



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR (LABOMAR)  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

FELIPE BEZERRA RIBEIRO

ECOLOGIA E BIOLOGIA REPRODUTIVA DE DUAS ESPÉCIES DE  
CARANGUEJOS-ERMITÕES (DECAPODA: ANOMURA:  
DIOGENIDAE): UMA ABORDAGEM LATITUDINAL

FORTALEZA

2013

FELIPE BEZERRA RIBEIRO

ECOLOGIA E BIOLOGIA REPRODUTIVA DE DUAS ESPÉCIES DE  
CARANGUEJOS-ERMITÕES (DECAPODA: ANOMURA:  
DIOGENIDAE): UMA ABORDAGEM LATITUDINAL

Dissertação submetida à Coordenação do  
Curso de Pós-Graduação em Ciências  
Marinhas Tropicais, da Universidade  
Federal do Ceará, como requisito parcial  
para a obtenção do grau de Mestre em  
Ciências Marinhas.

Orientador: Prof. Dr. Luis Ernesto Arruda  
Bezerra

FORTALEZA-CE

2013

FELIPE BEZERRA RIBEIRO


ECOLOGIA E BIOLOGIA REPRODUTIVA DE DUAS ESPÉCIES DE  
CARANGUEJOS-ERMITÕES (DECAPODA: ANOMURA:  
DIOGENIDAE): UMA ABORDAGEM LATITUDINAL

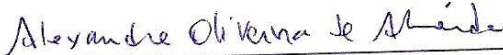
Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, LABOMAR – Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais, área de concentração em Utilização e Manejo de Ecossistemas Marinhos e Estuarinos.

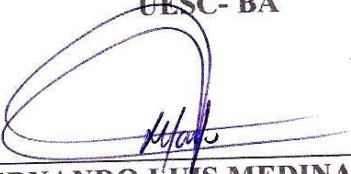
Aprovada em, 15/02/2012

BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Dr. LUIS ERNESTO ARRUDA BEZERRA  
(Orientador)  
UFERSA

  
Prof. Dra. HELENA MATTHEWS CASCON  
Co-orientadora  
Universidade Federal do Ceará - UFC

  
Prof. Dr. ALEXANDRE OLIVEIRA DE ALMEIDA  
UESC- BA

  
Prof. Dr. FERNANDO LUIS MEDINA MANTELATTO  
USP

Aos meus orientadores Helena Matthews-Cascon e Luis Ernesto.

À minha mãe.

Aos ermitões.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu grande orientador, o Professor Dr. Luis Ernesto Arruda Bezerra pelo grande incentivo e determinação pelo estudo dos crustáceos decápodos, pela confiança de me orientar e pelo grande amigo que é acima de tudo.

À minha primordial orientadora, a Professora Dra. Helena Matthews-Cascon, pela sua grande empolgação e ótimo bom humor todos os dias no laboratório. Por ser sempre essa “mãezona” que ela é com seus orientandos.

Ao Professor Dr. Fernando Mantelatto por dar a idéia desse projeto, pelo envio do material e por todas as dúvidas e conselhos que ele me deu durante esses dois anos de mestrado.

Ao Professor Dr. Alexandre de Almeida por aceitar participar da minha banca de defesa e pelas grandes contribuições que ele dará ao final desse processo.

Ao Professor Dr. Paulo Cascon por sempre dar conselhos e ensinamentos de zoologia, por sempre nos alegrar com seu bom humor e por nos supervisionar secretamente no laboratório ao entrar para tomar café.

À numerosa equipe do Laboratório de Invertebrados Marinhos do Ceará (LIMCE): Ana Karla, Andressa, Bruno Batista, Carlos, Cris, Cecili, Cecília, Ênio, Felipe de Vasconcelos, Felipe Martins, Fernanda Paes, Gabriel, Hilton, Ítala, Jessika, Jorge, Lais, Paulo Pachelle, Olga, Rafaelle, Soraya Rabay, Tamara, Victor e Yan, pelos ótimos momentos de convivência durante esses anos de trabalho.

À minha aluna de Iniciação Científica Laís Oliveira, que chegou já no finalzinho de meu trabalho, mas que me deu grande ajuda no processamento do material, além de ser uma pessoa adorável e apaixonada pelos ermitões.

À minha grande amiga Isabel Oliveira, por ter me ajudado com algumas estatísticas e por ser a uma pessoa amável em todos os momentos.

Aos meus colegas da turma 2011.1 do Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais: Hilton, Luína, Brígida, Aline, Denise, Alberto pelos momentos tensos durante a seleção e também pela ótima convivência durante as disciplinas.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR-UFC): Cristina Rocha-Barreira, Tito Lotufo, Helena Matthews-Cascon, Lidriana Pinheiro e Vânia Melo pelos grandes ensinamentos transmitidos durante as disciplinas e também em momentos extra-sala de aula.

À Profa. Dra. Ana de Fátima do departamento de Biologia da UFC, por me permitir usar seu laboratório para algumas análises de meu trabalho, e seus orientandos Terezinha e Luiz Carlos por me ajudarem nessa etapa.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Departamento de Biologia da UFC: Carla Rezende e Lorenzo Zanetti, pelos grandes conhecimentos de ecologia e estatística transmitidos e também pela oportunidade de me deixar cursar duas disciplinas de um programa de pós-graduação diferente do meu.

Ao meu amigo Bruno Matos pelo apoio fornecido durante a etapa final de meu trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), sob o Projeto CAPES – Ciências do Mar, coordenado pela Professora Dra. Cristina de Almeida Rocha-Barreira, por conferir a minha bolsa de estudos durante esse período de mestrado.

*“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando a beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante dos meus olhos”.*

*(Isaac Newton)*

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABELAS .....	xii
RESUMO GERAL .....	xiv
<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
1. Classificação .....	2
2. Caracterização das espécies em estudo .....	3
3. Aspectos bioecológicos .....	4
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>8</b>
<b>JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>13</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO I: Estratégias reprodutivas de duas espécies de caranguejos-ermitões (Anomura: Diogenidae) em latitudes diferentes do Brasil: fecundidade e esforço reprodutivo .....</b>	<b>15</b>
RESUMO .....	16
ABSTRACT .....	17
1. Introdução .....	18
2. Material e Métodos .....	20
2.1. Coleta do Material .....	20
2.2. Produção de Ovos .....	24
2.2.1. Classificação dos estágios de desenvolvimento dos ovos .....	24
2.2.2. Contagem e Mensuração das fêmeas e dos ovos .....	25
2.3. Cálculo do Esforço Reprodutivo ( <i>Reproductive Output – RO</i> ) .....	26
2.4. Análise dos dados .....	27
3. Resultados .....	28
3.1. Fêmeas ovígeras .....	28
3.1.1. <i>Clibanarius antillensis</i> .....	28
3.1.2. <i>Calcinus tibicen</i> .....	28
3.2. Produção e perda de ovos .....	29
3.2.1. <i>Clibanarius antillensis</i> .....	29
3.2.2. <i>Calcinus tibicen</i> .....	34
3.3. Esforço Reprodutivo ( <i>Reproductive Output – RO</i> ) .....	38
3.3.1. <i>Clibanarius antillensis</i> .....	38
3.3.2. <i>Calcinus tibicen</i> .....	39
4. Discussão .....	40
4.1. Fêmeas Ovígeras .....	40
4.2. Produção e perda de ovos .....	40
4.3. Esforço Reprodutivo ( <i>Reproductive Output – RO</i> ) .....	43
REFERÊNCIAS .....	45
<b>CAPÍTULO II: Caracterização da epibiose e ocupação de conchas de gastrópodes por duas espécies de caranguejos-ermitões (Anomura: Diogenidae) em diferentes latitudes do Brasil .....</b>	<b>50</b>
RESUMO .....	51
ABSTRACT .....	52
1. Introdução .....	53



2. Material e Métodos .....	55
2.1. Coleta do Material .....	55
2.2. Análises laboratoriais .....	55
2.3. Análise dos dados .....	56
3. Resultados .....	58
3.1. <i>Clibanarius antillensis</i> .....	58
3.1.1. Ocupação de conchas .....	58
3.1.2. Danos nas conchas .....	60
3.1.3. Caracterização dos epibiontes .....	61
3.2. <i>Calcinus tibicen</i> .....	64
3.2.1. Ocupação de conchas .....	64
3.2.2. Danos nas conchas .....	67
3.2.3. Caracterização dos epibiontes .....	67
4. Discussão .....	75
4.1. Ocupação de conchas .....	75
4.2. Danos nas conchas .....	76
4.3. Caracterização dos epibiontes .....	77
REFERÊNCIAS .....	80
CONCLUSÃO GERAL .....	84
APÊNDICE 1 .....	86
APÊNDICE 2 .....	87

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Exemplar da espécie de ermitão *Clibanarius antillensis* (ANOMURA: DIOGENIDAE) em laboratório ..... 7
- Figura 2.** Exemplar da espécie de ermitão *C. tibicen* (ANOMURA: DIOGENIDAE) em laboratório ..... 7
- Figura 3.** Mapa esquemático das áreas de coleta localizadas no Ceará (A – Praia da Pedra Rachada) e em São Paulo (B – Araçá, São Sebastião; C – Praia Grande, Ubatuba) ..... 21
- Figura 4.** Praia da Pedra Rachada, Paracuru, Ceará. A – Visão geral da praia, mostrando os bancos de areia e os afloramentos rochosos repletos de macroalgas; B – Pier da Petrobrás implantado na praia da Pedra Rachada; C – Currais de pesca encontrados na porção leste da praia, em meio aos afloramentos rochosos; D – Vista dos afloramentos rochosos e a diversidade algal ..... 22
- Figura 5.** Região do Araçá. A – Planície areno-lamosa exposta em maré baixa. B – Costão rochoso ..... 23
- Figura 6.** Costão rochoso da Praia Grande, Ubatuba, São Paulo, Brasil ..... 24
- Figura 7.** Figura 7: Estágios de desenvolvimento dos ovos segundo Mantelatto & Garcia (1999), evidenciando as mudanças na quantidade de vitelo e na morfologia do embrião. A – Estágio I; B – Estágio II; C – Estágio III. Cr: Cromatóforo; MC: Membrana Coriônica; O: Olho; Vi: Vitelo. .... 25
- Figura 8.** Distribuição de médias do Comprimento do Escudo Cefalotorácico (CEC) das fêmeas ovígeras do ermitão *C. antillensis* coletadas nas duas áreas de estudo (Praia da Pedra Rachada, Paracuru, Ceará; Praia do Araçá, São Sebastião, São Paulo) ..... 28
- Figura 9.** *Calcinus tibicen*. Distribuição de médias do Comprimento do Escudo Cefalotorácico (CEC) das fêmeas ovígeras coletadas nas duas áreas de estudo (Praia da Pedra Rachada, Paracuru, Ceará; Praia Grande, Ubatuba, São Paulo) ..... 29
- Figura 10.** *C. antillensis*: Fêmea ovígera e ovos aberrantes. A – Fêmea ovígera portando ovos no estágio I e ovos aberrantes em seus pleópodos; B – Ovos aberrantes evidenciando suas variações morfológicas; C e D – Ovos no estágio I e aberrantes,

evidenciando suas diferenças de coloração e morfológicas. Ab: ovos aberrantes ou infertilizados; E I: ovos no estágio I; Ple: pleópodo ..... 30

**Figura 11.** *Clibanarius antillensis*. Fecundidade nas duas áreas estudadas da costa brasileira. As regressões são baseadas nos dados logaritmizados obtidos com as fêmeas carregando ovos recém liberados (estágio I). CEC = Comprimento do Escudo Cefalotorácico, N = número de observações. A – Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) e B – Praia do Araçá (São Sebastião – SP) ..... 31

**Figura 12.** Figura 11: *Clibanarius antillensis*. Comparação entre o volume dos ovos nos três estágios de desenvolvimento das duas populações estudadas na costa brasileira nas seguintes localidades: Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) e Praia do Araçá (São Sebastião – SP). E I – Estágio I; E II – Estágio II; E III – Estágio III ..... 33

**Figura 13.** *Calcinus tibicen*. Fecundidade nas duas áreas estudadas da costa brasileira. As regressões são baseadas nos dados logaritmizados obtidos com as fêmeas carregando ovos recém liberados (estágio I). CEC = Comprimento do Escudo Cefalotorácico, N = número de observações. A – Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) e B – Praia Grande (Ubatuba – SP) ..... 35

**Figura 14.** *Calcinus tibicen*. Comparação entre o volume dos ovos nos três estágios de desenvolvimento das duas populações estudadas na costa brasileira nas seguintes localidades: Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) e Praia Grande (Ubatuba – SP). E I – Estágio I; E II – Estágio II; E III – Estágio III ..... 37

**Figura 15:** *Clibanarius antillensis*. Índice de Rendimento Reprodutivo (média e desvio padrão; baseado no peso seco) das fêmeas das duas localidades estudadas: Praia da Pedra Rachada (Paracuru – Ceará) e Praia do Araçá (São Sebastião – São Paulo)..... 38

**Figura 16:** *Calcinus tibicen*. Índice de Rendimento Reprodutivo (média e desvio padrão; baseado no peso seco) das fêmeas das duas localidades estudadas: Praia da Pedra Rachada (Paracuru – Ceará) e Praia Grande (Ubatuba – São Paulo)..... 39

**Figura 17:** Dimensões analisadas nas conchas. CAC – Comprimento da Abertura da Concha; LAC – Largura da Abertura da Concha ..... 56

**Figura 18:** Dimensão analisada nos ermitões. CEC – Comprimento do Escudo Cefalotorácico. Modificado de Melo (1999) ..... 57

- Figura 19:** Frequência de ocorrência dos epibiontes encontrados nas conchas de gastrópodos ocupadas por *C. antillensis* na Praia da Pedra Rachada e na Praia do Araçá, coletadas de Fevereiro de 2011 a Janeiro de 2012. Barras brancas = Praia do Araçá (São Sebastião – SP); Barras pretas: Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) ..... **62**
- Figura 20:** Epibiontes encontrados nas espécies de conchas de gastrópodes mais ocupadas pelo ermitão *C. antillensis* nas duas áreas estudadas. A – Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) e Praia do Araçá (São Sebastião – SP) ..... **63**
- Figura 21:** Epibiontes encontrados nas conchas de gastrópodos ocupadas por *Calcinus tibicen* na Praia da Pedra Rachada e na Praia Grande, coletadas de Fevereiro de 2011 a Janeiro de 2012. Barras brancas = Praia Grande (São Sebastião – SP); Barras pretas = Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) ..... **68**
- Figura 22:** Epibiontes encontrados nas espécies de conchas de gastrópodes mais ocupadas pelo ermitão *C. tibicen* nas duas áreas estudadas. A – Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) e Praia Grande (São Sebastião – SP) ..... **69**
- Figura 23:** Danos encontrados nas conchas de gastrópodes ocupadas pelos ermitões *Clibanarius antillensis* e *Calcinus tibicen* nas áreas abordadas neste estudo. A – Rachadura na Volta Corporal; B – Abertura Quebrada; C – Volta Corporal e Abertura quebradas; D – Danos na Espira; E – Danos no sifão e Volta Corporal quebrada ..... **72**

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1:** *Clibanarius antillensis*. Aumento do volume do ovo e perda de ovos durante o período de incubação (estágios I a III). Comparação dos dados obtidos das duas populações estudadas na costa brasileira nas seguintes localidades: Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) e Praia do Araçá (São Sebastião – SP). E I – Estágio I; E II – Estágio II; E III – Estágio III ..... **33**

**Tabela 2:** *Calcinus tibicen*. Aumento do volume do ovo e perda de ovos durante o período de incubação (estágios I a III). Comparação dos dados obtidos das duas populações estudadas na costa brasileira nas seguintes localidades: Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) e Praia do Araçá (São Sebastião – SP). E I – Estágio I; E II – Estágio II; E III – Estágio III ..... **37**

**Tabela 3:** Relação das espécies de conchas de gastrópodes e respectivas porcentagens de ocupação pelos espécimes de ermitão da espécie *Clibanarius antillensis* nas duas áreas coletadas (Praia da Pedra Rachada – CE e Praia do Araçá – SP). N = número total de indivíduos que ocupavam as conchas; FNOV = fêmeas não ovíferas; FOV = fêmeas ovíferas ..... **59**

**Tabela 4:** *Clibanarius antillensis*. Análises de Regressão para as relações entre os ermitões e as dimensões analisadas pelas principais espécies de conchas ocupadas no Ceará e em São Paulo. (N = Número de indivíduos; CEC = Comprimento do Escudo Cefalotorácico; CAC = Comprimento da Abertura da Concha; LAC = Largura da Abertura da Concha; r = Coeficiente de Correlação; t = valor do teste t de Student).  
\*Relação significativa; ns = relação não significativa ..... **61**

**Tabela 5:** Relação das espécies de conchas de gastrópodes e respectivas porcentagens de ocupação pelos espécimes de ermitões da espécie *Calcinus tibicen* coletados nas duas áreas coletadas (Praia da Pedra Rachada – CE e Praia Grande – SP). N = número total de indivíduos que ocupavam as conchas; FNOV = fêmeas não ovíferas; FOV = fêmeas ovíferas ..... **64**

**Tabela 6:** *Calcinus tibicen*. Análises de Regressão para as relações entre os ermitões e as dimensões analisadas pelas principais espécies de conchas ocupadas no Ceará e em São Paulo. (N = Número de indivíduos; CEC = Comprimento do Escudo

Cefalotorácico; CAC = Comprimento da Abertura da Concha; LAC = Largura da Abertura da Concha; r = Coeficiente de Correlação; t = valor do teste t de Student).

