temperaturas observadas. Apesar da adaptação ser limitada (Rome *et al.*, 2005), as ovígeras parecem ser mais adaptadas metabolicamente nos crustáceos (Lagerspetz e Vainio, 2006) em comparação aos outros estágios reprodutivos.

O pH abaixo de 6,5 é deletério para a maioria da fauna oceânica (Zhao e Sun, 2006). Em geral, deve se manter entre 6,5 e 8,0 para a sobrevivência da maioria dos crustáceos (Lochhead, 1961). O pH foi maior na praia de Garopaba devido a íntima associação que tem com a temperatura (Whiteley *et al.*, 1997), mantendo-se alcalino como habitualmente é a água do mar (Zhao e Sun, 2006) em mares tropicais não severamente eutrofizados.

Outros componentes indicadores da poluição marinha são os compostos nitrogenados, principalmente a amônia (Costa *et al.*, 2004). Segundo Koo e colaboradores (2005) a amônia é altamente tóxica para crustáceos e outros organismos aquáticos. Em doses subletais podem levar o retardamento do crescimento impedindo a ecdise em crustáceos como o carangueijo tigre (*Orithyia sinica*) cultivada em cativeiro. Em estudo com animais aquáticos de cativeiro verificou-se que a amônia interfere no crescimento, no desenvolvimento larval, na aptidão sexual dos adultos e na sobrevivência (Koo *et al.*, 2005; Costa *et al.*, 2004).

Na praia de Garopaba o nível de amônia foi maior. Esta situação pode ser observada devido a urbanização desta praia, aumentado o nível de deposição de matéria orgânica no ambiente, de acordo com os argumentos de Brown e McLachlan (2002) sobre a relação entre amônia e deposição de detritos urbanos. Segundo Wasielesky e colaboradores (2003), observando camarões de água marinha, pode se constatar que machos e fêmeas não-ovígeras são mais rápidas no comportamento de enterramento em ambientes com o maior de nível amônia. Esta observação sugere uma aclimação destes animais a ambientes poluídos, pois

ao aumentarem a velocidade de escape os animais evitam o estressor ambiental (amônia). Fêmeas mais rápidas desta forma garantem além da própria sobrevivência, também a sobrevivência da prole e o sucesso reprodutivo.

A intensidade de luz e sua incidência exercem papel fundamental na maioria dos organismos, fornecendo energia primária tanto para o metabolismo como para o aquecimento. A luminosidade exerce influência nos ritmos circadianos, na distribuição espacial e no ciclo reprodutivo na maioria dos seres vivos (Wilmer *et al.*, 2005). Algumas espécies como *Orchestoidea tuberculata* (Crustacea: Amphipoda), alteram as suas atividades e conseqüentemente o ciclo circadiano, realizando atividades noturnas (adultos) e crepusculares (juvenis), evitando, assim, as pressões ambientais e a predação. No período noturno a temperatura diminui e a umidade aumenta evitando o dessecação. Simultaneamente diminuem os predadores, em sua grande maioria, aves (Ribeiro *et al.*, 2004; Zharikov e Skilleter, 2004).

Crustáceos em geral realizam ecdise e desenvolvem-se reprodutivamente por meio da intensidade de luz ao longo do ano. O fotoperíodo serve como desencadeador dos mecanismos fisiológicos da reprodução, como ocorre em *Emerita asiatica*, que aumenta a produção de hormônios sexuais (esteróides), com o aumento do fotoperíodo (Gunamalai *et al.*, 2004). A luminosidade também determina muito dos comportamentos existentes, das espécies mais primitivas às mais modernas. A intensidade e a orientação da locomoção é um dos comportamentos que está mais relacionado com a luz. Segundo Scapini e colaboradores (1997) o *Talitrus saltator*, espécie de Crustáceo (Amphipoda) habitante das praias européias, orienta-se diretamente pelo azimute do sol e da lua, diminuindo a atividade em horários com maior incidência de raios luminosos.

A luminosidade foi um dos principais fatores abióticos que se diferenciou entre a praia de Siriú e Garopaba. Os machos de *E. brasiliensis* são mais susceptíveis a incidência de luz. Machos tornaram-se mais lentos ao entardecer e as fêmeas ovígeras na praia de Siriú foram mais rápidas com a diminuição da luminosidade. Estas diferenças foram observadas em adultos e juvenis dos crustáceos *Talitrus saltator* e *Orchestoidea tuberculata* como estratégia para evitar o ambiente hostil e se proteger dos predadores (Kennedy *et al.*, 2000; Scapini *et al.*, 1995). Porém nunca se observou esta desigualdade por estágio reprodutivo em crustáceos decápodes, conforme a revisão na literatura realizada. Machos são menos atraentes que as fêmeas, porem mais abundantes como observado em *E. brasiliensis* (Petracco *et al.*, 2003) e *E. analoga* (Jaramillo *et al.*, 2000). Nesta relação, os machos são mais vulneráveis aos predadores na porção do dia mais iluminada, pois seus predadores são altamente visuais e

mais generalistas neste período (Killian *et al.*, 2006, Thomas *et al.*, 2003; Burger e Gochfeld, 1991). Fêmeas ovígeras devem aumentar a velocidade de escape durante o dia devido sua conspicuidade atrair visualmente mais os predadores.

Em contrapartida, as fêmeas não-ovígeras não apresentam diferenças do tempo que se enterram por horário e praias, supostamente porque a pressão de predação é diluída ao longo do dia em função da diferentes pressões nas outras duas categorias reprodutivas.

O horário e a sua distribuição de luz influenciam não só as atividades individuais dos animais, como o ciclo reprodutivo e os comportamentos, atuando também sobre a distribuição geográfica e a aglomeração das populações (Cubit, 1969). O horário determina a intensidade das atividades antrópicas ao longo das praias. As atividades recreacionais em ambientes com incidência direta de luz são mais intensas nos períodos com menor exposição aos raios solares (Thomas *et al.*, 2003; Brown e McLachlan, 2002).

Não apenas a abundância e distribuição são afetados pela ação humana, mas também o comportamento e a fisiologia da fauna residente também. O comportamento de forrageio do maçarico (*Calidris alba*) é alterado pela atividade antrópica nos litorais. Em praias com intensa ação humana, as aves diminuem o comportamento de dia e aumentam a noite. Esta mudança altera toda a cadeia energética local. Em ambientes limitados pelo uso do homem, as aves diminuem drasticamente o tempo de forrageio para 40% dos 70% em ambientes não antropizados (Burger e Gochfeld, 1991).

Nas duas praias estudadas houve uma nítida diferença entre os horários de pesquisa, a quantidade de tatuíras capturadas e o número de pessoas que usufruem da praia para atividades recreacionais. Em Siriú e Garopaba a dinâmica populacional foi fortemente relacionada ao horário do dia. A *E. brasiliensis* aparenta possuir alta dinâmica aumentando o deslocamento ao entardecer. Esta situação foi verificada em *Emerita analoga*, nas praias da Califórnia (EUA), que aumenta a agregação e a dispersão de acordo com as estações do ano (Cubit, 1969). Isto evidencia que a dinâmica populacional dos crustáceos é fortemente orientada pela intensidade de luz e outros fatores climáticos (Cubit, 1969).

Na praia urbanizada de Garopaba foi possível evidenciar está situação com o pico do trânsito de humanos na região da pesquisa no horário final (entre 16 e 18 horas). A atividade humana junto com as demais características físico-química podem modelar a dinâmica das tatuíras, como foi observado por Lercari e Defeo (1999) no Uruguai. Estes autores observaram que a população de tatuíras é mais escassa nas porções mais poluídas das praias.

Em relação à latência de escape verificou-se que as tatuíras foram mais lentas na praia de Garopaba, independente da categoria de estágio reprodutivo. Esta relação não está diretamente ligada ao número de pessoas que usufruem a praia, mas pode sim estar associada às atividades humanas, tanto diretamente na praia (pesca) como indiretamente através do despejo de efluentes de esgoto urbano, industrial ou rural na região litorânea. A poluição pode implicar na diminuição de diatomáceas obrigando o deslocamento das tatuíras para locais com maior disponibilidade alimentar (como supostamente ocorreu com as fêmeas ovígeras) (Lercari e Defeo, 2003; Lercari e Defeo, 1999).

A pesca é outro fator que pode contribuir indiretamente para as mudanças populacionais e comportamentais da tatuíra, modificando as características físicas do ambiente como turbilhamento da água, e o deslocamento de cardumes predadores para diferentes rotas. Esta alteração na orientação dos predadores têm influência direta sobre as presas, principalmente no escape. As presas são forçadas a adotarem estratégias comportamentais que evitem a predação, porém na situação de alterações ambientais muitas vezes a orientação torna-se confusa alterando e confundindo todo o comportamento de escape da presa (Hunter *et al.*, 2005; Brown e Mclachlan, 2002).

Fêmeas ovígeras são mais rápidas em praias alteradas pela presença humana. Humanos agem aqui como um predador atípico (Townsend *et al.*, 2006). Esta relação obedece ao princípio da “vida e alimento”: presas que perdem a corrida, perdem a vida e sua chance de reprodução, enquanto que predadores perdem apenas uma refeição, e mesmo assim, têm chances de reproduzirem (Dawkins e Krebs, 1979). As fêmeas ovígeras precisam garantir o sucesso reprodutivo individual e para isso elas adotam estratégias que evitem tanto a predação como os agentes estressores ambientais, como a ação antrópica.

Pesquisando *Emerita analoga*, Lastra e colaboradores (2004) constataram em laboratório, que o tempo de enterramento aumenta significativamente quando maior era o tamanho da carapaça e a massa corporal. A velocidade do enterramento varia em relação a latitude para esta espécie. No norte a velocidade é menor associado ao decréscimo do tamanho dos animais. Estas diferenças foram visualizadas também em relação aos estágios reprodutivos. As fêmeas não-ovígeras e ovígeras e os machos foram mais velozes no norte. No entanto juvenis não apresentaram diferenças significativas.

A eficiência do enterramento dos indivíduos pode ser afetada por uma variedade de fatores, incluindo tamanho do corpo (Dugan *et al.*, 2004). O tamanho dos animais exerce uma fortíssima ação no comportamento de escape. Vários fatores interferem na determinação do tamanho corporal da macrofauna intermaré. O principal mediador desta disparidade é a

latitude. O tamanho corporal das tatuíras aumenta quando acréscimo na latitude (Defeo e Cardoso, 2004).

Machos, fêmeas não-ovígeras e ovígeras de *E. brasiliensis* são menores e com menor massa corporal na praia de Garopaba quando comparada a Siriú. Entretanto estes animais estão distribuídos em uma situação que a latitude é insignificante. Sugerimos que a atividade antrópica pode interferir no tamanho e peso desta espécie. Nosso estudo não permitiu determinar que fatores associados à ação humana estariam interferindo no menor tamanho de tatuíras na praia de Garopaba em relação às tatuíras da praia de Siriú. Não obstante, é possível que a abundância de diatomáceas (principal fonte alimentar de tatuíras) e a compactação do solo arenoso pelo pisoteio, sejam fatores potencialmente importantes para explicar esta diferença. Um estudo recente (De Troch *et al.*, 2006) demonstrou que há uma interação entre o tamanho do sedimento e a capacidade de copépodes se alimentarem de diatomáceas. A alimentação dos copépodes foi facilitada quanto maior foi o tamanho dos grãos do sedimento; em sedimento de menor tamanho e mais compactado, como ocorre em praias com uso humano intenso, houve uma quase ausência da capacidade de alimentação de diatomáceas pelos copépodes (De Troch *et al.*, 2006). De Troch e colaboradores (2006) sugerem que copépodes menos móveis são mais afetados devido à diferença de sedimentação, pois não podem selecionar diferentes profundidades na coluna de água. Estes autores ainda propuseram, segundo observações realizadas em laboratório, que o conjunto do microfitoplâncton pode ter sua propriedade física laminar e coesão destruída pela ação do turbilhonamento e pulverização do sedimento. Este efeito é esperado em praias com grande densidade humana, resultando em prejuízo para aquelas espécies dependentes da filtração.

O tempo de captura foi um dos achados na diferenciação entre praias e categorias de estágio reprodutivo. Este achado pode ser considerado um artefato da metodologia empregada, pois na praia de Garopaba os banhistas interagiam mais com o estudo. No caso das categorias reprodutivas, o tempo de captura foi menor para fêmeas devido a facilidade visual e de manejo; o que é explicado pelo maior tamanho e conspicuidade das fêmeas.