\*Relação significativa; ns = relação não significativa ..... **66**

**Tabela 7:** Frequências relativas de epibiontes encontrados em conchas de gastrópodes ocupadas pelos ermitões *Clibanarius antillensis* e *Calcinus tibicen* em áreas de diferentes latitudes (Ceará e São Paulo) ..... **70**

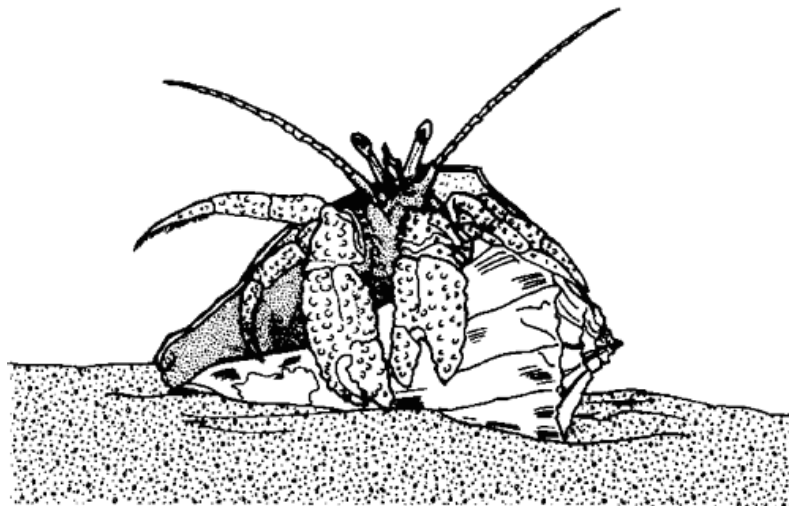
**Tabela 8:** Frequências relativas de ocorrência de danos nas diferentes regiões das conchas ocupadas pelos ermitões *Clibanarius antillensis* e *Calcinus tibicen* em áreas de diferentes latitudes (Ceará e São Paulo) ..... **71**

**Tabela 9:** Lista taxonômica e classificação dos principais epibiontes associados às conchas de gastrópodes ocupadas pelos ermitões *Clibanarius antillensis* e *Calcinus tibicen* nas áreas de estudo e localização desses organismos nas regiões da concha .... **73**

## RESUMO GERAL

### **Ecologia e biologia reprodutiva de duas espécies de caranguejos ermitões (Decapoda: Anomura: Diogenidae): uma abordagem latitudinal**

A biologia reprodutiva e a ecologia dos caranguejos-ermitões estão diretamente relacionadas ao uso das conchas de gastrópodos, pois esses reservatórios podem influenciar de várias formas a história de vida desses organismos. As conchas são substratos muito importantes que funcionam também como agentes estruturadores da comunidade de organismos epibiontes no ambiente marinho. Os ermitões apresentam uma ampla área de distribuição geográfica e a amplitude de variação dos parâmetros de sua história natural, o que torna necessário os estudos comparativos entre populações de diferentes áreas. O objetivo desse trabalho foi analisar de forma comparativa diferentes aspectos reprodutivos (fecundidade, investimento maternal nos ovos e esforço reprodutivo) e os ecológicos (ocupação de conchas e caracterização dos epibiontes associados conchas) dos ermitões *Clibanarius antillensis* e *Calcinus tibicen* em latitudes diferentes do Brasil. Exemplares desses ermitões foram coletados manualmente durante marés baixas de sizígia a cada dois meses, de Fevereiro de 2011 a Janeiro de 2012 nas seguintes localidades: Praia da Pedra Rachada (Paracuru, CE; 03°23'52" S e 39°00'47,2" O); Praia do Araçá (São Sebastião, SP, 23° 48'78, 1" S e 45 ° 24'46, 9" W) e Praia Grande (Ubatuba, SP; 23°27'98''S e 45°03'49''W). O tamanho das fêmeas ovígeras, assim como os valores de fecundidade, volume dos ovos e esforço reprodutivo foram maiores para as fêmeas das duas espécies coletadas nas localidades do estado de São Paulo. Nas fêmeas coletadas nas localidades do estado do Ceará, houve a presença de ovos anormais, de coloração esbranquiçada e morfologia variada. Esses ovos foram considerados inférteis ou aberrantes e a sua presença influenciou bastante nos parâmetros reprodutivos analisados para essas espécies, acarretando numa menor fecundidade (presença de ovos no estágio I) e esforço reprodutivo. A relação entre o tamanho das fêmeas e a produção de ovos foi significativa apenas para as populações de São Paulo. Houve alterações do volume e perda de ovos durante o desenvolvimento embrionário para as duas espécies estudadas. O volume interno médio das conchas ocupadas pelas fêmeas ovígeras dos ermitões do presente estudo foi maior para as populações de ermitões de São Paulo. A biomassa investida na produção de ovos variou entre as populações, sendo que as fêmeas ovígeras do estado de São Paulo investiram uma maior porcentagem (cerca de 20x) de seu peso na produção de sua massa de ovos, permitindo hipotetizar acerca de uma variação latitudinal nesse investimento reprodutivo. O padrão de ocupação de conchas foi diferente entre as populações e entre o sexo e condição reprodutiva dos indivíduos. Fêmeas ovígeras mostraram uma maior especificidade na ocupação de conchas. As relações entre as dimensões das conchas e o comprimento do escudo cefalotorácico dos ermitões foram positivas e em sua maioria significativas para as espécies de conchas mais ocupadas. Em relação à epibiose, a maioria das conchas apresentaram epibiontes, sendo os mais abundantes as algas calcárias, briozoários e poliquetas serpulídeos e espirorbídeos. Alguns moluscos gastrópodos (*Crepidula plana* e desovas de Neritidae) e bivalves (*Crassostrea brasiliiana*, *Isognomon bicolor* e *Sphenia antillensis*) também foram encontrados. Houve diferenças entre a porcentagem dos grupos de epibiontes encontrados entre as áreas estudadas. Quanto aos danos nas conchas, foram caracterizados por: rachaduras na volta corporal e espira; abertura da concha ou protoconcha quebradas e fissuras nos canais sifonal. A maioria dos danos foi concentrada na região da abertura da concha, sugerindo influência de atividades predatórias de braquiúros sobre as populações de ermitões ou até mesmo de moluscos. As variações nos parâmetros reprodutivos e ecológicos encontradas para essas espécies podem estar relacionadas à localização geográfica, devido aos diferentes tipos de ambientes habitados por esses organismos. Isso pode influenciar a história de vida desses organismos e ocasionar as variações latitudinais observadas nesse estudo.



# Introdução Geral

---



## 1. Classificação

Os crustáceos decápodos (Ordem Decapoda Latreille, 1802) formam um táxon de alta diversidade, com cerca de 17.000 espécies descritas de organismos distribuídos nos mais diferentes habitats dos ambientes marinhos, dulcícolas e terrestres (MARTIN & DAVIS, 2001; De GRAVE *et al.*, 2009). São caracterizados, entre outros aspectos pelo desenvolvimento de uma carapaça para incluir as câmaras branquiais e também pela modificação dos primeiros três pares de apêndices torácicos como maxilípodos, enquanto os cinco pares de apêndices torácicos remanescentes são os típicos pereópodos (MCLAUGHLIN, 1980). São tipicamente representados pelos caranguejos, siris, falsos-caranguejos, ermitões, tatuís, camarões, lagostins e lagostas (MCLAUGHLIN, 1980).

Entre os inúmeros táxons que compõem a ordem Decapoda, está a infraordem Anomura MacLeay, 1838, que constitui um grupo de alta significância entre os crustáceos marinhos (INGLE, 1993). São caracterizados por uma extensa variação morfológica do abdome e do telson, apresentando a maior diversidade entre os decápodos (MCLAUGHLIN, 1980). Esse táxon é dividido atualmente em sete superfamílias: Lithodoidea Samouelle, 1819; Lomisoidea Bouvier, 1895; Galattheoidea Samouelle, 1819; Aegloidea Dana, 1852; Hippoidea Latreille, 1825; Chirostyloidea, Ortmann, 1892; e Paguroidea Latreille, 1803 (AHYONG *et al.*, 2009; De GRAVE *et al.*, 2009; MCLAUGHLIN *et al.*, 2010).

A superfamília Paguroidea Latreille, 1803, que inclui os caranguejos-ermitões, é considerada um táxon monofilético (MCLAUGHLIN, 1983; SCHOLTZ & RICHTER, 1995; AHYONG *et al.*, 2009). É dividido atualmente em seis famílias: Coenobitidae Dana, 1851; Diogenidae Ortmann, 1892; Paguridae Latreille, 1802; Parapaguridae Smith, 1882; Pylochelidae Bate, 1888; e Pylojacquesidae McLaughlin & Lemaitre, 2001 (MCLAUGHLIN *et al.*, 2010).

Dentre as famílias que compõem os Paguroidea, a família Diogenidae é a segunda mais diversa, formada atualmente por 20 gêneros e 425 espécies de ermitões distribuídos mundialmente (MCLAUGHLIN *et al.*, 2010). No Brasil, podem ser encontrados oito gêneros de diogenídeos correspondendo aos seguintes números de espécies (entre parênteses): *Calcinus* Dana, 1851 (1); *Cancellus* H. Milne Edwards, 1836 (1); *Clibanarius* Dana, 1852 (5); *Dardanus* Paul'son, 1875 (3); *Isocheles* Stimpson, 1858 (1); *Loxopagurus* (Moreira, 1901) (1); *Paguristes* Dana, 1851 (10);

*Petrochirus* Stimpson, 1858 (1); resumindo um total de 23 espécies brasileiras (MELO, 1999).

## 2. Caracterização das espécies em estudo

### 2.1. *Clibanarius antillensis*

*Clibanarius antillensis* Stimpson, 1859 (Fig. 1) constitui uma espécie de ermitão que é um habitante comum da região entre-marés, podendo ser encontrado entre as cavidades das rochas, arrecifes e pradarias de fanerógamas marinhas (MELO, 1999). É uma espécie de tamanho pequeno e de rápida movimentação (HAZLETT, 1966).

A espécie é caracterizada por apresentar a porção lateral do carpo, própodo e dátilo das primeiras e segundas patas ambulatórias com uma faixa predominantemente clara sobre um fundo verde escuro (MELO, 1999).

*Clibanarius antillensis* ocorre no Atlântico ocidental, desde Bermuda, Flórida, Golfo do México, Panamá, Antilhas e norte da América do Sul até o Brasil, do estado do Ceará até o estado de Santa Catarina (MELO, 1999).

No Brasil, os estudos já realizados com esta espécie foram referentes aos seus aspectos populacionais e reprodutivos na região Sudeste (TURRA & LEITE, 1999; 2001) e Nordeste (OLIVEIRA, 2010); como também em relação aos seus aspectos comportamentais, referentes à ocupação de conchas (FLOETER *et al.*, 2000) e reprodução (TURRA, 2005).

### 2.2. *Calcinus tibicen*

*Calcinus tibicen* (Herbst, 1791) (Fig. B) é uma espécie de ermitão tropical bastante comum no litoral brasileiro, podendo ser encontrada em águas rasas da região entre-marés até 30 metros de profundidade (MELO, 1999).

O ermitão *C. tibicen* é caracterizado por possuir quelípodos desiguais, de coloração escura e alaranjada, desprovidos de espinhos e setas, sendo o esquerdo bem mais forte que o direito (MELO, 1999).

Os estudos no Brasil já realizados acerca dessa espécie são bastante amplos, muitos deles retratando a ocupação e seleção de conchas (GARCIA & MANTELATTO,

2001; MANTELATTO & GARCIA, 2000), o comportamento reprodutivo (TURRA & LEITE, 2005), o crescimento relativo (FRANSOZO *et al.*, 2003), a biologia populacional (FRANSOZO & MANTELATTO, 1998; BATISTA-LEITE *et al.*, 2005), a biologia reprodutiva (MANTELATTO & GARCIA, 1999) e a morfologia do sistema reprodutor (AMADIO & MANTELATTO, 2009).

A espécie se distribui geograficamente pelo Atlântico Ocidental, desde de Bermuda, Flórida, Golfo do México, Antilhas, Panamá e países da América do Sul, como Colômbia, Venezuela e Brasil. No litoral brasileiro, está distribuída do Ceará até Santa Catarina, incluindo o arquipélago de Fernando de Noronha (RIEGER & GIRALDI, 1997; MELO, 1999).

### 3. Aspectos Bioecológicos

Os caranguejos-ermitões são crustáceos que apresentam o abdome assimétrico e pouco calcificado e que possuem suas estratégias de vida intimamente relacionadas ao uso de conchas de moluscos gastrópodos, utilizando-as como um abrigo essencial à sobrevivências desses organismos (HAZLETT, 1981).

As conchas fornecem para os ermitões a proteção contra predadores e estresses ambientais (REESE, 1969), principalmente na retenção de água na maré baixa, nas quais os indivíduos se agrupam, resultando numa adaptação contra a dessecação (BERTNESS, 1981). A mobilidade e a proteção conferida pelas conchas devem contribuir para a extensa distribuição desses caranguejos em todos os ambientes marinhos (HAZLETT, 1981). Alguns ermitões podem, eventualmente, utilizar outras formas de abrigo como conchas de moluscos escafópodos (Classe Scaphopoda), no caso do gênero *Pylopagurus* A. Milne Edwards & Bouvier (1891) (HAZLETT, 1966); canais de madeira, como observado no gênero *Xylopagurus* A. Milne Edwards, 1880 (RABAUD, 1941); e tubos de Polychaeta serpulídeos, como registrados para os gêneros *Discorsopagurus* McLaughlin, 1974 e *Orthopagurus* Stevens, 1927, os quais adotaram então um modo de vida “sésil” (CAINE, 1980).

Abrigos incomuns utilizados por ermitões foram registrados por Garcia *et al.*, (2003): *Dardanus venosus* H. Milne Edwards, 1848, ocupando a concha do bivalve *Chama congregata* Conrad, 1883; *Paguristes erythrops* Holthuis, 1959, habitando a concha do gastrópodo *Favartia cellulosa* Conrad, 1846, totalmente recoberta pelo coral

*Astrangia rathbuni* Vaughan, 1906; *Dardanus insignis* Saussure, 1858 ocupando uma concha da craca *Amphibalanus venustus* (Darwin, 1854) e uma concha do gastrópode *Fusinus brasiliensis* (Grabau, 1904), totalmente recoberta por uma colônia arborescente de briozoários. Os ermitões da família Parapaguridae, entre eles o gênero *Parapagurus* Smith, 1879 podem se associar com antozoários zoantídeos (Zoantharia) que podem estar associados a conchas ou diretamente aos ermitões (ATES, 2003).

Os ermitões apresentam uma enorme plasticidade na preferência por conchas em campo (HAZLETT, 1981). A ocupação desses reservatórios é um fenômeno que pode ser influenciado diretamente tanto pelo tamanho dos caranguejos (SAMUELSEN, 1970), como pelo sexo ou estado reprodutivo (MARKHAM, 1977; NEIL & ELWOOD, 1985).

É sabido que as conchas de gastrópodes constituem um recurso necessário para o crescimento populacional e individual dos ermitões, mas sua disponibilidade pode ser limitada em campo. Estas conchas podem ser obtidas rapidamente após a morte dos gastrópodos (antes dela ser danificada ou destruída) (HAZLETT, 1981). Os ermitões possuem quimiorreceptores que lhes proporciona uma orientação química para sítios onde os gastrópodes são predados, principalmente por polvos, para que possam então se apoderar das conchas (MCLEAN, 1974). As conchas também podem ser obtidas diretamente de outro ermitão, através da movimentação de uma espécie de um ecótono para outro, podendo partilhar conchas entre os dois ambientes (SPIGHT, 1977).

Conchas vazias adicionadas no ambiente podem ocasionar o aumento populacional dos ermitões (YAMAGUCHI, 1938), mas de uma maneira geral são muito raras ou ausentes, pois são logo utilizadas por esses crustáceos (PROVENZANO, 1960; HAZLETT, 1966; 1970; CHILDRESS, 1972; KELLOGG, 1976; ABRAMS, 1978; BERTNESS, 1980;). Esses reservatórios também podem acabar desaparecendo devido à sua destruição pela presença de organismos epibiontes em excesso, predadores ou pelo hidrodinamismo (CONOVER, 1976; STACHOWITSCH, 1977).

A troca de conchas consiste em um conjunto de complexos comportamentos bastante ritualizados, que envolvem vários tipos de movimentos de partes corporais dos ermitões, como extensões das patas ambulatórias e dos quelípodos, como forma de reconhecimento das conchas (HAZLETT, 1966; 1972). As trocas de conchas podem acontecer através de conflitos agonísticos entre os ermitões de uma mesma espécie

(HAZLETT, 1966), podendo também ocorrer uma competição interespecífica, quando há sobreposição de nichos no uso das conchas, que pode ser evitada quando ocorre a segregação de habitats entre as espécies (KURIS *et al.*, 1981).