A pesquisa sugere que praias urbanizadas e conservadas são diferentes não só em abundância e distribuição da macrofauna, mas também no comportamento destes animais. A presença humana altera os fatores microclimáticos e bióticos como a presença de predadores. Apesar do trabalho não ter conseguido apresentar correlações significativas entre os fatores ambientais e os humanos, é sugerido que outros fatores não mensurados possam estar intimamente ligados a atividade antrópica nas praias.

Entre as variáveis sugeridas para mensuração estão a turbidez da água e a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (Costa *et al.*, 2004). São considerados fatores da poluição e importante influenciadores dos mecanismos fisiológicos e comportamentais. Fatores físicos não relacionados a poluição também podem alterar as características comportamentais da macrofauna entre eles a velocidade e direção das correntes marítimas (Tankersley *et al.*, 1998) e velocidade dos ventos (Fallaci *et al.*, 1999).

Agentes bióticos exercem diversas mudanças comportamentais nos crustáceos. A competição é um dos agentes que pode determinar a densidade populacional e o comportamento. Em um estudo desenvolvido no litoral chileno por Dugan e colaboradores (2004) demonstrou-se que na competição entre o crustáceo *Emerita analoga* e o molusco *Mesodesma donacium*, os crustáceos maiores apresentam aumento no tempo de enterramento. Outro determinante a ser considerado é a alimentação. O principal recurso alimentar da macrofauna são os elementos que compõem o plâncton. As alterações na quantidade e qualidade dos plânctons podem alterar a estrutura e ocupação dos animais bentônicos das praias (Frost *et al.*, 2004).

8.2 Diferenças entre estágios reprodutivos

A atividade de locomoção, potência e velocidade em crustáceos são diferenciados nos estágios reprodutivos (fêmeas ovígeras e não-ovígeras), estágios de desenvolvimento (larva, juvenil ou adulto) e nos gêneros (Koga *et al.*, 2001; Lochhead, 1961).

O ponto chave para adaptação de muitas espécies as praias arenosas é a habilidade para enterrar-se rapidamente no substrato não consolidado (Lastra *et al.*, 2002) Crustáceos da família Hippidae enterram-se extremamente rápido em todos os tipos de praias. A velocidade de escavação, em média, oscila em uma taxa de 1 cm/s, altíssima quando comparada com outros animais escavadores que atingem média de 0,25 cm/s (Trueman, 1970).

Animais escavadores, componentes da macrofauna, diferem em eficiência e tempo de enterramento de acordo com o tamanho (Randall *et al.*, 2000; Faulkes e Paul, 1997a) Animais menores põem-se em movimento e param abruptamente no princípio e fim de um esforço, exercendo uma contínua velocidade e força. Ao passo que indivíduos maiores aceleram mais lentamente após o início da locomoção e diminuem mais gradualmente conforme a locomoção termina; nesta situação os animais maiores devem apresentar maior latência de locomoção (Randall *et al.*, 2000; Faulkes e Paul, 1997a,b). Faulkes e Paul

(1997a), pesquisando *E. analoga* constatou que a espécie diminui a velocidade de entrada e saída do substrato arenoso quando aumenta o tamanho corporal do animal. No entanto em nosso estudo para a *E. brasiliensis* esta relação entre tamanho e enterramento não foi confirmada. Os animais maiores enterraram-se mais rapidamente. Fêmeas ovígeras e não-ovígeras apresentaram maior eficiência no comportamento de escape por enterramento. A latência de escape não diferiu entre os machos e as demais fêmeas, mas o BRI foi maior para fêmeas ovígeras.

O índice da taxa de enterramento (BRI) é uma medida da eficiência do comportamento de escavar da macrofauna litorânea (Dorgan *et al.*, 2006; Dugan *et al.*, 2000). Este índice está diretamente associado com o tamanho e massa corporal dos animais e inversamente com a latência de escape (Dugan *et al.*, 2000).

Em tatuíras o BRI indica a maior eficiência do comportamento de escape para as fêmeas ovígeras. As fêmeas mesmo possuindo latência de escape igual aos machos, tiveram que suprir a desvantagem do seu tamanho. Está adaptação no enterramento pode ser uma ligação com o valor adaptativo da espécie, já que fêmeas são mais conspícuas e vulneráveis para as pressões do ambiente (Delgado e Defeo, 2006; Defeo e Cardoso, 2002). Elas necessitam contrapor esta desvantagem adotando estratégias que aumentem o valor adaptativo sem impor restrições, como observamos nos resultados deste estudo.

As tatuíras possuem estratégias mistas de história de vida, são indivíduos com estratégias *k* (reprodução contínua, com menor número de descendentes e iteroparidade) e *r* (única reprodução, grande quantidade de descendentes e semelparidade), diferenciadas pela latitude de distribuição (Delgado e Defeo, 2006). Nas praias em latitudes maiores a tatuíra adota a estratégia *k*. Esta situação impõe que as fêmeas alterem o comportamento de escape resguardado para futura reprodução e assim aumentando o *fitness* darwiniano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pesquisas realizadas nas praias urbanizadas de Bombinhas, Garopaba e preservada de Siriú demonstraram uma possível influência direta e/ou indireta da ação humana nas características ambientais, em detrimento da uma espécie de crustáceo comum. As alterações foram na morfologia, na abundância relativa e no comportamento das tatuíras. Nestes distintos ambientes os humanos podem ser considerados predadores e/ou depredadores.

As perturbações urbanas afetam a abundância, composição, estrutura, crescimento, fecundidade, reprodução e mortalidade da fauna costeira (Siemens *et al.*, 2001; Lercari e Defeo, 1999). Ao nível de população as tatuíras foram afetadas pela abundância e pelo tamanho. Individualmente houve uma alteração no comportamento e na fisiologia das categorias reprodutivas.

Artrópodes de praias arenosas incluem espécies com ampla distribuição geográfica. Uma característica geral destas espécies é a plasticidade comportamental, a qual tem sido considerada o fator chave na sobrevivência e evolução da macrofauna litorânea (Fallaci *et al.*, 1999). Apesar da alta plasticidade e da abundância de *Emerita brasiliensis* no litoral sul brasileiro, o nosso estudo demonstrou que em praias urbanizadas há uma alteração na ecologia comportamental de tatuíras que pode comprometer a morfologia e a capacidade de defesa de predadores. A poluição e a urbanização têm sido pouco consideradas na alteração do comportamento de invertebrados. Nosso estudo contribui para o conjunto de estudos emergentes nesta área, demonstrando que o impacto da urbanização é sub-avaliado na ecologia comportamental de invertebrados.