As relações entre ermitões e organismos associados influenciam bastante na história de vida desses crustáceos. Organismos associados a ermitões e suas conchas são principalmente os epibiontes (WILLIAMS & MCDERMOTT, 2004). Além da epibiose, outra relação que pode se estabelecer entre os ermitões e outros organismos é o mutualismo, que pode ser facultativo (CONOVER, 1976) ou obrigatório (FOX, 1965), o qual pode ser exemplificado no caso das anêmonas que protegem os ermitões contra predadores, principalmente polvos, e recebem deles restos de alimentos. O parasitismo também é uma relação ecológica que pode ser frequente sobre os ermitões e é causado principalmente por isópodos da família Bopyridae (MARKHAM, 2003) e pelo poliqueto espionídeo do gênero *Polydora*, o qual se alimenta dos ovos dos ermitões (WILLIAMS, 2002). Além disso, espécies comensais também podem se associar às conchas ocupadas pelos ermitões, como o misidáceo *Heteromysis harpax* Hilgendorf, 1878 e o camarão alfeídeo *Aretopsis amabilis* De Man, 1910 (VANNINI *et al.*, 1993).

A respeito de todas essas características de história de vida bastante relevantes e diversificadas e pela grande riqueza em espécies e distribuição em vários tipos de ambiente, os ermitões são um objeto de estudo promissor em ecologia e biologia reprodutiva. O estudo das várias características desses organismos permite uma maior compreensão de mecanismos evolutivos e da estruturação de comunidades de invertebrados marinhos.



Figura 1: Exemplo do ermitão *C. antillensis* em laboratório.



Figura 2: Exemplo do ermitão *C. tibicen* em laboratório.

## REFERÊNCIAS

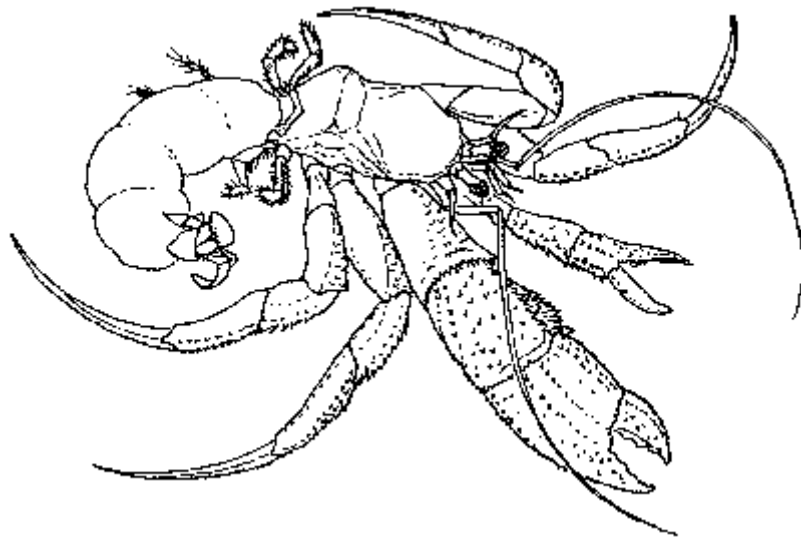
- ABRAMS, P. Shell selection and utilization in a terrestrial hermit crab, *Coenobita compressus* (M. Milne Edwards). **Oecologia** (Berlim) 34:239-53, 1978.
- AHYONG, S. T.; SCHNABEL, K. E.; MAAS, E. Anomuran phylogeny: new insights from molecular data *in* (Martin, J. W., Crandall, K. A., Felder, D. L., Ed.). **Decapod Crustacean Phylogenetics**. 2009.
- AMADIO, L M.; MANTELATTO, F. L. Description of the male reproductive system of the hermit crab *Calcinus tibicen* (Decapoda: Anomura: Diogenidae). **Journal of Crustacean Biology**. 29: 466-475, 2009.
- ATES, R. M. L. A preliminary review of zoanthid-hermit crab symbioses (Cnidaria; Zoantharia/Crustacea; Paguridea). **Zool. Verh. Leiden**, 345 (31): 41-48, 2003.
- BATISTA-LEITE, L. M. A.; COELHO, P. A.; CALADO, T. C. S. Estrutura populacional e utilização de conchas pelo caranguejo ermitão *Calcinus tibicen* (Herbst, 1791) (CRUSTACEA, DECAPODA, DIOGENIDAE). **Tropical Oceanography**, Recife, v. 33, n. 2, p. 99-118, 2005.
- BERTNESS, M. D. 1980. Shell preference and utilization patterns in littoral hermit crabs of the Bay of Panama. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 48:1-16, 1980.
- BERTNESS, M. D. Competitive dynamics of a tropical hermit crab assemblage. **Ecology**. 62: 751-761, 1981.
- CAINE, E. A. Adaptations of a species of hermit crab (Decapoda, Paguridea) inhabiting sessile worm tubes. **Crustaceana**, 3 (8):306-10, 1980.
- CHILDRESS, J. R. Behavioral ecology and fitness theory in a tropical hermit crab. **Ecology**, 53: 960-64, 1972.
- CONOVER, M. R. The influence of some symbionts on the shell-selection behaviour of the hermit crabs, *Pagurus pollicarus* and *Pagurus longicarpus* & **Animal Behavior**, 24:191-94, 1976.
- De GRAVE, S.; N. *et al.* A classification of living and fossil genera of decapod crustaceans – **Raffles Bulletin of Zoology Suppl.** 21: 1-109, 2009.
- FLOETER, S. R.; NALESSO, R. C.; RODRIGUES, M. M. P.; TURRA, A. Patterns of shell utilization and selection in two sympatric hermit crabs (Anomura: Diogenidae) in south-eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, United Kingdom, v. 80, n. 6, p. 1053-1059, 2000.

- FOTHERINGHAM, N. Population consequences of shell utilization by hermit crabs. **Ecology**, 57(3):570-578, 1976.
- FOX, H. M. Confirmation of old observations on the behaviour of a hermit crab and its commensal sea anemone. **Ann. Mag. Nat Hist, Ser.**, 13 (8): 173-75, 1965.
- FRANSOZO, A.; MANTELATTO, F. L. Population structure and reproductive period of the tropical hermit crab *Calcinus tibicen* (Decapoda: Diogenidae) in the region of Ubatuba, São Paulo, Brazil. **Journal of Crustacean Biology**, 18(4):738-745, 1998.
- FRANSOZO, A.; GARCIA, R. B.; MANTELATTO, F. L. Morphometry and sexual maturity of the tropical hermit crab *Calcinus tibicen* (Crustacea, Anomura) from Brazil. **Journal of Natural History**, 37, 297-304, 2003.
- GARCIA, R. B.; MANTELATTO, F. L. Variability of shell occupation by intertidal and infralittoral *Calcinus tibicen* (Anomura, Diogenidae) populations. **Nauplius**, 8(1): 99-105, 2000.
- GARCIA, R. B.; MANTELATTO, F. L. Shell selection by the tropical hermit crab *Calcinus tibicen* (Herbst, 1791) Anomura, Diogenidae/ from Southern Brazil. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 265, 1–14, 2001.
- GARCIA, R. B.; MEIRELES, A. L.; MANTELATTO, F. L. Unusual shelters occupied by brazilian hermit crabs (Crustacea: Decapoda: Diogenidae). **Braz. J. Biol.**, 63(4): 721-722, 2003.
- HAZLETT, B. A. Social behavior of the Paguridae and Diogenidae of Curacao. **Stud. Fauna Curacao**, 23:1-143, 1966.
- HAZLETT, B. A. Shell fighting and sexual behavior in the hermit crab genera *Paguristes* and *Calcinus*, with comments on *Pagurus*. **Bulletin of Marine Science**, 22:806-23, 1972.
- HAZLETT, B. A. The behavioral ecology of hermit crabs. **Ann. Rev. Ecol. Syst.**, 12: 1-22, 1981.
- INGLE, R. W. Hermit crabs of the northeastern Atlantic Ocean and Mediterranean Sea. An illustrated key, Chapman & Hall, **Natural History Museum Publications**, London, 1993.
- KELLOG, C . W. Gastropod shells: a potentially limiting resource for hermit crabs. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 22:101-11, 1976.
- KURIS, A. M.; CARLTON, J. T.; BRODY, M . S. An experimental field study of hermit crab resource dynamics: snail shell wear, occupancy, movement and encrustation. **Ecology** In press, 1981.



- MANTELATTO, F. L.; GARCIA, R. B. Reproductive potential of the hermit crab *Calcinus tibicen* (Crustacea, Anomura) from Ubatuba, São Paulo, Brazil. **Journal of Crustacean Biology**, 19(2):268-275, 1999.
- MARKHAM, J. C. Preliminary note on the ecology of *Calcinus verrilli*, an endemic Bermuda hermit crab occupying attached vermetid shells. **J. Zool London**, 181:131-36, 1977.
- MARKHAM, J. C. A worldwide list of hermit crabs and their relatives (Anomura: Paguroidea) reported as hosts of Isopoda Bopyridae. **Memoirs of Museum Victoria**, 60 (1): 71-77, 2003.
- MARTIN, J. W; DAVIS, G. E. An Updated Classification of the Recent Crustacea. **Science Series**, 39, Natural History Museum of Los Angeles, County, 2001.
- MELO, G. A. S. **Manual de identificação dos Crustacea Decapoda do litoral brasileiro: Anomura, Thalassinidea, Palinuroidea e Astacidea**. São Paulo. Ed. Plêiade, 551p, 1999.
- MCLAUGHLIN, P. A. **Comparative morphology of Recent Crustacea**. W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1980
- MCLAUGHLIN, P. A. 2010. Annotated checklist of anomuran decapod crustaceans of the world (exclusive of the Kiwaoidea and families Chirostylidae and Galatheidae of the Galatheoidea) Part I – Lithodoidea, Lomisoidea and Paguroidea. **The Raffles Bulletin of Zoology**. Supplement No. 23: 5–107.
- MCLEAN, R. B. Direct shell acquisition by hermit crabs from gastropods. **Experientia**, 30: 206 – 208, 1974.
- NEIL, S. J.; ELWOOD, R. W. Behavioural modification during egg-brooding in the hermit crab, *Pagurus bernhardus* L. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 94, 99–114, 1985.
- OLIVEIRA, I. A. P. Padrão de ocupação de conchas de gastrópodos por caranguejos-eremitas e aspectos populacionais de *Clibanarius antillensis* (Stimpson, 1859) (CRUSTACEA: DECAPODA: DIOGENIDAE) na Praia do Pacheco (Caucaia – CE). Monografia para conclusão do curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Ceará, 2010.
- PROVENZANO, A. J. Jr. Notes on Bermuda hermit crabs (Crustacea; Anomura). **Bulletin of Marine Science**, 10:117-24, 1960
- RABAUD, E. Recherches sur l'adaptation et le comportement des Pagures. **Arch. Zool Exp. Gen.** 82:181- 285, 1941.
- REESE, E. S., 1969. Behavioral adaptations of intertidal hermit crabs. **Amer. Zool.**, vol. 9, no. 2, p. 343-355, 1969.

- RIEGER, P. J.; GIRALDI, J. L. B. *Calcinus tibicen* (Herbst, 1791) e *Paguristes tortugae* Schmitt, 1933, novo registro de Diogenidae (Decapoda, Anomura) para o litoral de Santa Catarina, Brasil. **Nauplius**, 5 (2): 159-161, 1977.
- SAMUELSEN, T. J. The biology of six species of Anomura (Crustacea, Decapoda) from Raune Orden, Western Norway. **Sarsia**, 45:25-52, 1970.
- SPIGHT, T. M. Availability and use of shells by intertidal hermit crabs. **Biological Bulletin**, 152: 120-33, 1977.
- SCHOLTZ, G.; RICHTER, S. Phylogenetic systematics of the reptantian Decapoda (Crustacea, Malacostraca). **Zool. J. Linean. Soc.** 113, 289 – 328, 1995.
- STACHOWITSCH, M. The hermit crab microbiocoenosis: the role of mobile secondary hard bottom elements in a North Adriatic benthic community. In **Biology of Benthic Organisms**, ed. B. F. Keegan, P. O. Ceidigh, P. J. S. Boaden, pp. 549-58, NY: Pergamon. 630 pp, 1977.
- TURRA, A. Reproductive behavior of intertidal hermit crabs in South-eastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, p. 313-319, 2005.
- TURRA, A.; LEITE, F. P. P. Population structure and fecundity of the hermit crab *Clibanarius antillensis* Stimpson 1862 (Anomura, Diogenidae) in southeastern Brazil. **Bulletin of Marine Science**, Miami, v. 64, n. 2, p. 281-289, 1999, 1999.
- VANCE, R. R. Competition and mechanism of coexistence in three sympatric species of intertidal hermit crabs. **Ecology**, vol. 53, no. 6, p. 1062-1074, 1972a.
- VANNINI, M.; INNOCENTI, G.; RUVA, R. K. Family group structure in mysids, commensals of hermit crabs (Crustacea). **Tropical Zoology**, 6: 189-205, 1993.
- WILLIAMS, J. D. The ecology and feeding biology of two *Polydora* species (Polychaeta: Spionidae) found to ingest the embryos of host hermit crabs (Anomura: Decapoda) from the Philippines. **Journal of Zoology of London**, 257, 339-351, 2002.
- WILLIAMS, J. D.; MCDERMOTT, J. J. Hermit crab biocoenoses: a worldwide review of the diversity and natural history of hermit crab associates. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 305, 1-128, 2004.
- YAMAGUCHI, S. 1938. Spawning and development of *Coenobita rugosus*. Bull ScL Kyusu Univ. 8:163-75, 1938.



## Justificativa e Objetivos

## **JUSTIFICATIVA**

As informações sobre aspectos reprodutivos e ecológicos dos caranguejos-ermitões são ainda escassas para a região nordeste do Brasil, assim como também há uma carência pronunciada sobre estudos comparativos quanto variação latitudinal. Este estudo tem a importância de fornecer subsídios para a elucidação das características reprodutivas intrínsecas à fecundidade, tanto como às relações ecológicas de ocupação de conchas e presença de organismos epibiontes. Uma vez conhecidos, estes dados proporcionarão um melhor entendimento das estratégias de vida das espécies estudadas, trazendo futuras alternativas para sua conservação.

## OBJETIVOS

### 1. Geral

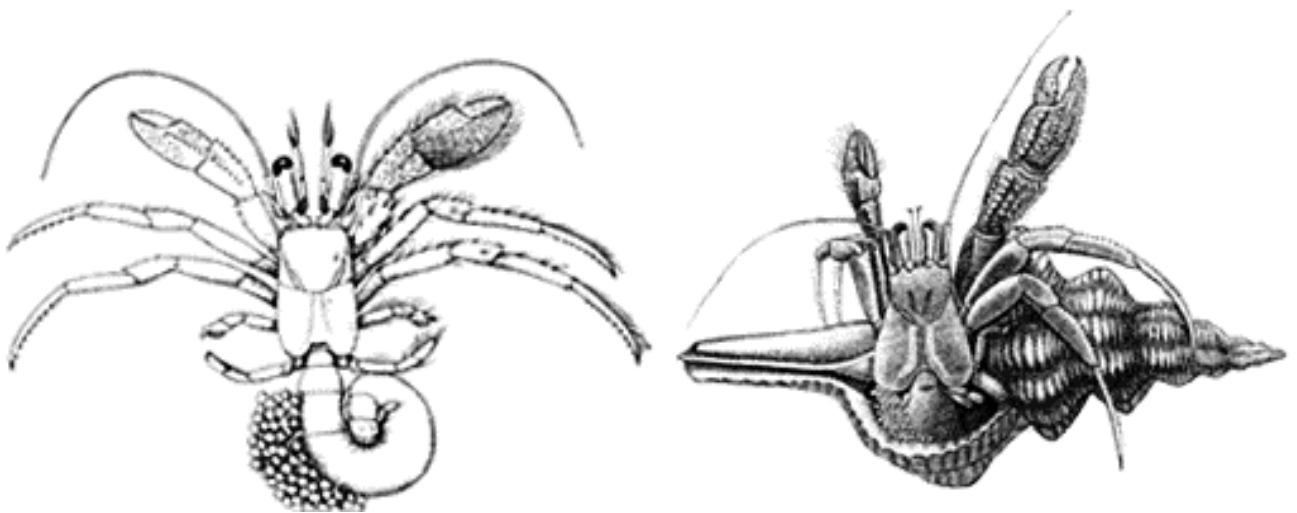
Caracterizar de forma comparativa os aspectos reprodutivos e ecológicos dos ermitões *Clibanarius antillensis* e *Calcinus tibicen* entre duas diferentes latitudes do Brasil, com a hipótese de que há uma variação latitudinal desses parâmetros ocasionada por diferenças ambientais.

### 2. Específicos

- Comparar os aspectos reprodutivos das duas espécies de ermitão em estudo, tais como a fecundidade, tamanho e volume dos ovos e investimento reprodutivo;

- Caracterizar a ocupação e a qualidade de conchas de gastrópodes utilizadas pelas duas espécies de ermitão em questão nas diferentes áreas estudadas;

- Caracterizar a comunidade de organismos epibiontes associados às conchas de gastrópodes ocupadas pelas duas espécies de ermitões em estudo nas diferentes áreas abordadas.



## CAPÍTULO I:

Estratégias reprodutivas de duas espécies de caranguejos-ermitões (Anomura: Diogenidae) em latitudes diferentes do Brasil: fecundidade e esforço reprodutivo

---

## RESUMO

### **Título: Estratégias reprodutivas de duas espécies de caranguejos-ermitões (Anomura: Diogenidae) em latitudes diferentes do Brasil: fecundidade e esforço reprodutivo**

O objetivo desse trabalho é analisar de forma comparativa diferentes aspectos reprodutivos (fecundidade, investimento maternal nos ovos e esforço reprodutivo) dos ermitões *Clibanarius antillensis* e *Calcinus tibicen* em latitudes diferentes do Brasil. Exemplares desses ermitões foram coletados manualmente durante marés baixas de sizígia a cada dois meses, de Fevereiro de 2011 a Janeiro de 2012 nas seguintes localidades: Praia da Pedra Rachada (Paracuru, CE; 03°23'52" S e 39°00'47,2" O); Praia do Araçá (São Sebastião, SP, 23 ° 48'78, 1" S e 45 ° 24'46, 9" W) e Praia Grande (Ubatuba, SP; 23°27'98''S e 45°03'49''W). O tamanho das fêmeas ovígeras, assim como os valores de fecundidade, volume dos ovos e esforço reprodutivo foram maiores para as fêmeas das duas espécies coletadas nas localidades do estado de São Paulo. Nas fêmeas coletadas nas localidades do estado do Ceará, houve a presença de ovos anormais, de coloração esbranquiçada e morfologia variada. Esses ovos foram considerados inférteis ou aberrantes e a sua presença influenciou bastante nos parâmetros reprodutivos analisados para essas espécies, acarretando numa menor fecundidade (presença de ovos no estágio I) e esforço reprodutivo. A relação entre o tamanho das fêmeas e a produção de ovos foi significativa apenas para as populações de São Paulo. Houve alterações do volume e perda de ovos durante o desenvolvimento embrionário para as duas espécies estudadas. O volume interno médio das conchas ocupadas pelas fêmeas ovígeras dos ermitões do presente estudo foi maior para as populações de ermitões de São Paulo. A biomassa investida na produção de ovos variou entre as populações, sendo que as fêmeas ovígeras do estado de São Paulo investiram uma maior porcentagem de seu peso na produção de sua massa de ovos. As variações na biologia reprodutiva encontradas para essas espécies podem estar relacionadas à localização geográfica das espécies (variação latitudinal), devido as características da história de vida desses organismos associados a habitats com características diferentes.

**Palavras-chave:** Investimento maternal, *Clibanarius antillensis*, *Calcinus tibicen*

## ABSTRACT

### **Title: Reproductive Strategies of two species of hermit crabs (Anomura: Diogenidae) at different latitudes in Brazil: fecundity and reproductive effort**

The aim of this study is to do a comparative analysis of different aspects of a reproductive biology (fecundity, maternal investment in eggs and reproductive effort) of hermit crabs *Clibanarius antillensis* and *Calcinus tibicen* at different latitudes in Brazil. Samples of these hermits crabs species were manually collected during spring low tides in a two months basis, from February 2011 to January 2012 at the following locations: Pedra Rachada Beach (Paracuru - CE, 03°23'52" S and 39°00'47,2" W); Araçá Beach (São Sebastião, SP, 23°48'78,1" S and 45°24'46,9" W) and Grande Beach (Ubatuba, SP, 23°27'98" S and 45°03'49" W). The size of ovigerous females, as well as the fecundity values, egg volume and reproductive effort were higher for females of both species collected in localities of the state of São Paulo. In females collected in localities of the state of Ceará, there was the presence of abnormal eggs, whitish and with varying morphology. These eggs were infertile or considered aberrant and their presence influenced greatly in reproductive parameters analyzed for these species, resulting in lower fertility (presence of eggs in stage I) and reproductive effort. The relationship between size of females and egg production was significant only for the populations collected in São Paulo. There were changes in volume and loss of eggs during embryonic development for both species. The internal volume average of occupied shells by ovigerous females of this study was higher for hermit populations of São Paulo. Biomass invested in egg production varied between populations, but ovigerous females of São Paulo invested a higher percentage of their weight in the production of its egg mass. Variation in reproductive biology found for these species may be related to geographic location (latitudinal variation), due to life story characteristics of these organisms associated to habitats with different characteristics.

Keywords: Maternal investment, *Clibanarius antillensis*, *Calcinus tibicen*



## 1. INTRODUÇÃO

A biologia reprodutiva dos caranguejos-ermitões está intimamente relacionada à utilização das conchas de gastrópodes na proteção do seu abdome não calcificado. O uso de conchas danificadas tende a induzir uma menor fecundidade comparada com conchas adequadas (CHILDRESS, 1972; FOTHERINGHAM, 1976a).

As dimensões de tamanho e o volume interno das conchas ocupadas também podem influenciar o potencial reprodutivo dos ermitões, pois conchas muito grandes vão requerer um gasto excepcional de energia para serem transportadas e conchas muito pequenas vão impedir o crescimento dos ermitões. Além de que, um reduzido volume interno das conchas pode ocasionar problemas na acomodação e oxigenação dos ovos produzidos por esses crustáceos (FOTHERINGHAM, 1976a).

As estratégias reprodutivas dos ermitões, assim como de muitos outros invertebrados marinhos estão relacionadas ao número (fecundidade) e tamanho dos ovos produzidos. De uma forma geral, esses fatores são inversamente relacionados. Uma alta fecundidade corresponde a ovos de tamanho pequeno, enquanto uma baixa fecundidade corresponde a ovos de tamanho grande (LAPTIKHOVSKY, 2006).

O tamanho do ovo é um fator característico de cada espécie, mas também pode variar dentro das populações sazonalmente ou também devido a diferenças no tamanho das fêmeas ou na disponibilidade de alimento em campo (LAPTIKHOVSKY, 2006). O volume dos ovos é considerado um forte indicador do investimento energético no desenvolvimento embrionário e provê informações relevantes para o entendimento das estratégias reprodutivas (TORATI & MANTELATTO, 2008).

Esses parâmetros são bastante importantes para determinar o potencial reprodutivo das espécies, possibilitando uma maior compreensão das formas de adaptação reprodutiva às condições ambientais (SASTRY, 1983).

A fecundidade pode apresentar variações sazonais e latitudinais nos crustáceos decápodos (NYBLADE, 1974). A amplitude dessas variações observadas nas estratégias reprodutivas desses organismos tem sido relacionada com vários fatores, como o tamanho, o número e a viabilidade dos ovos, o tipo de desenvolvimento larval, as taxas de sobrevivência das larvas, os cuidados durante a incubação, o grau de fertilidade (MANTELATTO, 1995) e ainda variações no tamanho da fêmea,

distribuição latitudinal da espécie alvo e adaptação desta ao habitat (MANTELATTO & FRANSOZO, 1997).

O esforço reprodutivo (*Reproductive Effort – RE*) de uma espécie é uma característica de bastante importância na evolução de sua história de vida. Ele pode ser definido como a fração de energia destinada à reprodução a partir da total energia disponível (TINKLE & HADLEY 1975). Esse parâmetro reprodutivo é de difícil determinação do ponto de vista prático, podendo ser estimado através do índice de rendimento reprodutivo (*Reproductive Output – RO*), o qual pode ser definido como a biomassa investida na produção de ovos pelas fêmeas.

Os estudos sobre fecundidade são importantes para determinar o potencial reprodutivo das populações. Essas análises, quando realizadas de forma comparativa sobre espécies que ocorrem em uma área geográfica ampla, constituem ferramentas de elevada importância para entender os mecanismos adaptativos relacionados às diferentes condições ambientais (STEARNS, 1992). Tais informações podem auxiliar na resolução de problemas taxonômicos e estabelecer relações filogenéticas entre vários grupos de crustáceos (MANTELATTO *et al.*, 2010).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Coleta do Material

Fêmeas ovígeras de caranguejos-ermitões foram coletadas manualmente durante marés baixas de sizígia, durante o período de aproximadamente 2h, com o objetivo de coletar um número considerável de espécimes de diferentes tamanhos. Os animais foram coletados a cada dois meses durante aproximadamente um ano (Fevereiro de 2011 a Fevereiro de 2012) nas seguintes localidades da costa brasileira (Figura 3).

A Praia da Pedra Rachada (Figura 4) localiza-se no município de Paracuru, Ceará (03°23'53''E; 39°00'38''W), aproximadamente a 90 km da capital Fortaleza, no litoral oeste do Ceará. A área compreende uma faixa de cerca de 3 km de extensão de recifes de arenito, interrompidos por bancos de areia e acessíveis somente durante as marés baixas. É uma praia marcada pela presença de muitas espécies de algas e apresenta a maior diversidade de espécies de invertebrados marinhos, comparada a outras praias da costa oeste do litoral cearense (MATTHEWS-CASCON & LOTUFO, 2006).

A praia do Araçá (Figura 5) (23°48'78,1''S; 45°24'46,9''W) é localizada em uma baía, numa região que mantém um dos últimos remanescentes de vegetação de manguezal do litoral de São Sebastião. É uma área de planície protegida, formada por sedimentos areno-lamosos e cascalhos, sendo descoberta inteiramente em períodos de marés baixas de sizígia (AMARAL *et al.*, 2010).

A Praia Grande (Figura 6) (23°27'98''S; 45°03'49''W) é localizada na cidade de Ubatuba, no estado de São Paulo. É constituída por agrupamentos de rochas e pedregulhos dispostos de forma irregular, formando fendas e refúgios naturais para os organismos marinhos e apresentando regimes de maré semi-diurnas com amplitude de cerca de dois metros (TURRA & LEITE, 2000).



Figura 3. Mapa esquemático das áreas de coleta localizadas no Ceará (A – Praia da Pedra Rachada) e em São Paulo (B – Araçá, São Sebastião; C – Praia Grande, Ubatuba).



Figura 4. Praia da Pedra Rachada, Paracuru, Ceará. A – Visão geral da praia, mostrando os bancos de areia e os afloramentos rochosos repletos de macroalgas; B – Pier da Petrobrás implantado na praia da Pedra Rachada; C – Currais de pesca encontrados na porção leste da praia, em meio aos afloramentos rochosos; D – Vista dos afloramentos rochosos e da diversidade algal.

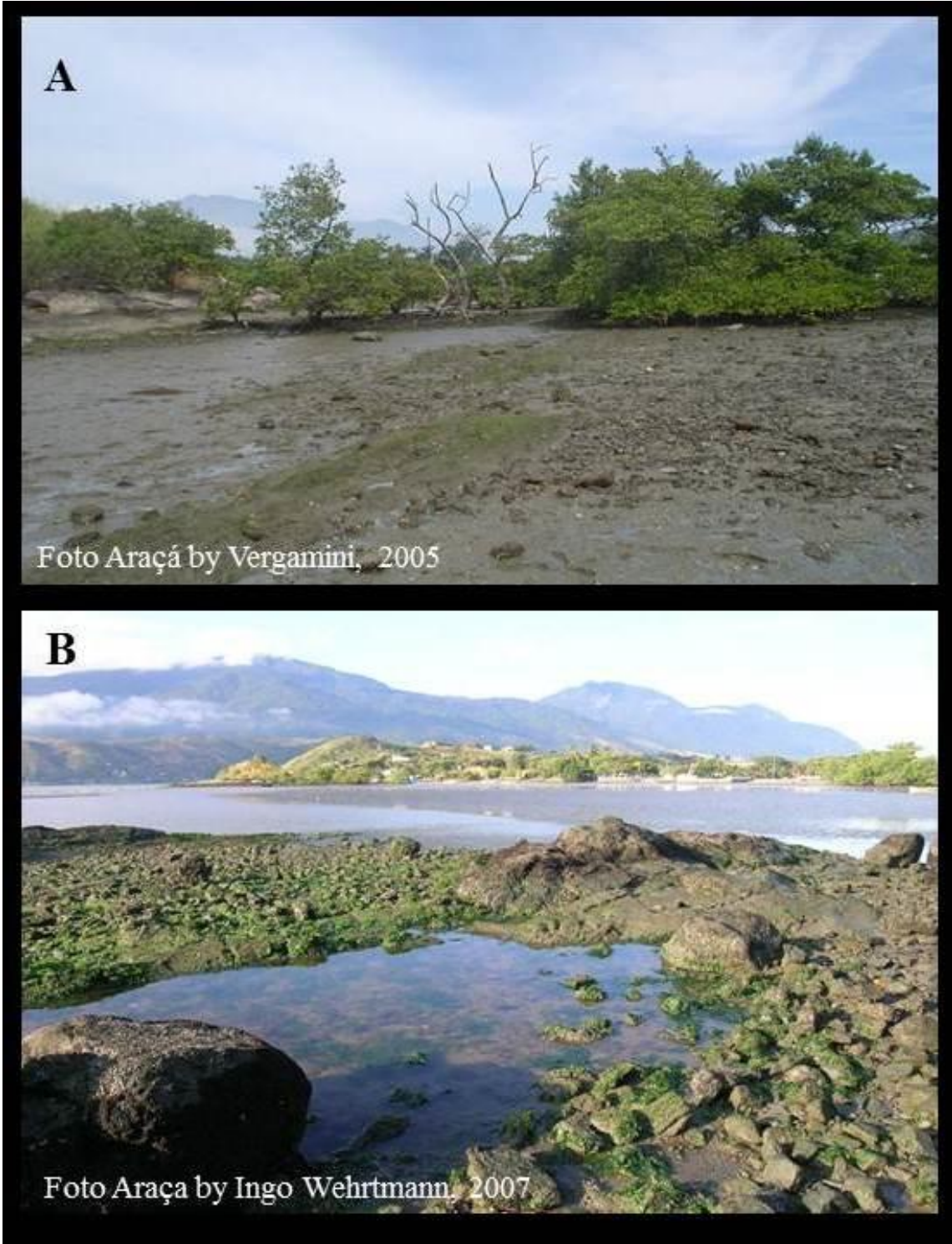


Figura 5. Região do Araçá. A – Planície areno-lamosa exposta em maré baixa. B – Costão rochoso



Figura 6. Costão rochoso da Praia Grande, Ubatuba, São Paulo, Brasil.

## **2.2. Produção de ovos**

### **2.2.1. Classificação dos estágios de desenvolvimento dos ovos**

As fêmeas ovíferas foram colocadas em placas de Petri para a visualização dos estágios embrionários, com o auxílio de um microscópio estereoscópico. O estágio embrionário (Figura 7) foi determinado a partir do princípio proposto por Boolootian *et al.* (1959) e modificado por Mantelatto & Garcia (1999), seguindo as seguintes características:

#### 1) Estágio I (Inicial)

Sem evidência do desenvolvimento do olho composto. Vitelo ocupando de 75-100% do volume de cada ovo.

#### 2) Estágio II (Intermediário)

Presença de olhos pequenos e alongados. Vitelo ocupando de 50-75% do volume de cada ovo.

#### 3) Estágio III (Final)

Olhos compostos bem desenvolvidos. Vitelo ocupando de 25-50% do volume de cada ovo.

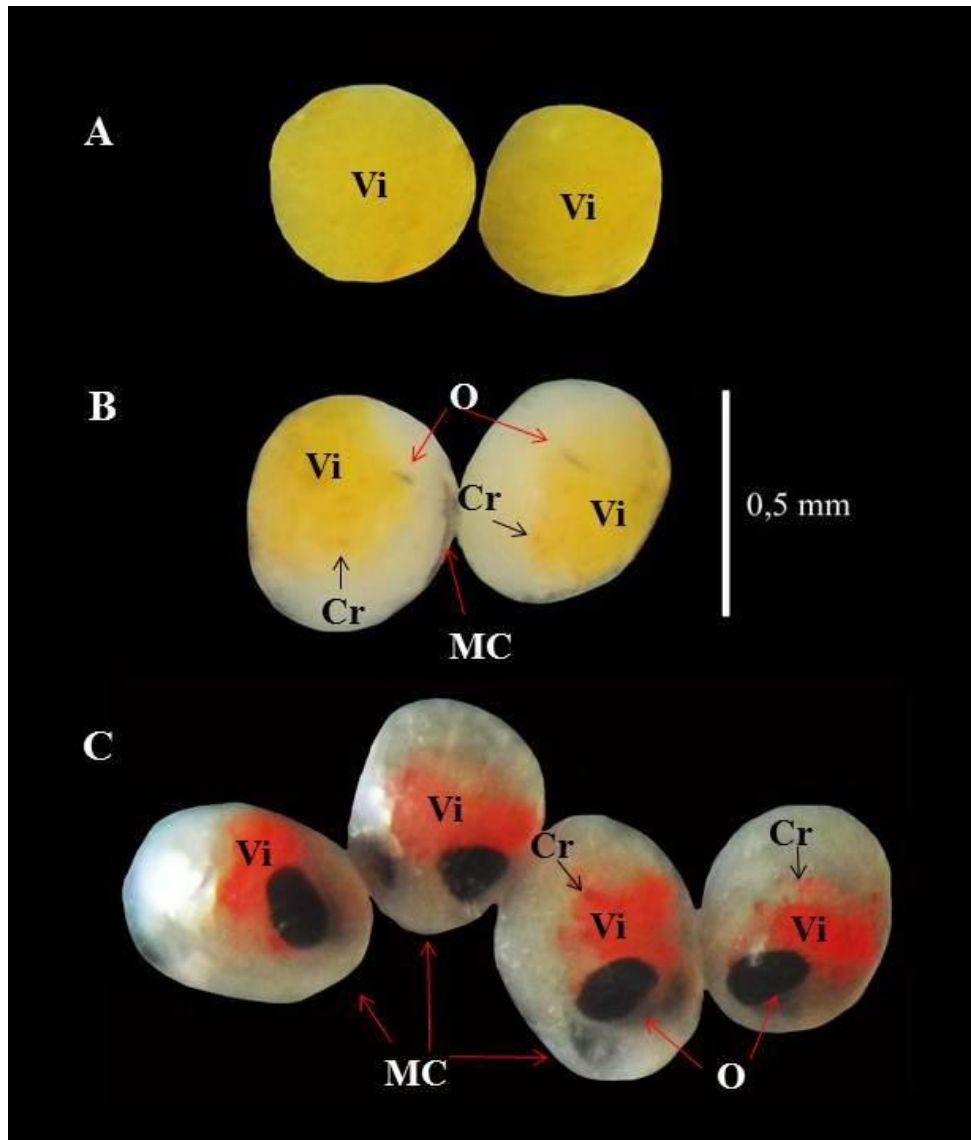


Figura 7. Estágios de desenvolvimento dos ovos do ermitão *Calcinus tibicen*, segundo o proposto por Mantelatto & Garcia (1999), evidenciando as mudanças na quantidade de vitelo e na morfologia do embrião. A – Estágio I; B – Estágio II; C – Estágio III. Cr: Cromatóforo; MC: Membrana Coriônica; O: Olho; Vi: Vitelo.