Em particular, sendo a tatuíra considerada uma espécie chave na cadeia alimentar da macrofauna litorânea, seria muito interessante que estudos complementares de longo prazo pudessem ser realizados para avaliar o impacto nas espécies dependentes (predadoras) de *E. brasiliensis*. Estes estudos podem contribuir para não somente entender o impacto desta espécie de crustáceo na ecologia de intermaré, mas também consolidar o papel de *E. brasiliensis* como bioindicador de áreas preservadas.

O aumento de amônia nas praias urbanizadas de Bombinhas e Garopaba, a primeira por uma ação indireta, devido o acidente de um efluente e esgoto, e o segundo diretamente pela forte e constante presença humana, parecem ter modificado a estratégia para sua sobrevivência. Em Bombinhas observou-se a diminuição da população e dos animais maiores no local do acidente. A mesma situação já havia sido registrada por Lercari e Defeo (1999)

em praias urbanizadas do Uruguai. No entanto na praia de Garopaba, comparada a Siriú, os animais adotaram comportamento de escape diferente e o tamanho da população com maior influência humana foi menor. Situação semelhante já foi verificada para a meiofauna sobre a influência do turismo (Gheskiere *et al.*, 2005)

Atentou-se ao fato, que na praia de Garopaba onde a ação antrópica foi direta, houve aumento também dos outros fatores físico-químicos. Porém, nem a amônia muito menos os demais elementos ultrapassaram o limiar de sobrevivência das tatuíras.

Estas contra-estratégias em resposta ao ambiente modificado só vem reforçar a plasticidade ecológica e comportamental da *E. brasiliensis*. Na situação do acidente do efluente de esgoto, os animais maiores, mais independentes do fluxo e refluxo das correntes intermaré, parecem sair da área indo para a porção mais profunda da parte submersa das praias ou se deslocando para outras praias, como observamos com a diminuição acentuada da densidade populacional. Fêmeas que apresentam diferenças não só morfológicas como fisiológicas (Gunamalai *et al.*, 2004), parecem ter adquirido a capacidade de maior capacidade de locomoção, pelo maior tamanho, para poder se contrapor ao custo do cuidado parental e da maior atratividade como presa. Sugerimos que as fêmeas se contrapõem a esta extrema variação com a fuga para as partes mais profundas da praia, onde a instabilidade é menor.

Na praia de Garopaba o comportamento de escape é o principal fator alterado. Os animais se tornaram mais lentos. Esta constatação poder ser uma resposta as mudanças abióticas e bióticas do ambiente das atividades humanas neste habitat.

As diferenças encontradas no número de animais maiores (fêmeas ovígeras e não-ovígeras) e comportamentos revelam a grande capacidade de adaptação que estes animais possuem para garantir o sucesso reprodutivo individual (Delgado e Defeo, 2006; Contreras *et al.*, 1999).

O humano predador, caracterizado como o individuo que obtêm seus recursos pelo consumo de outros organismos, beneficiando-se com custo, em algumas circunstâncias, da redução do crescimento, da fecundidade e sobrevivência de sua presa. Pode-se assim reconhecer dois tipos de predador humano: o típico, que caça e se alimenta; e o atípico, aquele que interrompe por suas ações direta ou indireta o ciclo vital da presa (Townsend *et al.*, 2006).

A partir desta definição verifica-se que o homem pode estar agindo como predador na praia de Garopaba, alterando indiretamente a história de vida dos animais. No entanto as tatuíras respondem a este impacto com as adaptações de distribuição e de comportamento.

Estes animais seguem o principio “vida-alimento”, presas que perdem a corrida armamentista deste duelo, perdem não só a sua chance de reprodução, mas também a vida

enquanto que predadores perdem apenas uma refeição, e mesmo assim, têm chances de reproduzirem (Krebs e Davies, 1996). Desta forma a *E. brasiliensis* evita a desconfiguração ambiental pelo homem com estratégias diferentes para cada estágio reprodutivo.

No caso das fêmeas ovígeras ou não-ovígeras, o tamanho e a conspicuidade podem atrair mais predadores. Em contrapartida, elas alteram o comportamento de escape, como foi observado na comparação entre em Siriú e Garopaba, onde as fêmeas ovígeras se mostraram mais eficientes no escape, diminuindo a otimização do forrageio de seus predadores.

O estudo foi condizente com as hipóteses. Ocorreram diferenças na latência de escape entre as categorias reprodutivas: machos, fêmeas ovígeras e fêmeas não-ovígeras. Animais escaparam mais rápido em ambientes mais preservados, refletindo a ação humana sobre o sujeito de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMS, P.A. Adaptive responses of predators to prey and prey to predators: The failure of the arms-race analogy. **Evolution**, v.40, n.6, p.1229-1247. 1986.

ABRAMS, P.A. Predators that benefit prey and prey that harm predators: unusual effects of interacting foraging adaptation. **The American Naturalist**, v.140, n.4, p.573-600. 1992.

ABRAMS, P.A. The evolution of predator-prey interactions: theory and evidence. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.31, p.79-105. 2000.

ABRAMS, P.A., MATSUDA, H. Prey adaptations as a cause of predator-prey cycles. **Evolution**, v.51, n.6, p.1742-1750. 1997.

ABRAMS, P.A., ROWE, L. The effects of predation on the age and size of maturity of prey. **Evolution**, v.50, n.3, p.1052-1061. 1996.

ALCOCK, J. **Animal Behavior**. 7ed. Massachusetts: Sinauer, 2001. 564 pp.

BARRON, M. G., PODRABSKY, T., OGLE, R. S., DUGAN, J. E., FLICKER, R. W. Sensitivity of the Sand Crab *Emerita analoga* to a Weathered Oil. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v.62, p.469-475. 1999.

BARROS, F. Ghost crabs as a tool for rapid assessment of human impacts on exposed sandy beaches. **Biological Conservation**, n.97, p.399-404. 2001.

BAUWENS, D., THOEN, C. Escape tactics and vulnerability to predation with reproduction in the lizard *Lacerta vivipara*. **The Journal of Animal Ecology**, v.50, n.3, p.733-743. 1981.

BRACH, G. M. Competition between marine organisms: ecological and evolutionary implications. **Oceanography and Marine Biology Annual Review**, v.22, p.429-593. 1984.

BRAZEIRO, A. Geomorphology induces life history changes in invertebrates of sandy beaches: the case of the mole crab *Emerita analoga* in Chile. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, n. 85, p. 113-120. 2005.