### 2.2.2. Contagem e Mensuração das fêmeas e dos ovos

Foram escolhidas 30 fêmeas de cada população para a realização das análises. As fêmeas de ermitões foram removidas de suas conchas com uma pinça ou com o auxílio de uma morsa de bancada. Foi medido o Comprimento do Escudo Cefalotorácico (CEC) que consiste na distância vai da extremidade do rostro até o sulco



em forma de “V” na margem posterior. As medidas foram feitas com um paquímetro de 0,01 mm de precisão.

A massa de ovos de cada fêmea foi removida cuidadosamente de seus pleópodos, colocada em uma placa de Petri, e os ovos foram contados com o auxílio de um estereomicroscópio de dissecação. Foram selecionados arbitrariamente 15 ovos de cada fêmea ovígera para serem mensurados o diâmetro menor (d1) e o maior (d2), para posteriormente calcular seu volume, a partir da fórmula:

$$V = \pi \times (d1)^2 \times (d2) / 6$$

Onde, V = volume do embrião (mm<sup>3</sup>), d1 = diâmetro menor do ovo e d2 = diâmetro maior do ovo.

Essa metodologia foi aplicada para os ovos nos três estágios de desenvolvimento para verificar uma possível mudança no número, volume e forma dos ovos durante o período de incubação. Após a determinação do volume de cada um dos 15 ovos, era calculado o volume médio do ovo para cada fêmea ovígera.

### **2.3. Cálculo do Esforço Reprodutivo (*Reproductive Output – RO*)**

Após a medição dos ovos, eles foram lavados com água destilada. A água intersticial foi removida pela ação absorvente de um papel de filtro. Os ovos foram levados a uma estufa, onde foram secos a 50° C, durante um período de 24h, até atingir um peso seco constante. Os ovos foram pesados com o auxílio de uma balança analítica com uma precisão de 0,0001g.

Esses mesmos procedimentos foram aplicados para as fêmeas ovígeras que tiveram seus ovos retirados dos pleópodos, exceto que o peso seco foi obtido após 48 horas (LARDIES & WERTHMANN, 1997)

O esforço reprodutivo foi estimado através do Índice de Rendimento Reprodutivo (*Reproductive Output – RO*), através de um cálculo executado apenas para fêmeas com ovos no estágio I (inicial), a partir da seguinte fórmula:

$$RO = \text{peso seco total da massa de ovos das fêmeas} / \text{peso seco total da fêmea sem ovos}$$

Para a análise de fecundidade foram incluídas apenas as fêmeas no estágio I (inicial), devido a provável perda de ovos e mudanças no volume que ocorrem durante o desenvolvimento embrionário.

#### **2.4. Análise dos dados**

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para testar a normalidade dos dados referente ao comprimento do escudo cefalotorácico (CEC).

O teste t de Student foi utilizado para detectar diferenças significativas entre os tamanhos das fêmeas ovígeras entre as diferentes localidades.

Foram utilizadas regressões lineares para descrever as relações entre o CEC e o com o número de ovos recém liberados pelas fêmeas (Estágio I). Os dados referentes a esta análise foram padronizados através da transformação logarítmica ( $\ln x$ ).

A Análise de Variância (ANOVA – um critério) com Teste de Tukey *a posteriori* foi aplicada para detectar as alterações no volume e a perda de ovos durante o desenvolvimento embrionário.

O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para verificar a relação entre o volume interno das conchas e o número de ovos produzidos.

O teste de Mann-Whitney (Teste U) foi utilizado para verificar as diferenças no esforço reprodutivo das fêmeas entre as áreas estudadas.

Todas as análises foram realizadas com um nível de significância ( $\alpha$ ) de 95% (ZAR, 1989).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Fêmeas ovígeras

##### 3.1.1. *Clibanarius antillensis*

O tamanho médio das fêmeas ovígeras analisadas variou de 2,17 a 3,04 mm ( $2,67 \pm 0,21$  mm) na praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) e de 2,87 a 3,82 mm ( $3,29 \pm 0,33$  mm) na praia do Araçá (São Sebastião – SP) e foi significativamente diferente entre as áreas estudadas ( $t = -10,983$ ;  $p < 0,0001$ ) (Figura 8).

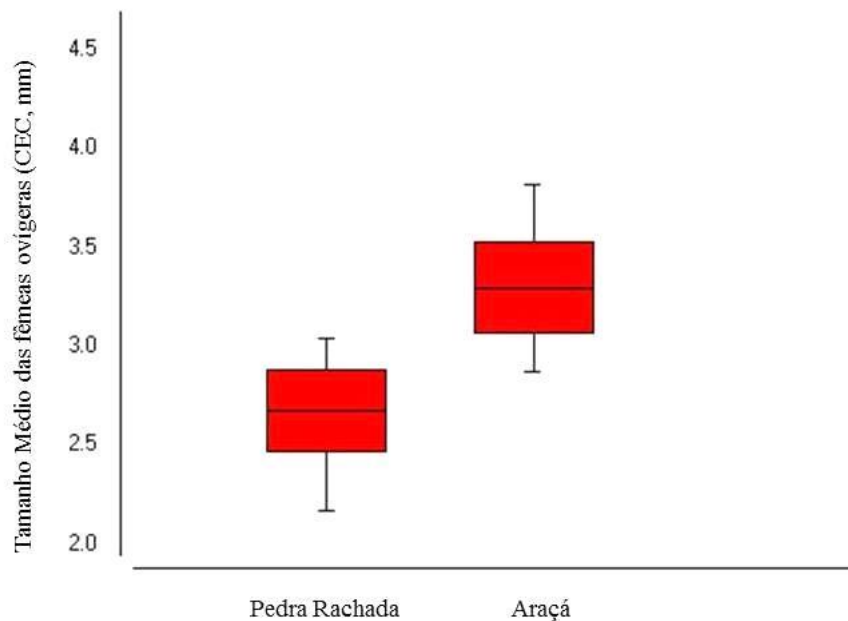


Figura 8. *Clibanarius antillensis*. Distribuição de médias do Comprimento do Escudo Cefalotorácico (CEC) das fêmeas ovígeras coletadas nas duas áreas de estudo (Praia da Pedra Rachada, Paracuru, Ceará; Praia do Araçá, São Sebastião, São Paulo).

##### 3.1.2. *Calcinus tibicen*

O tamanho médio das fêmeas ovígeras analisadas variou de 2,62 a 4,63 mm (média de  $3,73 \pm 0,52$  mm) na praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) e 3,75 a 5,52 mm ( $4,62 \pm 0,45$  mm) na praia Grande (Ubatuba – SP) e foi significativamente diferente entre as áreas estudadas ( $t = -7,4292$ ,  $p < 0,0001$ ) (Figura 9).

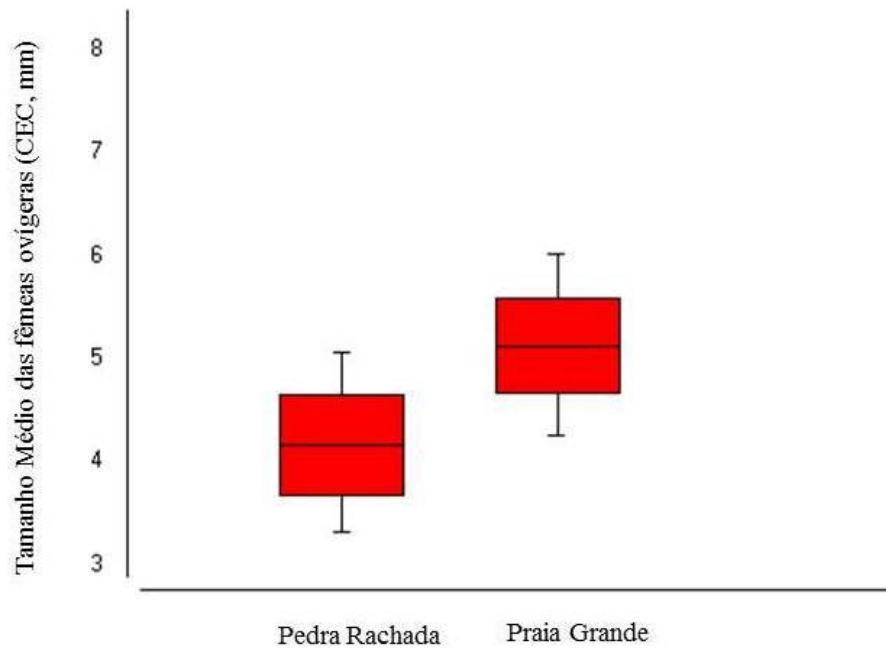


Figura 9. *Calcinus tibicen*. Distribuição de médias do Comprimento do Escudo Cefalotorácico (CEC) das fêmeas ovígeras coletadas nas duas áreas de estudo (Praia da Pedra Rachada, Paracuru, Ceará; Praia Grande, Ubatuba, São Paulo).

### 3.2. Produção e perda de ovos

#### 3.2.1. *Clibanarius antillensis*

O número de ovos produzidos das fêmeas analisadas na praia da Pedra Rachada variou de 15 (CEC = 2,61 mm) a 200 (CEC = 2,61 mm). O número médio de ovos recém-produzidos (Estágio I) foi de  $97,54 \pm 45,96$  ( $n = 11$ ), aumentando para  $126,8 \pm 38,70$  ( $n = 5$ ) no estágio II e diminuindo para  $81,21 \pm 47,93$  ( $n = 14$ ) no estágio III (Tabela X). Houve a presença de ovos infertilizados ou aberrantes, de coloração esbranquiçada, diferente da coloração alaranjada habitual dos ovos nos três estágios descritos e de morfologia variada (forma de V, alongados, etc). Esses ovos foram encontrados juntamente com os ovos nos estágio I (Fig. 10) ou de forma única nos pleópodos. O número médio de ovos aberrantes encontrados foi de  $94,45 \pm 50,59$ , sendo que quando juntos os ovos no estágio I, a média foi de  $80,88 \pm 26,85$ , e quando nos pleópodos havia unicamente esse tipo de ovo, a média foi de  $99,54 \pm 56,77$ . A produção de ovos não aumentou significativamente com o tamanho do escudo cefalotorácico das fêmeas ( $R^2 = 0,0187$ ;  $p = 0,68^{ns}$ ) (Figura 11).

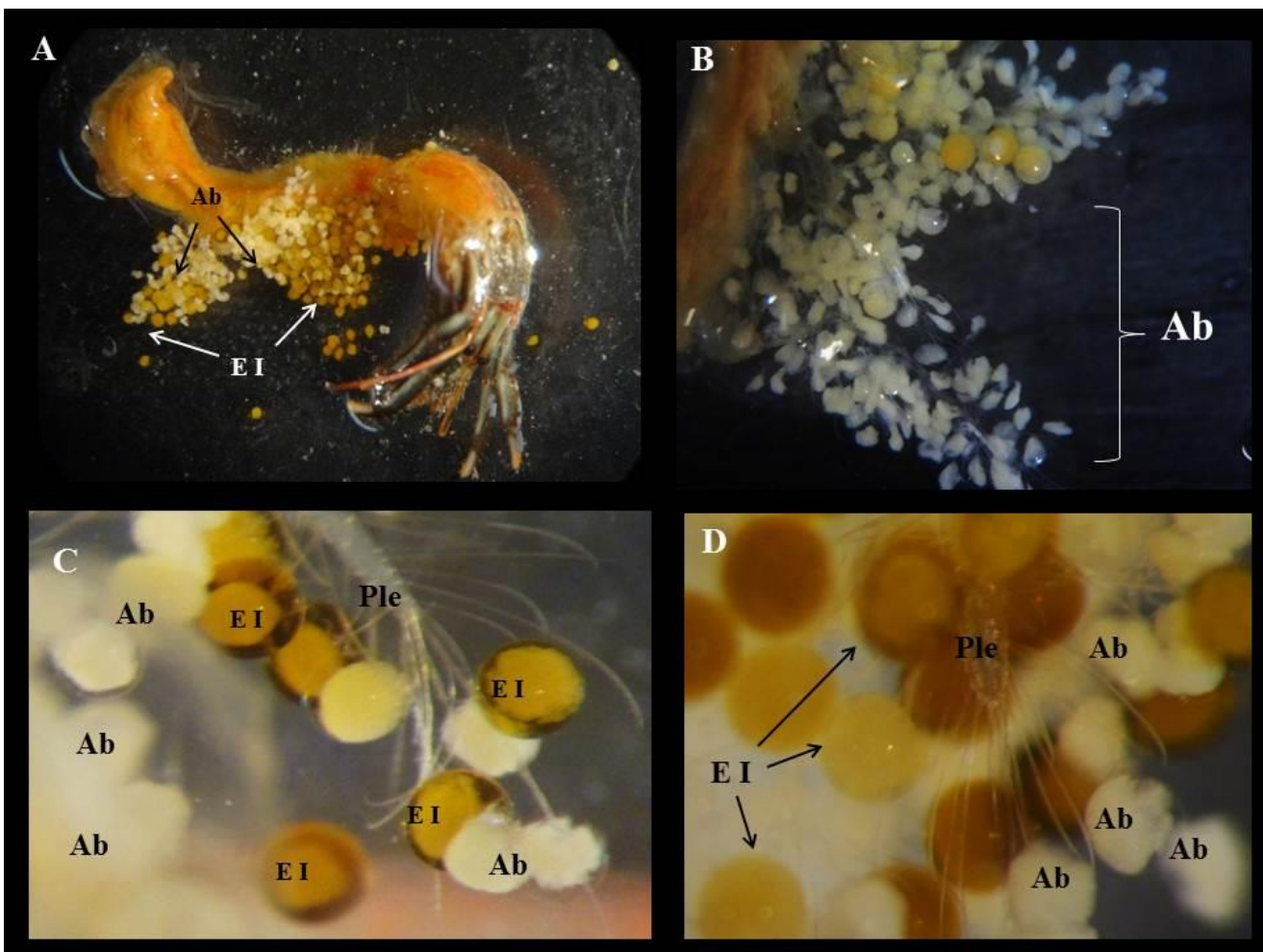


Figura 10. *Clibanarius antillensis*. Fêmea ovígera e ovos aberrantes. A – Fêmea ovígera portando ovos no estágio I e ovos aberrantes em seus pleópodos; B – Ovos aberrantes evidenciando suas variações morfológicas; C e D – Ovos no estágio I e aberrantes, evidenciando suas diferenças de coloração e morfológicas. Ab: ovos aberrantes ou infertilizados; E I: ovos no estágio I; Ple: pleópodo.

Na Praia do Araçá, o número de ovos produzidos pelas fêmeas analisadas variou de 139 (CEC = 2,87 mm) a 864 (CEC = 3,79 mm). O número médio de ovos recém-produzidos (Estágio I) foi de  $499,87 \pm 204,94$  ( $n = 16$ ), decrescendo para  $265 \pm 77,11$  ( $n = 8$ ) no estágio II e para  $226,66 \pm 131,81$  no estágio III (Tabela 1). A produção de ovos aumentou significativamente com o tamanho das fêmeas ( $R^2 = 0,9989$ ;  $p < 0,0001$ ) (Figura 11).