BRAZEIRO, A., DEFEO, O. Macroinfauna zonation in microtidal sandy beaches: is it possible to identify patterns in such variable environments? **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, n. 46, p. 523-536. 1996.

BURGER, J., GOCHFELD, M. Human activity influence and diurnal and nocturnal foraging of sanderlings (*Calidris alba*). **Condor**, v.93, p.259-265.1991.

BROWN, A.C., MCLACHLAN, A. Sandy shore ecosystems and the threats facing them: some predictions for the year 2025. **Environmental Conservation**, n. 29, v. 1, p. 62 – 77. 2002.

BURGGREN, W., ROBERTS, J. Respiration and metabolism. *In*: PROSSER, C.L. (ed.) **Environmental and Metabolic Animal Physiology**, Wiley-Liss: New York. 1991. 578p.

CALADO, R., NOGUEIRA, N., SANTOS, A. Extended parental care in a hermit crab of the genus *Calcinus* (Anomura: Diogenidae). **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, n.86, p.121-123. 2006.

CALADO, T.S. Biogeografia dos Hippoidea no Atlântico (Crustacea: Decapoda) com ênfase ao Brasil. **Boletim de Estudos de Ciência do Mar**, n.10, p.83-85. 1998.

CALADO, T.S. Redescrição do gênero *Emerita* SCOPOLLI, 1777 e as espécies brasileiras (Decapoda, Anomura, Hippidae). **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v.21, p.263-290. 1990.

CARDOSO, R.S. Behavioural strategies and surface activity of the sandhopper *Pseudorchestoidea brasiliensis* (Amphipoda: Talitridae) on a Brazilian beach. **Marine Biology**, n.141, p.167–173. 2002.

CHEN, M-H., CHEN, C-Y., CHOU, H-Y., WEN, T-C. Gender and size effects of metal bioaccumulation on the rock crab, *Thalamita crenata*, in Dapeng Bay, Southwestern Taiwan. **Marine Pollution Bulletin**, v. 50, p. 463-484. 2005.

COELHO, P.A., TENÓRIO, D.O., RAMOS-PORTO, M., MELLO, R.S. A fauna bêntica do estado de Pernambuco *In*: ESKINAZI-LEÇA, E., NEUMANN-LEITÃO, S., COSTA, M.F. **Oceanografia: um cenário tropical**. Recife: Bagaço, 2004. 761 p.

CONTRERAS, H., DEFEO, O., JARAMILLO, E. Life history of *Emerita analoga* (STIMPSON) (Anomura, Hippidae) in a sandy beach of south central Chile. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.48, p.101-112. 1999.

COSTA, M.F., ARAUJO, M.B., CHAGAS, A.O., SANT`ANNA, N., SOUZA, S.T. Poluição. *In*: ESKINAZI-LEÇA, E., NEUMANN-LEITÃO, S., COSTA, M.F. **Oceanografia: um cenário tropical**. Recife: Bagaço, 2004. 761 p.

COTHRAN, R. D. Precopulatory mate guarding affects predation risk in two freshwater amphipod species. **Animal Behaviour**, n.68, p.1133–1138. 2004.

CRUSE, H. What mechanisms coordinate leg movement in walking arthropods? **Trends Neuroscience**, n.13, p.15-21. 1990.

CUBIT, J. Behavior and physical factors causing migration and aggregation of the Sand Crab *Emerita analoga* (Stimpson). **Ecology**, v.50, n.1, p.118-123. 1969.

DAWKINS, R., KREBS, J.R. Arms races between and within species. **Proceedings of the Royal Society of London, Series B**, v.205, p.489-511. 1979.

DEFEO, O., De ALAVA, A. Effects of human activities on long-term trends in sandy beach populations: the wedge clam *Donax hanleyanus* in Uruguay. **Marine Ecology**, n.123, p.73–82. 1995.

DEFEO, O., BRAZEIRO, A. de ALAVA, A., RIESTRA, G. Is sandy beach macrofauna only physically controlled? Role of substrate and competition in Isopods. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, n. 45, p. 433-462. 1997.

DEFEO, O., CARDOSO, R.S. Latitudinal patterns in abundance and life-history traits of the mole *Emerita brasiliensis* on South American sandy beaches. **Diversity and Distributions**, n. 10, p. 89-98. 2004.

DEFEO, O., CARDOSO, R.S. Macroecology of population dynamics and life history traits of the mole crab *Emerita brasiliensis* in Atlantic sandy beaches of South America. **Marine Ecology Progress Series**, n.239, p.169-179. 2002.

DEFEO, O., JARAMILLO, E., LYONNET, A. Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna on the Atlantic Coast of Uruguay. **Journal of Coastal Research**, v.8, p.830– 839. 1992.

DE LA HUZ, R., LASTRA, M., JUNOY, J., CASTELLANOS, C., VIÉITEZ, J. M. Biological impacts of oil pollution and cleaning in the intertidal zone of exposed sandy beaches: Preliminary study of the “Prestige” oil spill. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.65, p. 19-29. 2005.

DELGADO, E., DEFEO, O. A complex sexual cycle in sandy beaches: the reproductive strategy of *Emerita brasiliensis* (Decapoda: Anomura). **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 86, p. 361-368. 2006.

DE TROCH, M., HOUTHOOFD, L., CHEPURNOV, V., VANREUSEL, A. Does sediment grain size affect diatom grazing by harpacticoid copepods? **Marine Environmental Research**, v.61, p.265–277. 2006.

DORGAN, K.M., JUMARS, P.A., JOHNSON, B.D., BOUDREAU, B.P. Macrofaunal burrowing: the medium is the message. **Oceanography and Marine Biology: An Annual Review**, v.44, p.85-121, 2006.

DUGAN, J.E., HUBBARD, M. LASTRA. Burrowing abilities and swash behavior of three crabs, *Emerita analoga* Stimpson, *Blepharipoda occidentalis* Randall, and *Lepidopa californica* Efford (Anomura, Hippoidea), of exposed sandy beaches. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, n. 225, p. 229-245. 2000.

DUGAN, J. E., JARAMILLO, E., HUBBARD, D.M., CONTRERAS, H., DUARTE, C. Competitive interactions in macroinfaunal animals of exposed sandy beaches. **Oecologia**, n.139, p. 630–640. 2004.