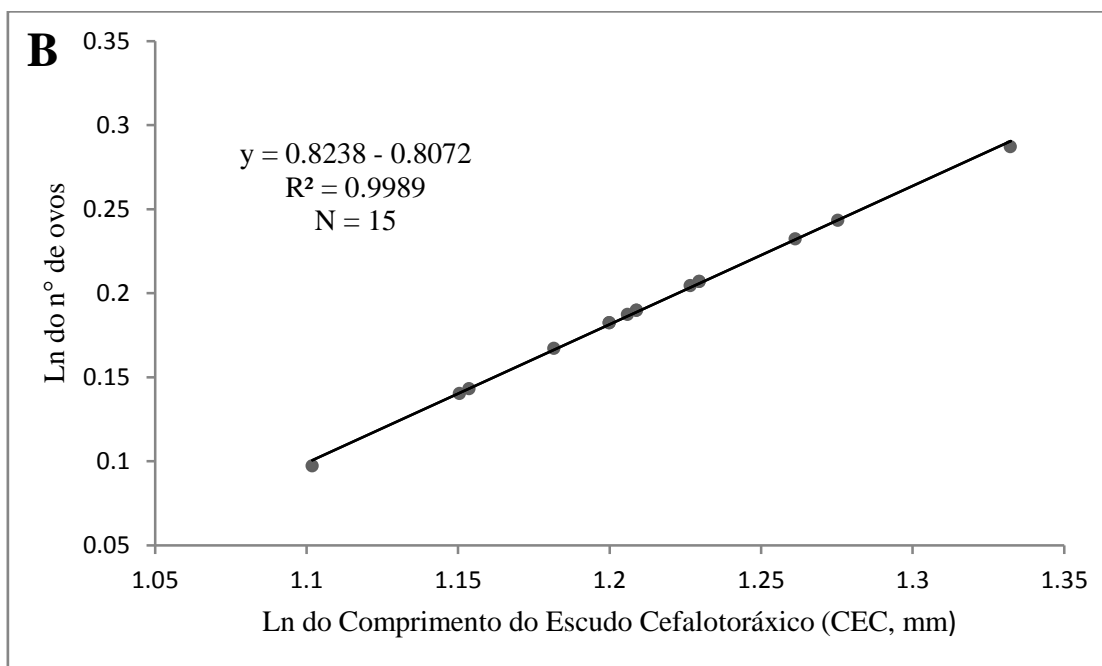
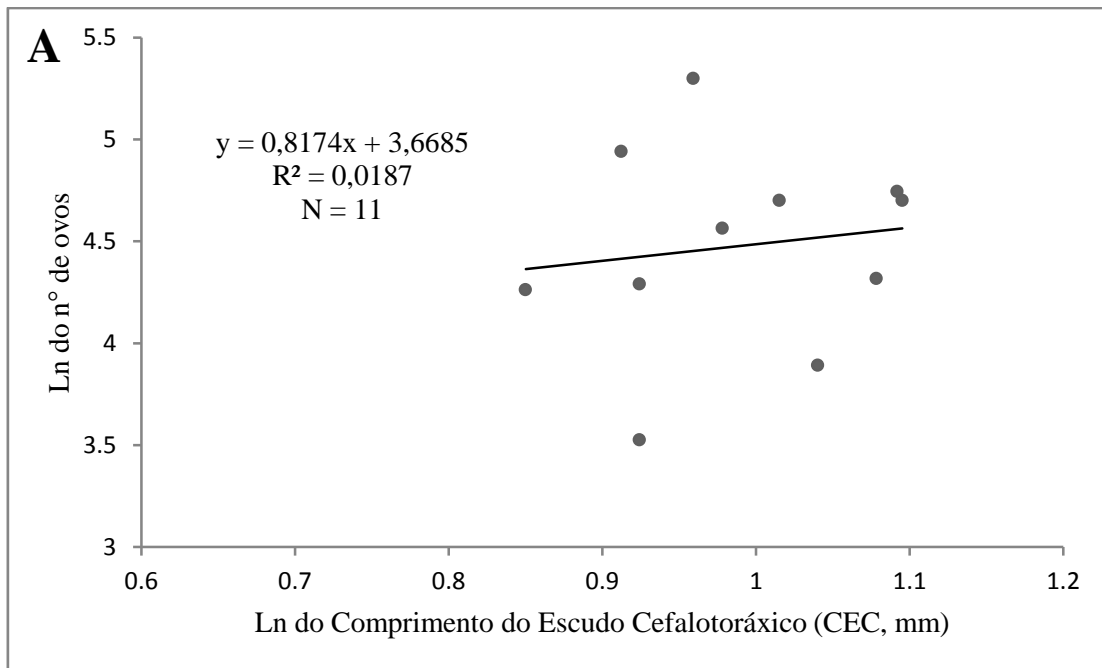


Figura 11. *Clibanarius antillensis*. Fecundidade nas duas áreas estudadas da costa brasileira. As regressões são baseadas nos dados logaritmizados obtidos com as fêmeas carregando ovos recém-liberados (estágio I). CEC = Comprimento do Escudo Cefalotorácico, N = número de observações. A – Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) e B – Praia do Araçá (São Sebastião – SP).

A perda de ovos no decorrer do desenvolvimento embrionário (E I – III) foi detectada nas duas populações estudadas (Tabela 1), com uma porcentagem menor e não significativa de perda na população da Praia da Pedra Rachada (CE) (16,74%) ( $F = 1,8445$ ;  $p = 0,1759^{ns}$ ) e uma significativa porcentagem de perda na população da Praia do Araçá (SP) (36,62%) ( $F = 7,5121$ ;  $p = 0,0029^*$ ; Teste de Tukey *a posteriori*,  $p < 0,05$ ).

Com relação ao volume, ovos menores foram encontrados na população do estado do Ceará, onde o volume médio dos ovos aumentou de  $0,0154 \text{ mm}^3$  (Estágio I) para  $0,0255 \text{ mm}^3$  (Estágio III), mostrando um aumento de 65,45% de volume durante o desenvolvimento embrionário. Fêmeas ovígeras da população do estado de São Paulo produziram ovos consideravelmente maiores, com o volume médio aumentando de  $0,0202 \text{ mm}^3$  (Estágio I) para  $0,0342 \text{ mm}^3$  (Estágio III), caracterizando um incremento de 69,3% no volume dos ovos durante o desenvolvimento embrionário (Tabela 1). A comparação entre o volume dos ovos nos três estágios entre as duas áreas estudadas pode ser observada na Figura 12.

Na população do estado do Ceará não houve alteração significativa do volume dos ovos recém-liberados (Estágio I) para o Estágio II, mas entre os estágios I e III, e entre II e III, as alterações do volume foram significativas ( $F = 14,0045$ ;  $p = 0,0002$ ; Teste de Tukey *a posteriori*,  $p < 0,05$ ). Já para a população do estado de São Paulo, houve alterações significativas entre o estágio I e os estágios II e III, mas não entre o estágio II e III ( $F = 14,4049$ ;  $p = 0,0002$ ; Teste de Tukey *a posteriori*,  $p < 0,05$ ).

O volume interno médio das conchas ocupadas pelo ermitão *C. antillensis* foi menor ( $0,73 \pm 0,19 \text{ mL}$ ) na Praia da Pedra Rachada e maior ( $1,87 \pm 0,98 \text{ mL}$ ) na Praia do Araçá. O volume interno não foi significativamente correlacionado com o número de ovos carregado nos pleópodos das fêmeas ( $r = 0,076$ ;  $t = 0,4077$ ;  $n = 30$ ;  $gl = 28$ ;  $p = 0,6866^{ns}$  – Praia da Pedra Rachada;  $r = 0,34$ ;  $t = 1,9087$ ;  $n = 30$ ;  $gl = 28$ ;  $p = 0,0665^{ns}$  – Praia Grande).

Tabela 1. *Clibanarius antillensis*. Aumento do volume do ovo e perda de ovos durante o período de incubação (estágios I a III). Comparação dos dados obtidos das duas populações estudadas na costa brasileira nas seguintes localidades: Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) e Praia do Araçá (São Sebastião – SP). E I – Estágio I; E II – Estágio II; E III – Estágio III.

	<b>Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) 03°23'53''E; 39°00'38''W</b>	<b>Praia do Araçá (São Sebastião – SP) (23°48'78,1''S; 45°24'46,9''W)</b>
<b>Aumento do Volume do Ovo (%)</b>		
<b>E I – II</b>	12,58	39,22
<b>E II – III</b>	46,95	20,83
<b>E I – III</b>	65,45	69,43
<b>Perda de Ovos (%)</b>		
<b>E I – II</b>	–	48,76
<b>E II - III</b>	35,95	41,84
<b>E I – III</b>	16,72	36,72

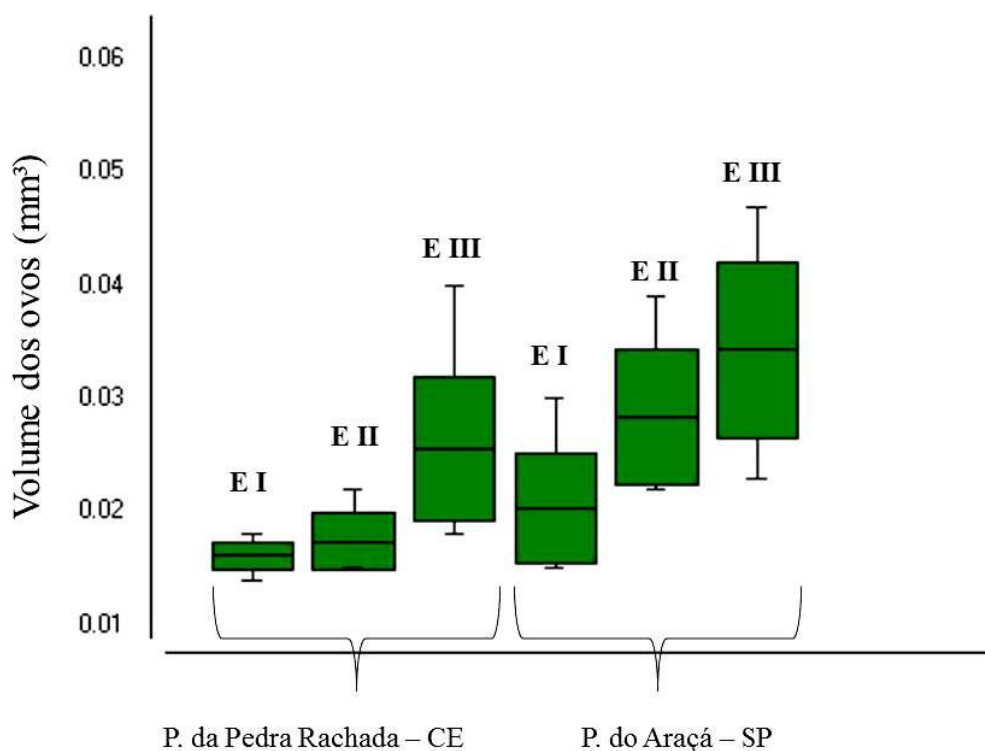


Figura 12. *Clibanarius antillensis*. Comparação entre o volume dos ovos nos três estágios de desenvolvimento das duas populações estudadas na costa brasileira nas seguintes localidades: Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) e Praia do Araçá (São Sebastião – SP). E I – Estágio I; E II – Estágio II; E III – Estágio III.



### 3.2.2. *Calcinus tibicen*

O número de ovos produzidos das fêmeas analisadas na praia da Pedra Rachada variou de 12 (CEC = 4,52 mm) a 221 (CEC = 3,96 mm). O número médio de ovos recém-produzidos (Estágio I) foi de  $161,07 \pm 47,89$  (N = 13), decrescendo para  $107,5 \pm 21,37$  no estágio II (N = 4) e  $62,23 \pm 34,08$  (N = 13) no estágio III (Tabela 2). A produção de ovos não aumentou significativamente com o tamanho das fêmeas ( $R^2 = 0,0519$ ,  $p = 0,5402$ ). Houve a presença de ovos infertilizados ou aberrantes, de coloração esbranquiçada, diferente da coloração alaranjada habitual dos ovos nos três estágios descritos e de morfologia variada (forma de V, alongados, etc). Esses ovos foram encontrados juntamente com os ovos nos estágio I ou de forma única nos pleópodos. O número médio de ovos aberrantes encontrados foi de  $99,5 \pm 65,04$ , sendo que quando juntos aos ovos no estágio I, a média foi de  $65,28 \pm 31,72$ , e quando nos pleópodos havia unicamente esse tipo de ovo, a média foi de  $179,33 \pm 48,5$ . A produção de ovos não aumentou significativamente com o tamanho do escudo cefalotorácico das fêmeas ( $R^2 = 0,0519$ ;  $p = 0,5402^{ns}$ ) (Figura 13).

Na Praia Grande, a fecundidade variou de 371 (CEC = 3,75 mm) a 1477 (CEC = 4,87 mm). O número médio de ovos recém-produzidos (Estágio I) foi de  $676,82 \pm 305,33$  (N = 17) diminuindo para  $664 \pm 336,42$  (N = 7) no estágio II e  $483 \pm 215,77$  (N = 6) no estágio III (Tabela 2). A produção de ovos aumentou significativamente com o tamanho do escudo cefalotorácico das fêmeas ( $R^2 = 0,9986$ ;  $p < 0,0001$ ) (Figura 13).

A perda de ovos no decorrer do desenvolvimento embrionário (E I – III) foi detectada nas duas populações estudadas (Tabela 2), com uma porcentagem maior e não significativa de perda na população da Praia da Pedra Rachada (CE) (61,36%) ( $F = 20,0348$ ;  $p < 0,0001$ ; Teste de Tukey *a posteriori*,  $p < 0,01$ ) e menor e não significativa porcentagem de perda na população da Praia Grande (SP) (28,63%) ( $F = 0,9804$ ;  $p = 0,6099^{ns}$ ) (Tabela 2).

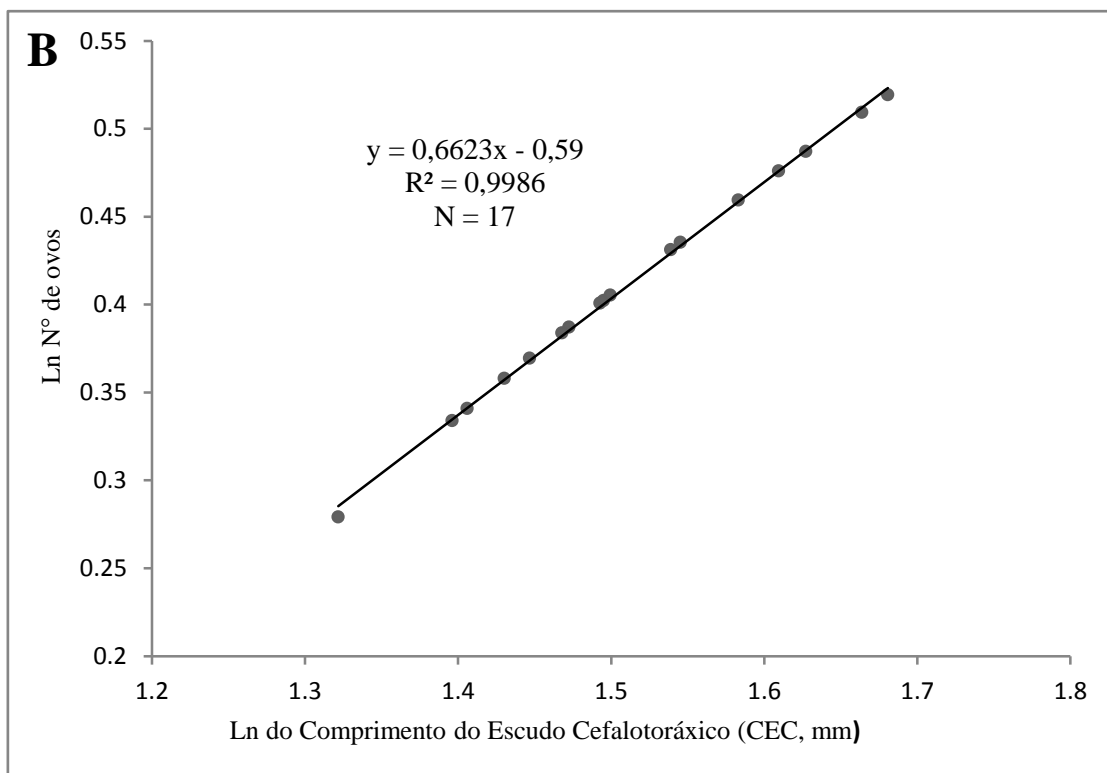
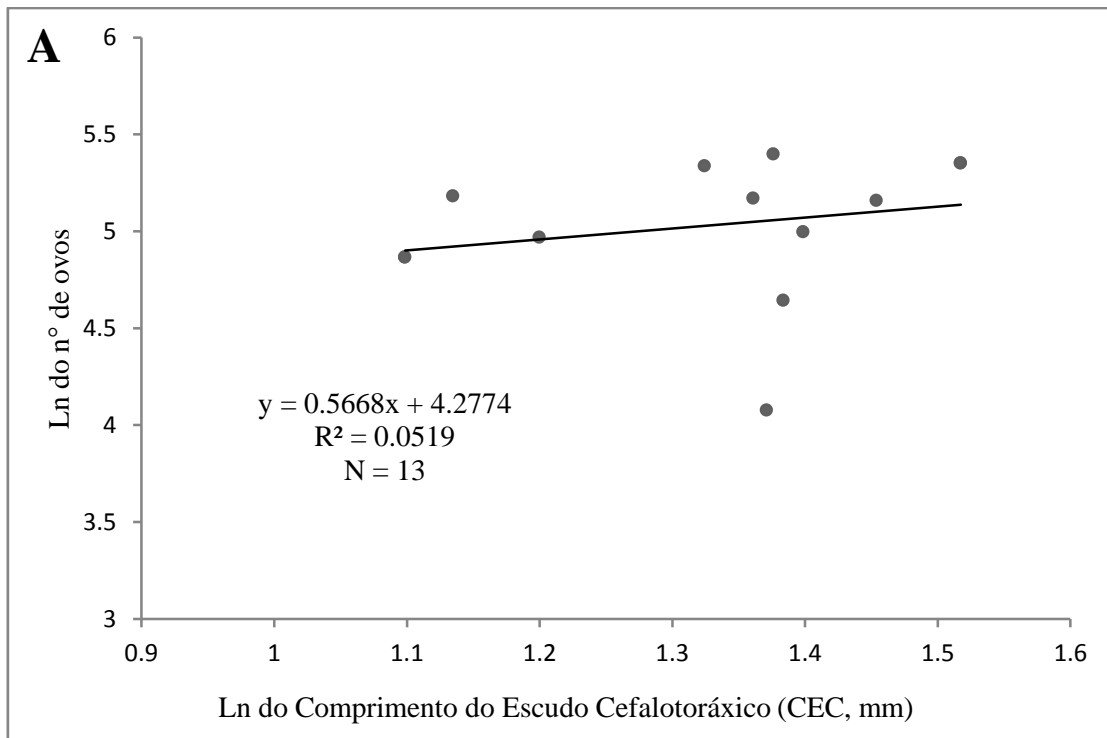


Figura 13. *Calcinus tibicen*. Fecundidade nas duas áreas estudadas da costa brasileira. As regressões são baseadas nos dados logaritmizados obtidos com as fêmeas carregando ovos recém-liberados (estágio I). CEC = Comprimento do Escudo Cefalotorácico, N = número de observações. A – Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) e B – Praia Grande (Ubatuba – SP).

Com relação ao volume, ovos menores foram encontrados na população do estado do Ceará, onde o volume médio dos ovos aumentou de 0,0159 mm<sup>3</sup> (Estágio I) para 0,0311 mm<sup>3</sup> (Estágio III), mostrando um aumento de 95,65% de volume durante o desenvolvimento embrionário. Fêmeas ovígeras da população do estado de São Paulo produziram ovos consideravelmente maiores, com o volume médio aumentando de 0,0257 mm<sup>3</sup> (Estágio I) para 0,0561mm<sup>3</sup> (Estágio III), caracterizando um incremento de 118,29 % no volume dos ovos durante o desenvolvimento embrionário (Tabela 2). A comparação entre o volume dos ovos nos três estágios entre as duas áreas estudadas pode ser observada na Figura 14.

Na população do estado do Ceará não houve alteração significativa do volume dos ovos recém-liberados (Estágio I) para o Estágio II, mas entre os estágios I e III, e entre II e III, as alterações do volume foram significativas ( $F = 16,4093$ ;  $p < 0,0001$ ; Teste de Tukey *a posteriori*,  $p < 0,05$ ). Já para a população do estado de São Paulo, houve alterações significativas entre os três estágios de desenvolvimento embrionário ( $F = 31,0327$ ;  $p < 0,0001$ ; Teste de Tukey *a posteriori*,  $p < 0,05$ ).

O volume interno das conchas ocupadas pelas fêmeas ovígeras variou de 0,3 a 17 mL (média de  $2,93 \pm 3,56$ ) na Praia da Pedra Rachada e de 2,1 a 20 mL (média de  $7,16 \pm 4,32$ ) na Praia Grande. O volume interno não foi significativamente correlacionado com o número de ovos carregado nos pleópodos das fêmeas ovígeras na Praia da Pedra Rachada ( $r = 0,36$ ;  $t = 2,0374$ ;  $gl = 28$ ;  $p < 0,0511^{ns}$ ), mas na Praia Grande essa correlação foi significativa ( $r = 0,698$ ;  $t = 5,1580$ ;  $n = 30$ ;  $gl = 28$ ;  $p < 0,0001$ ).

Tabela 2. *Calcinus tibicen*. Aumento do volume do ovo e perda de ovos durante o período de incubação (estágios I a III). Comparação dos dados obtidos das duas populações estudadas na costa brasileira nas seguintes localidades: Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) e Praia do Araçá (São Sebastião – SP). E I – Estágio I; E II – Estágio II; E III – Estágio III.

	<b>Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) 03°23'53''E, 39°00'38''W</b>	<b>Praia Grande (Ubatuba – SP) 23°27'98''S; 45°03'49''W</b>
<b>Aumento do Volume do Ovo (%)</b>		
<b>E I – II</b>	33,59	66,16
<b>E II – III</b>	46,60	32,90
<b>E I – III</b>	95,65	118,29
<b>Perda de Ovos (%)</b>		
<b>E I – II</b>	32,26	1,89
<b>E II - III</b>	42,11	27,26
<b>E I – III</b>	61,36	28,63

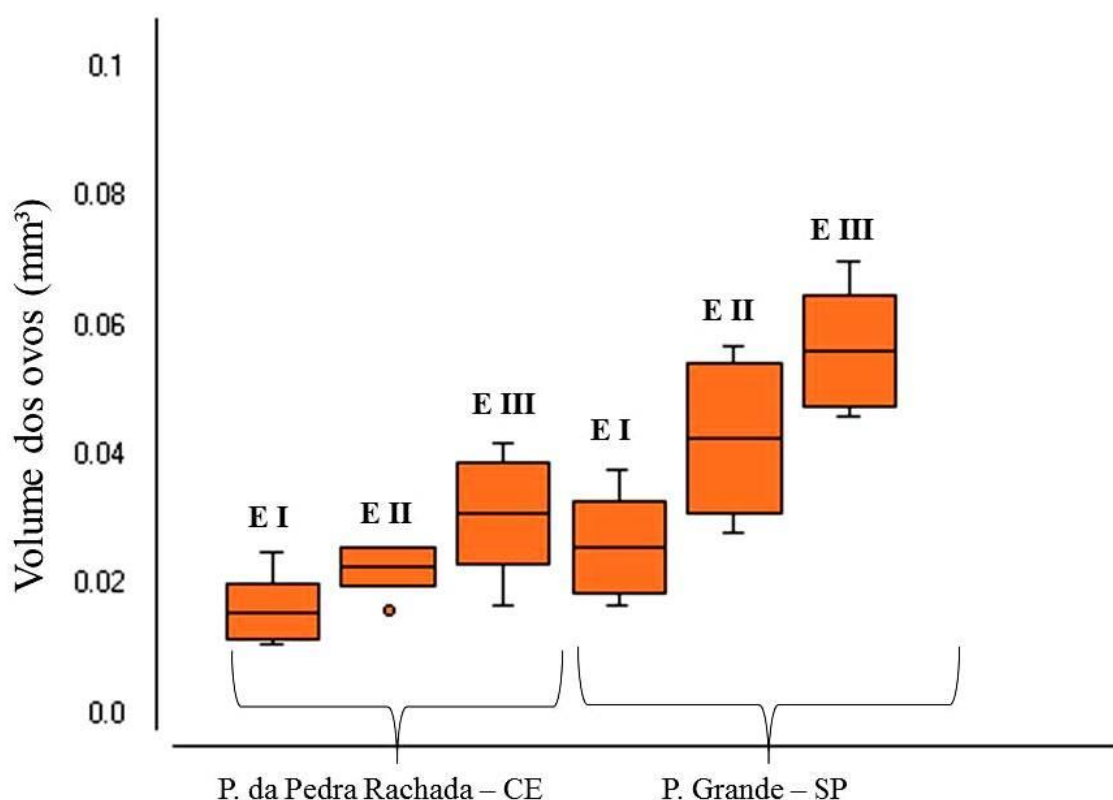


Figura 14. *Calcinus tibicen*. Comparação entre o volume dos ovos nos três estágios de desenvolvimento das duas populações estudadas na costa brasileira nas seguintes localidades: Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) e Praia Grande (Ubatuba – SP). E I – Estágio I; E II – Estágio II; E III – Estágio III.

### 3.3. Esforço Reprodutivo (*Reproductive Output* – RO)

#### 3.3.1. *Clibanarius antillensis*

Com base no peso seco das fêmeas ovígeras e das massas de ovos, considerando exclusivamente os ovos recém-liberados, o índice de esforço reprodutivo médio foi de 0,03 ( $\pm$  0,02) na Praia da Pedra Rachada e 0,21 ( $\pm$  0,11) na Praia do Araçá (Figura 15). A massa de ovos compreendeu uma média de 6,29% e 21,28% o peso seco das fêmeas nas respectivas áreas. O RO foi significativamente diferente entre as duas áreas estudadas ( $U = 4,00$ ;  $p < 0,0001$ ).

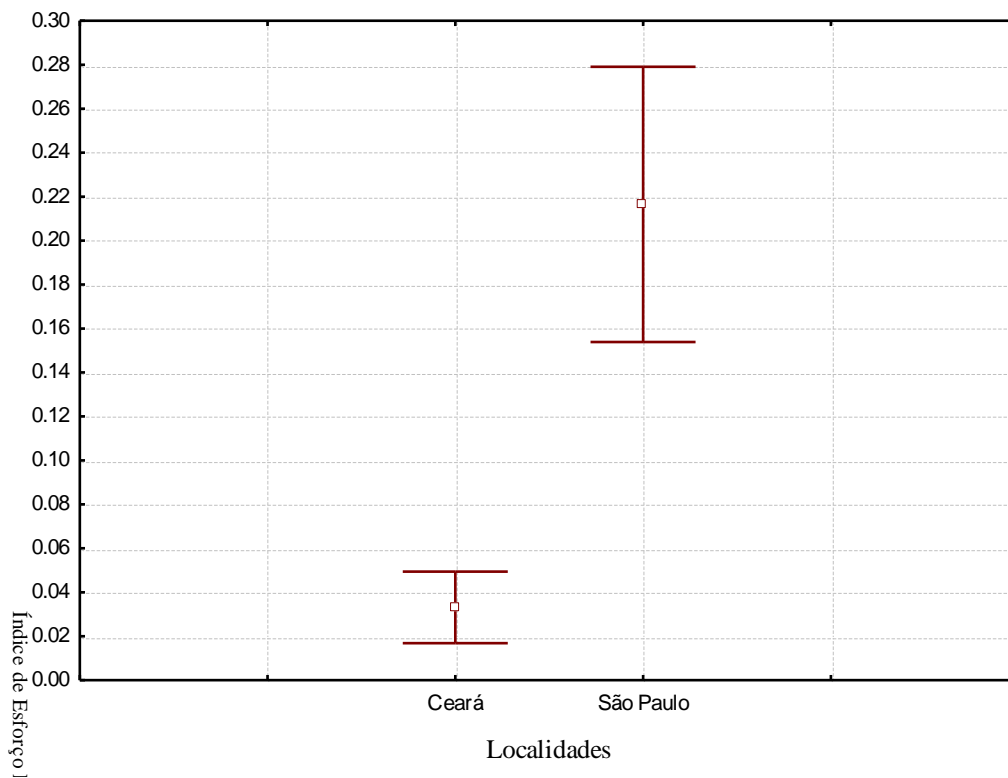


Figura 15. *Clibanarius antillensis*. Índice de Rendimento Reprodutivo (média e desvio padrão; baseado no peso seco) das fêmeas das duas localidades estudadas: Praia da Pedra Rachada (Paracuru – Ceará) e Praia do Araçá (São Sebastião – São Paulo).

### 3.3.2. *Calcinus tibicen*

Com base no peso seco das fêmeas ovígeras e das massas de ovos, considerando exclusivamente os ovos recém-liberados, o índice de esforço reprodutivo médio foi de 0,03 ( $\pm 0,02$ ) na Praia da Pedra Rachada e 0,13 ( $\pm 0,08$ ) na Praia Grande (Figura 16). A massa de ovos compreendeu em média cerca de 3,13% o peso seco das fêmeas ovígeras na Praia da Pedra Rachada e 12,71% na Praia Grande. O RO foi significativamente diferente entre as duas áreas estudadas ( $U = 13,00$ ;  $p < 0,0001$ ).

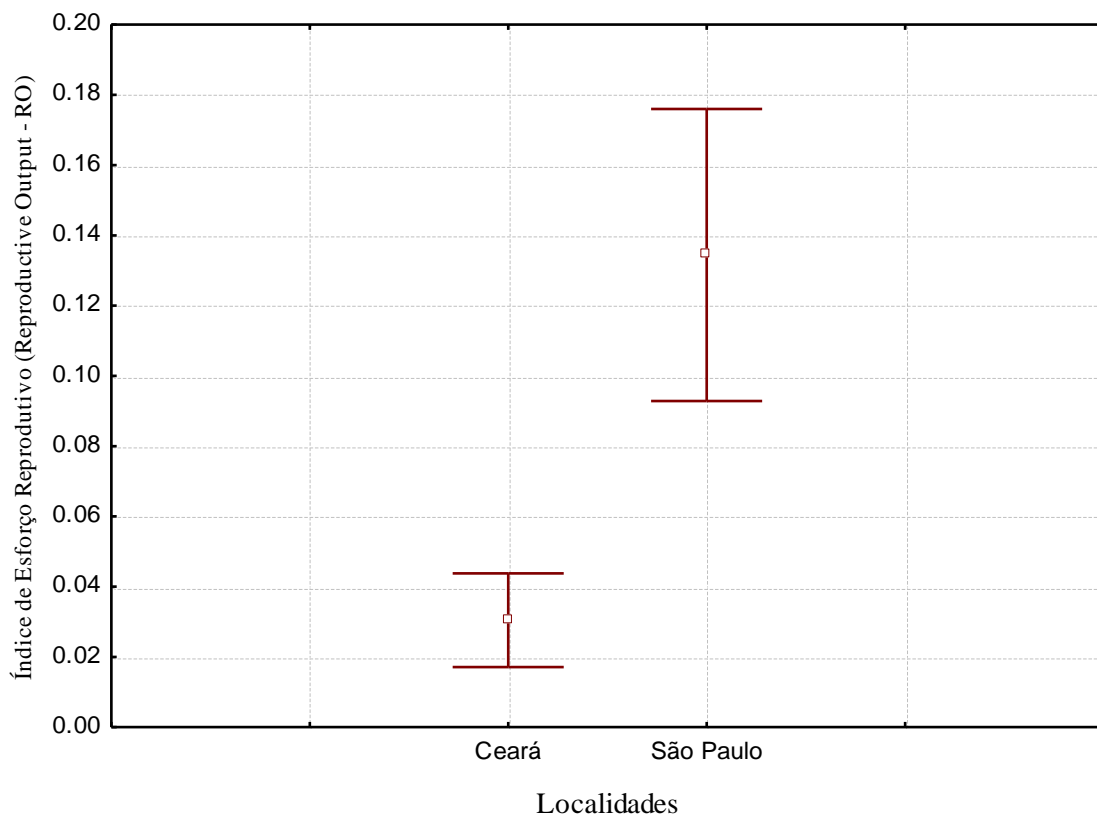


Figura 16: *Calcinus tibicen*. Índice de Rendimento Reprodutivo (média e desvio padrão; baseado no peso seco) das fêmeas das duas localidades estudadas: Praia da Pedra Rachada (Paracuru – Ceará) e Praia Grande (Ubatuba – São Paulo).

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Fêmeas Ovíferas

O tamanho das fêmeas ovíferas de *Clibanarius antillensis* e *Calcinus tibicen* exibiu um padrão latitudinal, com fêmeas menores localizadas no estado do Ceará (menor latitude) e os maiores no estado de São Paulo (maior latitude). Esse padrão já foi registrado para outros crustáceos decápodos como o caranguejo *Pinnaxodes chilensis* (H. Milne Edwards, 1837) (Família Pinnotheridae) em três diferentes áreas na costa do Chile (LARDIES & CASTILLA, 2001); e o camarão *Artemesia longinara* Bate, 1888 (Família Penaeidae) em Caraguatatuba e Ubatuba (costa nordeste de São Paulo) (CASTILHO *et al.*, 2007). Já em um estudo comparativo realizado entre populações do ermitão *Clibanarius vittatus*, não foram encontradas diferenças significativas entre o tamanho das fêmeas ovíferas entre áreas do nordeste e sudeste do Brasil (MANTELATTO *et al.*, 2010).

As diferenças entre o tamanho das fêmeas nas duas áreas podem ser devidas a fatores que influem no crescimento, como a temperatura (KINNE, 1970), disponibilidade de alimento (HARRISON, 1990) e no caso dos ermitões, a disponibilidade e adequação das conchas de gastrópodes de cada uma das áreas, pois conchas inadequadas podem limitar o crescimento desses crustáceos (MARKHAM, 1968; FOTHERINGHAM, 1976a; 1976b).

Em regiões de latitudes inferiores, como o estado do Ceará, as fêmeas são menores e provavelmente atingem a maturidade sexual em tamanhos inferiores comparados com espécies de regiões subtropicais que são localizadas em áreas de maiores latitudes. É sugerido que as variações em alguns dos parâmetros da história de vida dos organismos, como o tamanho corporal, podem ser modificadas pelas condições ambientais relacionadas com a latitude, como a temperatura da água e a disponibilidade de alimentos.

### 4.2. Produção e perda de ovos

As variações na fecundidade em espécies co-genéricas e co-familiares podem ser relacionadas às características ambientais (SASTRY, 1983) variações no tamanho das fêmeas (CARLON & EBERSOLE, 1995), localização geográfica; e competição interespecífica por recursos (IOSSI *et al.*, 2005).

A baixa fecundidade encontrada em certas populações, como foi apresentado para os ermitões coletados na Praia da Pedra Rachada no presente estudo pode ser possível devido à presença de fêmeas ovígeras muito jovens, assumindo que as mesmas são primíparas, ou seja, desovaram pela primeira vez, produzindo uma menor quantidade de ovos (SOMERTON & MEYERS, 1983).

Diferenças de fecundidade entre populações de ermitões podem estar relacionadas a outros fatores como a disponibilidade de alimento e de conchas ou até mesmo diferenças no tamanho das fêmeas (TURRA & LEITE, 2001).