EFFORD, I.E. Aggregation in the Sand Crab, *Emerita analoga* (Stimpson). **Journal of Animal Ecology**, v.34, n.1, p.63-75. 1965.

EFFORD, I.E. Distribution of the Sand Crabs in the genus *Emerita* (Decapoda, Hippidae). **Crustaceana**, v.30, n.2, p.169-183. 1976.

FALLACI, M., ALOIA, A., AUDOGLIO, M., COLOMBINI, I., SCAPINI, F., CHELAZZI, L. Differences in behavioural strategies between two sympatric Talitrids (Amphipoda) inhabiting an exposed sandy beach of the French Atlantic Coast. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.48, p.469–482. 1999.

FARALLONES MARINE SANCTUARY ASSOCIATION. **Sandy beach monitoring project: Teacher handbook**. São Francisco: EUA, 2002. 63p.

FAULKES, Z. Loss of escape responses and giant neurons in the tailflipping circuits of slipper lobsters, *Ibacus* spp. (Decapoda, Palinura, Scyllaridae). **Arthropod Structure and Development**, n.33, p.113–123. 2004.

FAULKES, Z., PAUL, D.H. Digging in sand crabs (Decapoda, Anomura, Hippoidea): Interleg coordination. **Journal of Experimental Biology**, n.200, p.793-805. 1997a.

FAULKES, Z., PAUL, D.H. Coordination between the legs and tail during digging and swimming in sand crabs. **Journal of Comparative Physiology A**, n.180, p.161-169. 1997b.

FEDER, H. M. Escape responses in marine invertebrates. **Scientific American**, v.227, n.1, p.93-100. 1972.

FERDIN, M.E., KVITEK, R. G., BRETZ, C. K., POWELL, C. L., DOUCETTE, G. J., LEFEBVRE, K. A., COALE, S., SILVER, M.W. *Emerita analoga* (Stimpson) - possible new indicator species for the phycotoxin domoic acid in California coastal waters. **Toxicon**, n. 40, p.1259–1265. 2002.

FREITAS-RABELO, M., RODRIGUEZ, E. M., SANTOS, E. A., ANSALDO, M. Histopathological changes in gills of the estuarine crab *Chasmagnathus granulata* (Crustacea-Decapoda) following acute exposure to ammonia. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C**, v.125, p. 157-164. 2000.

FROST, M.T., ATTRILL, M. J., ROWDEN, A. A., FOGGO, A. Abundance - occupancy relationships in macrofauna on exposed sandy beaches: patterns and mechanisms. **Ecography**, v. 27, p.643-649. 2004.

FUTUYMA, D. J. **Biologia Evolutiva**. 2 ed. São Paulo: FUNPEC, 2002. 631 p.

GHESKIERE, T., VINCX, M., WESLAWSKI, J. M., SCAPINI, F., DEGRAER, S. Meiofauna as descriptor of tourism-induced changes at sandy beaches. **Marine Environmental Research**, n.60, p.245-265. 2005.

GORMSEN, E. The impact of tourism on coastal areas. **GeoJournal**, v.42, n.1, p.39–54. 1997.

GUNAMALAI, V. KIRUBAGARAN, R., SUBRAMONIAM T. Hormonal coordination of molting and female reproduction by ecdysteroids in the mole crab *Emerita asiatica* (Milne Edwards). **General and Comparative Endocrinology**, n.138 p.128–138. 2004

HARDY, R.N. **Temperatura e vida animal**. São Paulo: EPU, 1981. 91p.

HEMMI, J.M. Predator avoidance in fiddler crabs: 1. Escape decisions in relation to the risk of predation. **Animal Behaviour**, n.69, p.603–614. 2005.

HOFFMANN, A.R., PARSONS, P.A. **Evolutionary Genetics and Environmental Stress**. Oxford: Oxford University Press, 1991. 284p.

HUBBARD, D.M., DUGAN, J.E. Shorebird use of an exposed sandy beach in southern California. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, n. 58S, p. 41-54. 2003.

HUNGIE, D.M. A waiting game between the black-bellied plover and its fiddler crab prey. **Animal Behaviour**, v.67, p.823-831. 2004.

HUNTER, C.M, HADDON, M, SAINSBURY, K.J. Use of fishery-dependent data for the evaluation of depensation: case study involving the predation of rock lobster (*Jasus edwardsii*) by octopus (*Octopus maorum*). **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, v.39, n. 2, p. 455-469. 2005.

IRIBARNE, O. O., MARTINEZ, M. M. Predation on the southwestern atlantic fiddler crab (*Uca uruguayensis*) by migratory shorebirds (*Pluvialis dominica*, *P. squatarola*, *Arenaria interpres*, and *Numenius phaeopus*). **Estuaries**, v.22, n.1, p. 47-54. 1999.

JARAMILLO, E., DUGAN, J., CONTRERAS, H. Abundance, tidal movement, population structure and burrowing rate of *Emerita analoga* (Anomura, Hippidae) at a dissipative and a reflective sandy beach in South Central Chile. **Marine Ecology**, v.21, n.2, p.113-127. 2000.

JARAMILLO, E., MCLACHLAN, A. Community and population responses of the macroinfauna to physical factors over a range of exposed sandy beaches in south-central Chile. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. n. 37, p.615-624. 1993.

JORMALAINEN, V. Precopulatory mate guarding in crustaceans: male competitive strategy and intersexual conflict. **Quarterly Review of Biology**, n.73, p.275–304. 1998.

KENNEDY, F., NAYLOR, E., JARAMILLO, E. Ontogenetic differences in the circadian locomotor activity rhythm of the talitrid amphipod crustacean *Orchestoidea tuberculata*. **Marine Biology**, n.137, p.511-517. 2000.

KILLIAN, K. A., SNELL, A. M., MARELL, L. R., CRIST, T. O. Suppression of escape behaviour during mating in the cricket *Acheta domesticus*. **Animal Behaviour**, n.72, p.487-502. 2006.

KOGA, T., BACKWELL, P.R., CHRISTY, J.H., MURAI, M., KASUYA, E. Male-biased predation of a fiddler crab. **Animal Behaviour**, n.62, p.201-207. 2001.

KOO, J-G., KIM, S-G., JEE, J-H., KIM, J-M., BAI, S.C., KANG, J-C. Effects of ammonia and nitrite on survival, growth and moulting in juvenile tiger crab, *Orithyia sinica* (Linnaeus). **Aquaculture Research**, n.36, p.79-85. 2005.

KREBS, J.R. Optimal Foraging - Theory and Experiment. **Nature**, v.268, n. 5621, p. 583-584. 1977.

KREBS, J.R., DAVIES, N.B. **Introdução à ecologia comportamental**. São Paulo: Atheneu editora, 1996. 420 p.

LAGERSPETZ, K.H., VAINIO, L.A. Thermal behaviour of crustaceans. **Biological Review**, p.1-22. 2006.

LASTRA, M., DUGAN, J.E., HUBBARD, D.M. Burrowing and swash behavior of the Pacific mole crab, *Hippa pacifica* (Anomura, Hippidae) on tropical sandy beaches. **Journal of Crustacean Biology**, v.22, p.53-58. 2002.

LASTRA, M., JARAMILLO, E., LOPEZ, J., CONTRERAS, H., DUARTE, C., RODRIGUEZ, G. Population abundances, tidal movement, burrowing ability and oxygen uptake of *Emerita analoga* (Stimpson) (Crustacea, Anomura) on a sandy beach of south-central Chile. **Marine Ecology**, v.25, n.1, p.71-89. 2004.

LERCARI, D., DEFEO, O. Effects of freshwater discharge in sandy beach populations: the mole crab *Emerita brasiliensis* in Uruguay. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, n. 49, p. 457-468. 1999.

LERCARI, D., DEFEO, O. Variation of a sandy beach macrobenthic community along a human-induced environmental gradient. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, n.58S, p. 17-24. 2003.

LIMA, S. L. Ecological and evolutionary perspectives on escape from predatory attack: a survey of North American birds. **Wilson Bulletin**, n.105, p.1-47. 1993.

LOCHHEAD, J. H. Locomotion. *In*: WATERMAN, T. H. **The physiology of crustacea - volume II**. Londres: Academic Press, 1961. 681 p.

MANNING, A. **Introdução ao comportamento animal**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1977. 354p.

MATTINGLY, W. B., JAYNE, B. C. The choice of arboreal escape paths and its consequences for the locomotor behaviour of four species of *Anolis lizards*. **Animal Behaviour**, n.70, p.1239-1250. 2005.

MCGAW, I. J. Burying behaviour of two sympatric crab species: *Cancer magister* and *Cancer productus*. **Scientia Marina**, v.69, n.3, p.375-381. 2005.

MCGAW, I. J. Impacts of habitat complexity on physiology: purple shore crabs tolerate osmotic stress for shelter. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, n.53, p.865-876. 2001.

MCLACHLAN, A., YOUNG, N. Effects of low temperature on the burrowing rates of four sandy beach molluscs. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.65, p.275-284.1982.

MINER, B.G., SULTAN, S.E., MORGAN, S.G., PADILLA, D.K., RELYEA, R.A. Ecological consequences of phenotypic plasticity. **Trends in Ecology and Evolution**, v.20, n.12, p.22-25. 2005.

NEIL, L. I., FOTEDAR, R., SHELLEY, C. C. Effects of acute and chronic toxicity of unionized ammonia on mud crab, *Scylla serrata* (FORSKÅL, 1755) larvae. **Aquaculture Research**, v.36, p. 927-932. 2005.

ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. 7 ed. Lisboa: Fundação Colouste Gulbekian, 2004. 927 p.

PÉREZ, D. Mercury levels in mole crabs *Hippa cubensis*, *Emerita brasiliensis*, *E. portoricensis*, and *Lepidopa richmondi* (Crustacea: Decapoda: Hippidae) from a Sandy Beach at Venezuela. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**. n. 63, p. 320-326. 1999.

PETRACCO, M., VELOSO, V.G., CARDOSO, R.S. Population dynamics and secondary production of *Emerita brasiliensis* (Crustacea: Hippidae) at Prainha beach, Brazil. **Marine Ecology**, v.24, n.3, p.231-245. 2003.

POERSCH, L., CAVALLI, R. O., WASIELESKY, W. J., CASTELLO, J.P., PEIXOTO, S.M. Perspectivas para o desenvolvimento dos cultivos de camarões marinhos no estuário da Lagoa dos Patos, RS. **Ciência Rural**, v.36, n.4, p.1337-1343. 2006.

PÖRTNER, H. O. Environmental and functional limits to muscular exercise and body size in marine invertebrate athletes. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A**, n.133, p.303–321. 2002.

POWELL, C. L., FERDIN, M. E., BUSMAN, M., KWITEK, R. G., DOUCETTE, G. J. Development of a protocol for determination of domoic acid in the sand crab (*Emerita analoga*): a possible new indicator species. **Toxicon**, v.40, p. 485-492. 2002.

PRIMACK, R.B., RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina, 2001. 328p.

PROSSER, L., HEATH, J. Temperature. *In*: PROSSER, L. **Environmental and Metabolic Animal Physiology**. 4 ed. New York: Wiley-Liss, 1991. 578p.

QUINN, J. L., CRESSWELL, W. Escape response delays in wintering redshank, *Tringa totanus*, flocks: perceptual limits and economic decisions. **Animal Behaviour**, n.69, p.1285-1292. 2005.

RANDALL, D., BURGGREN, W., FRENCH, K. **Eckert - Fisiologia Animal: mecanismos e adaptações**. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. 729 p.

RE, A. D., DIAZ, F., SIERRA, E. Effect of salinity and temperature on thermal tolerance of brown shrimp *Farfantepenaeus aztecus* (Ives) (Crustacea, Penaeidae). **Journal of Thermal Biology**, v.30, p. 618–622. 2005.

RIBEIRO, P. D., IRIBARNE, O.O., DALEO, P. The relative importance of substratum characteristics and recruitment in determining the spatial distribution of fiddler crab *Uca uruguayensis* NOBILI. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. n. 314, p. 99-111. 2005.

RIBEIRO, P.D., IRIBARNE, O. O., NAVARRO, D., JAUREGUY, L. Environmental heterogeneity, spatial segregation of prey, and the utilization of southwest Atlantic mudflats by migratory shorebirds. **Ibis**, n.146, p.672–68. 2004.

RICKLEFS, R.E. **A economia da natureza**, 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 503 p.

ROBERTS, C. M., HAWKINS, J. P. Extinction risk in the sea. **Tree**, v.14, n.6. 1999.

RODGERS, J. A. The foraging behavior of Gray Gulls at a sandy beach. **Wilson Bulletin**, n. 99, v.2, p. 271-273. 1987.

ROME, M. S., YOUNG-WILLIAMS, A. C., DAVIS, G. R., HINES, A. H. Linking temperature and salinity tolerance to winter mortality of Chesapeake Bay blue crabs (*Callinectes sapidus*). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. n. 319, p. 129-145. 2005.

RUPERT, E. E., FOX, R.S., BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva**, 7 ed. São Paulo: Roca, 2005.

SAGARIN, R. D., GAINES, S. D. Geographical abundance distributions of coastal invertebrates: using one-dimensional ranges to test biogeographic hypotheses. **Journal of Biogeography**, v.29, p.985–997. 2002.

SCAPINI, F., AUDOGLIO, M., CHELAZZI, L., COLOMBINI, I., FALLACI, M. Astronomical, landscape and climatic factors influencing oriented movements of *Talitrus saltator* in nature. **Marine Biology**, v.128, p.63-72.1997.

SCAPINI, F., BUIATTI, M., MATTHAEIS, E., MATTOCCIA, M. Orientation behaviour and heterozygosity of sandhopper populations in relation to stability of beach environments. **Journal of Evolutionary Biology**, n.8, p.43-52. 1995.

SCHALL, J.J., PIANKA. E.R. Evolution of escape behavior diversity. **The American Naturalist**, v.115, n.4, p.551-566. 1980.

SCHOEMAN, D. S., MCLACHLAN, A., DUGAN, J.E. Lessons from a disturbance experiment in the intertidal zone of an exposed sandy beach. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.50, p.869–884. 2000.

SIEMENS, R. A., MUDGE, S. M., CANCINO, J. M. The effect of physical and chemical parameters on the macroinfaunal community structure of San Vicente bay, Chile. **Revista Chilena del Historia Natural**, v.74, n.2, p.1-22. 2001.

SNODGRASS, R. E. The sand crab *Emerita talpoida* (Say) and some of its relatives. **Smithsonian Miscellaneous Collections**, v.117, n.8, 33-65 p. 1952.

SVENSSON, J.E. Predation risk increases with clutch size in a copepod. **Functional Ecology**, v.9, n.5, p.774-777. 1995.

TANKERSLEY, R. A., WIEBER, M. C., SIGALA, M. A., KACHURAK, K. A. Migratory behavior of ovigerous blue crabs *Callinectes sapidus*: evidence for selective tidal-stream transport. **Biological Bulletin**, n.195, p.168- 173. 1998.

THOMAS, K., KVITEK, R. G., BRETZ, C. Effects of human activity on the foraging behavior of sanderlings *Calidris alba*. **Biological Conservation**, n.109.p.67–71. 2003.

TOWNSEND, C. R., BEGON, M., HARPER, J.L. **Fundamentos em ecologia**, 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 592 p.

TRUEMAN, E. R. The mechanism of burrowing of the mole crab, *Emerita*. **Journal of Experimental Biology**, n.53, p.701-710. 1970.

UNITED STATES OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Ammonia (Sea Water)**. Washington, DC, 1989. 67p.

VEASEY, J. S., HOUSTON, D. C., METCALFE, N. B. A hidden cost of reproduction: the trade-off between clutch size and escape take-off speed in female zebra finches. **Journal of Animal Ecology**, n.70, p.20–24. 2001.

VELOSO, V. G., CAETANO, H. S., CARDOSO, R. S. Composition, structure and zonation of intertidal macroinfauna in relation to physical factors in microtidal sandy beaches in Rio de Janeiro state, Brazil. **Scientia Marina**, v.67, n.4, p.393-402. 2003.

VELOSO, V. G., CARDOSO, R. S. Population biology of the mole crab *Emerita brasiliensis* (Decapoda: Hippidae) at Urca beach, Brazil. **Journal of Crustacean Biology**, n.19, 147–153. 1999.

VELOSO, V. G., SILVA, E. S. CAETANO, H. S. CARDOSO, R. S. Comparison between the macroinfauna of urbanized and protected beaches in Rio de Janeiro state, Brazil. **Biological Conservation**. v. 127, n. 4, p. 510-515. 2006.

VELOSO, V. G., VALENTIN, J. L. Larval distribution and seasonal abundance of *Emeita brasiliensis* SCHMITT, 1935 (Decapoda, Hippidae) in southern Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v.53, n.1, p.131-141. 1993.

WARMAN, C. G., ABELLO, P., NAYLOR, E. Behavioural responses of *Carcinus mediterraneus* Czerniavsky, 1884 to changes in salinity. **Scientia Marina**, n.55, p. 637–643. 1991.

WASIELESKY, W., BIANCHINI, A., SANCHEZ, C. C., POERSCH, L. H. The effect of temperature, salinity and nitrogen products on food consumption of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n.1, p.135-141. 2003.

WERNER, S. J., NOLTE, D. L., PROVENZA, F.D. Proximal cues of pocket gopher burrow plugging behavior: Influence of light, burrow openings, and temperature. **Physiology and Behavior**, n.85, p.340 – 345. 2005.

WHITELEY, N. M., TAYLOR, E. W., EL HAJ, A. J. Seasonal and latitudinal adaptation to temperature in crustaceans. **Journal of Thermal Biology**, v. 22, n.6, p. 419-427. 1997.

WIERSMA, C. G. The neuromuscular system. **The physiology of crustacea - volume II**. Londres: Academic Press, 1961. 681 p.

WILMER, P., STONE, G., JOHNSTON, I. **Environmental physiology of animals**. 2 ed. 2005. 754 p.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 4 ed. New Jersey: Prentice Hall.

ZHAO, J. H., GUO, J.Y., LAM, T. J. Lethal doses of ammonia on the late stage larvae of Chinese mitten handed crab, *Eriocheir sinensis* (H.MILNE EDWARDS), (Decapoda: Grapsidae) reared in the laboratory. **Aquaculture Research**, v.29, n.9, p. 635-642. 1998.

ZHAO, Y., SUN, S. Effects of salinity, temperature and pH on the survival of the nemertean *Procephalothrix simulus* Iwata, 1952. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, n.328, p.168– 176. 2006.

ZHARIKOV, Y., SKILLETER, G. A. Potential interactions between humans and non-breeding shorebirds on a subtropical intertidal flat. **Austral Ecology**, v. 29, p.647–660. 2004.

ZHUANG, S. Influence of salinity, diurnal rhythm and day length on feeding in *Laternula marilina* REEVE. **Aquaculture Research**, v.36, p.130-136. 2005.