Certas características conquiológicas podem limitar a fecundidade dos ermitões, sendo essa limitação de maior intensidade no caso da coexistência de espécies competitivamente subordinadas em situação de simpatria com espécies competitivamente dominantes (FOTHERINGHAM, 1976a). Indivíduos que portam conchas com inadequações como tamanho e peso muito grande para o ermitão, danos físicos e presença acentuada de epibiontes, e volume interno reduzido tendem a produzir uma menor quantidade de ovos (FOTHERINGHAM, 1976a). O volume interno médio das conchas ocupadas pelos ermitões *C. antillensis* e *C. tibicen* coletados no Ceará foi menor se comparado com as conchas provenientes dos ermitões de São Paulo.

A presença de ovos infertilizados ou aberrantes nos pleópodos das fêmeas de *C. antillensis* e *C. tibicen* das populações do Ceará foi sem dúvida um dos principais fatores que contribuíram para a baixa fecundidade registrada para essas populações. Esse fato já foi documentado para outros crustáceos decápodos como o litodídeo *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) (MCMULLEN & YOSHIHARA, 1969); e os camarões *Lysmataamboinensis* De Man (1888) (FIEDLER, 1998); *Synalpheus fritzmuelleri* Coutière, 1909 e *Synalpheus apioceros* Coutière, 1909 (FELDER, 1982).

Os ovos aberrantes podem formar uma massa única nos pleópodos ou ocorrerem simultaneamente com ovos normais. Muitas hipóteses foram desenvolvidas para explicar esse tipo de anomalia nos ovos dos crustáceos decápodos. A alternativa mais aceita é que esses ovos são inférteis e são produzidos por fêmeas que não estão suficientemente maduras para copularem com os machos (FELDER, 1982). Estudos a nível histológico das gônadas podem elucidar com mais detalhe a ontogenia dos ovos aberrantes.



Com relação às dimensões, ovos grandes foram registrados para fêmeas de maior tamanho das populações, as quais estão provavelmente investindo mais energia na produção de seus ovos, acarretando no aumento dos diâmetros, em detrimento das fêmeas menores (TURRA & LEITE, 2001).

Os ovos de *C. antillensis* e *C. tibicen* tiveram um incremento no tamanho durante o seu desenvolvimento embrionário. Esse aumento do volume dos ovos é provavelmente devido ao acúmulo de água no ovo (hidratação) (PANDIAN, 1970; BRANCO & AVILAR, 1992; LARDIES & WEHRTMANN, 1996). A absorção de água favorece o rompimento da membrana externa dos ovos, culminando na liberação das larvas (WEAR, 1974). O aumento do volume dos ovos foi semelhante entre as populações das duas espécies estudadas, ocorrendo um maior incremento nas populações de *C. tibicen* entre os estágios I e III (95,65% – CE; 118,29% – SP). Um incremento bastante acentuado no volume dos ovos já foi registrado para outros crustáceos decápodos, como os camarões da família Alpheidae com taxas de até 274% de aumento (COREY & REID, 1991). Em um estudo realizado com a espécie de camarão carídeo *Alpheus nuttingi* (Schmitt, 1924) na praia de São Francisco (litoral de São Paulo, Brasil), houve um aumento de 87,42% no volume dos ovos no decorrer do desenvolvimento embrionário (PAVANELLI *et al.*, 2010).

Uma das explicações para o aumento do volume do ovo em latitudes maiores se deve ao fato de haver uma adaptação para a proteção dos embriões contra a diminuição da temperatura. O vitelo promove o suprimento de energia para os embriões no caso de haver longos períodos de incubação (THORSON, 1950).

A perda de ovos em crustáceos decápodos pode ser devida a vários fatores: o aumento do volume dos ovos durante o desenvolvimento embrionário pode causar uma restrição física de espaço, ocorrendo a redução de uma quantidade de ovos que pode ser significativa (COREY & REID, 1971; LARDIES & WEHRTMANN, 1997); a ocorrência de doenças (KURIS, 1991), de invertebrados predadores de ovos, como o poliqueto do gênero *Polydora*, que perfura a concha e se alimenta dos ovos (WILLIAMS & MCDERMOTT, 2004); e o parasitismo por isópodos da família Bopyridae (MCDERMOTT *et al.*, 2010).

A perda de ovos relativamente menor do ermitão *C. antillensis* da P. da Pedra Rachada em comparação com a população do Araçá, pode ser uma estratégia

reprodutiva para compensar a baixa fecundidade apresentada pela população, o que não ocorreu da mesma forma com a população de *C. tibicen*, que mesmo com uma baixa taxa de fecundidade, a taxa de perda de ovos foi relativamente alta comparada com a população da Praia Grande. Essas estratégias reprodutivas estão relacionadas à diferentes pressões seletivas agindo nessas populações (CODY, 1966). Conflitos agonísticos entre ermitões também podem provocar a perda efetiva de ovos pelas fêmeas, reduzindo a capacidade reprodutiva das mesmas (CHILDRESS, 1972).

#### 4.3. Esforço reprodutivo

Segundo Clarke (1987), o índice de esforço reprodutivo decresce com o aumento da latitude, sendo as espécies tropicais as que apresentam maiores valores deste índice se comparadas com espécies subtropicais ou temperadas. Os valores observados no presente trabalho para as espécies *C. antillensis* e *C. tibicen* não estão de acordo com este padrão. O esforço reprodutivo foi maior para as populações do estado de São Paulo.

O esforço reprodutivo também pode ser limitado pela disponibilidade de conchas e pelo volume interno desses reservatórios (CHILDRESS, 1972; FOTHERINGHAM, 1976a; BACH *et al.*, 1976; BERTNESS, 1981).

Os resultados demonstram que nesse estudo, as fêmeas de *C. antillensis* e *C. tibicen* das populações de São Paulo investem significativamente mais biomassa (peso seco) na produção de ovos do que as populações do Ceará. Esses valores sugerem que os indivíduos localizados nas latitudes menores, na qual estão sujeitos a altas temperaturas, destinam uma maior quantidade de energia para um rápido crescimento, alocando uma menor quantidade energética para a reprodução, gerando assim uma demanda conflitante (*trade-off*) entre crescimento e reprodução (DÍAZ, 1980).

O RO pode sofrer forte influência da presença de poluentes ou outras substâncias contaminantes (FORD *et al.*, 2003). Dessa forma, as populações de *C. antillensis* e *C. tibicen* do estado do Ceará, por estarem localizadas em uma área que sofre direta influência da ação antrópica, através de atividades portuárias, pode ter sido influenciadas pela presença dessas substâncias.

A biomassa total investida na produção de ovos varia amplamente dentro das populações de invertebrados marinhos, refletindo características adaptativas das espécies em relação às condições ambientais (THORSON, 1950; SASTRY, 1983;

CLARKE, 1993). O peso seco da massa de ovos corresponde em média 10% do peso das fêmeas nos caranguejos braquiúros, tendo uma amplitude de 3 a 22% (HINES, 1982, 1988, 1991, 1992). Em estudos realizados com outros crustáceos decápodos, como os camarões da Família Alpheidae, o valor da biomassa investida na produção de ovos foi de 8,5% para a espécie *Betaeus emarginatus* (H. Milne Edwards, 1837) (LARDIES & WEHRTMANN, 1997) e entre 9,7 e 14% para *Betaeus truncatus* Dana, 1852 (LARDIES, 1995).

No presente estudo, as fêmeas ovígeras dos ermitões *C. antillensis* das populações do Ceará e de São Paulo investiram respectivamente 6,29 e 21,28% do seu peso na produção de ovos. Enquanto as fêmeas de *C. tibicen* investiram respectivamente 3,13 e 12,71%. Esses valores foram próximos aos obtidos para outro ermitões da Família Diogenidae, como *Loxopagurus loxochelis* (Moreira, 1901) que apresentou 19,3% do peso das fêmeas investido na massa de ovos (TORATI & MANTELATTO, 2008) e 16% em *Clibanarius clibanarius* Dana 1852 (VARADARAJAN & SUBRAMONIAM, 1982). Os ermitões da família Paguridae apresentam maiores porcentagens de investimento de biomassa na produção de ovos, podendo variar de 20 a 49,5% (CARLON & EBERSOLE, 1995).

O investimento energético das fêmeas na produção de ovos foi menor para as populações localizadas no estado do Ceará. Essas variações poderem estar relacionadas à localização geográfica das espécies (variação latitudinal), devido as características da história de vida desses organismos associados a habitats com características diferentes (LARDIES & WEHRTMANN, 2001).

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, A. C. Z; MIGOTTO, A. E.; TURRA, A.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Araçá: biodiversidade, impactos e ameaças. **Biota Neotropica**, 10 (1): 219-264, 2010.
- BACH, C., HAZLETT, B.; RITTSCHOF, D., 1976. Effects of interspecific competition on fitness of the hermit crab *Clibanarius tricolor*. **Ecology**, 57 (3): 579-586, 1976.
- BERTNESS, M. D. The influence of shell-type on hermit crab growth, rate and clutch size (Decapoda, Anomura). **Crustaceana**, 40 (2): 197-205, 1981.
- BRANCO, J. O.; AVILLAR, M. G. 1992. Fecundidade em *Callinectes danae* Smith (Decapoda, Portunidae) da Lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. **Rev. Bras. Zool.**, 9 (3/4): 167-173, 1992.
- BOOLOOTIAN, R. A., GIESE, A. C., FARMANFARMAIN, A., TUCKER, J. Reproductive cycles of five west coast crabs. **Physiological Zoology**, 32: 213-220, 1959.
- CARLON, D. B.; EBERSOLE, J. P. Life-history variation among three temperate hermit crabs: The importance of size in reproductive strategies. **Biol. Bull.**, 188: 329-337, 1995.
- CASTILHO, L. A.; GAVIO, M. A.; COSTA, R. C.; BOSCHI, E. E.; BAUER, R. T.; FRANSOZO, A. 2007. Latitudinal variation in population structure and reproductive pattern of the endemic South american shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea). **Journal of Crustacean Biology**. 27(4): 548-552, 2007.
- CLARKE, A. Temperature, latitude and reproductive output. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 38: 89 – 99, 1987.
- CHILDRESS, J. R. Behavioral ecology and fitness theory in a tropical hermit crab. **Ecology**, 53:960-64, 1972
- CODY, M. L. A general theory of clutch size. **Evolution**. 20:174 – 84, 1966.
- COREY, S.; REID, D. M. Comparative fecundity in decapod crustaceans. I – The fecundity of thirty-three species of nine caridean shrimp. **Crustaceana**, 60, 270-294, 1991.

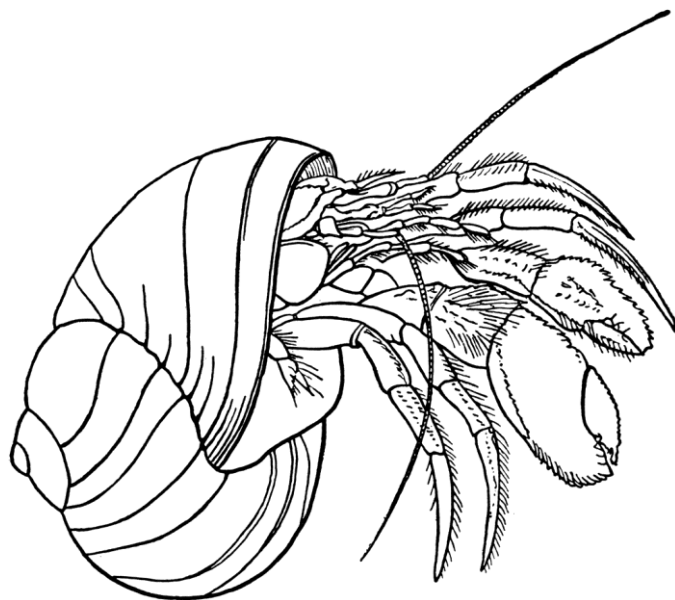
- DIAZ, H. The mole crab *Emerita talpoida* (Say): a case of changing life history pattern. **Ecological Monographs**, 50(4): 437-456, 1980
- FELDER, D. L. Reproduction of the snapping shrimp *Synalpheus fritzmulleri* and *S. apioceros* (Crustacea: Decapoda: Alpheidae) on a sublittoral reef off Texas. **Journal Of Crustacean Biology**, 2: 535 – 543, 1982.
- FIEDLER, G. C. Functional, simultaneous hermaphroditism in female phase *Lysmata amboinensis* (Decapoda: Caridea: Hippolytidae). **Pacific Science** 52: 161-169, 1998.
- FORD, A.; FERNANDES, T.; RIDER, S.; READ, P.; ROBINSON, C.; DAVIES, I. 2003. Measuring sublethal impacts of pollution on reproductive output of marine Crustacea. **Marine Ecology Progress Series (MPES)**, 265: 303-309, 2003.
- FOTHERINGHAM, N. Hermit crab shells as a limiting resource (Decapoda, Paguridea). **Crustaceana**, 31(2): 193-199, 1976a.
- FOTHERINGHAM, N. Population consequences of shell utilization by hermit crabs. **Ecology**, 77: 570-578, 1976b.
- HARRISON, K. E. The role of nutrition in maturation reproduction and embryonic development of decapod crustaceans: a review. **Journal of Shellfish Research**, 9: 1-28, 1990.
- HINES, A. H. Allometric constraints and variables of reproductive effort in brachyuran crabs. **Marine Biology**, 69: 309-320, 1982.
- HINES, A. H. Fecundity and reproductive output in two species of deep-sea crabs, *Geryon feneri* and *G. quinquedens* (Decapoda, Brachyura). **Journal of Crustacean Biology**, 8 (4): 557-562, 1988.
- HINES, A. H. Fecundity and reproductive output in nine species of *Cancer* crabs (Crustacea, Brachyura, Cancridae). **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, 48: 267-275, 1991.
- HINES, A. H. Constraint on reproductive output in brachyuran crabs: pinnotherids test the rule. **American Zoologist**, 32: 503-511, 1992.
- IOSSI, C. L.; BIAGI, R.; MANTELATTO; F. L. Egg reproduction and shell relationship of the hermit crab *Pagurus brevidactylus* (Anomura: Paguridae) from southern Brazil. **Animal Biology**. 55 (2): 111-121, 2005.
- KINNE, O. Temperature: animals ± invertebrates. In: Kinne O (ed) **Marine ecology**. Vol. 1: Environmental factors. Wiley-Interscience, London, pp 407-514, 1970.

- KURIS, A. M. A review of patterns and causes of crustacean brood mortality. In: **Crustacean Egg Production** (ed. by A. Wenner & A. Kuris), pp. 117-141, 1991.
- LAPTIKHOVSKY, V. Latitudinal and bathymetric trends in egg size variation: a new look at Thorson's and Rass's rules. **Marine Ecology**. 27: 7-14, 2006.
- LARDIES, M. A. Variación latitudinal en la biología reproductiva de *Betaeus truncatus* (Decapoda: Alpheidae). Lic. thesis, Univ. Austral de Chile, 1995.
- LARDIES, M. A.; CASTILLA, J. C. Latitudinal variation in the reproductive biology of the commensal crab *Pinnaxodes chilensis* (Decapoda: Pinnotheridae) along the Chilean coast. **Marine Biology**. 139: 1125-1133, 2001
- LARDIES, M. A.; WEHRTMANN, I. S. Egg production in *Betaeus emarginatus* (H. Milne Edwards, 1937) (Decapoda: Alpheidae): Fecundity, Reproductive Output and chemical composition of eggs. **Ophelia**, 46, 165-174, 1997.
- MANTELATTO, F. L. M. Biología reproductiva de *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (Decapoda, Brachyura, Portunidae) na região de Ubatuba (SP), Brasil. 147p. Instituto de Biociências – Botucatu – Universidade Estadual Paulista (Tese de Doutorado), 1995.
- MANTELATTO, F.L.M.; FRANSOZO, A. Fecundity of the crab *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (Decapoda, Brachyura, Portunidae) from the Ubatuba region, São Paulo, Brazil. **Crustaceana**, 70(2): 214-226, 1997.
- MANTELATTO, F. L., GARCIA, R. B. Reproductive potential of the hermit crab *Calcinus tibicen* (Anomura) from Ubatuba, São Paulo, Brazil. **Journal of Crustacean Biology**, 19: 268-275, 1999.
- MANTELATTO, F.L.M.; FERNANDES-GÓES, L. S.; FANTUCCI, M. Z.; BIAGI, R.; PARDO, L. M.; GÓES, J. M. A comparative study of population traits between two South American populations of the striped-legged hermit crab *Clibanarius vittatus*. **Acta Oecologica**, 36: 10-15, 2010.
- MARKHAM, J. C. 1968. Notes on growth patterns and shell utilization of the hermit crab *Pagurus bernhardus* (L.). **Ophelia** 5:189-205, 1968.
- MATTHEWS-CASCON, H., LOTUFO, T. M. C. **Biota Marinha da Costa Oeste do Ceará**. Ministério do Meio Ambiente, 248p., Brasília, 2006.
- MCDERMOTT, J. J.; WILLIAMS, J. D.; BOYKO, C. B. The unwanted guests of hermits: A global review of the diversity and natural history of hermit crab

- parasites. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 394, 2-44, 2010.
- MCMULLEN, J. C.; YOSHIHARA, H. T. Fate of unfertilized eggs in king crabs *Paralithodes camtschatica* (Tilesius). **J. Fish. Res. Board. Can.** 26: 2737 – 2740, 1969.
- NYBLADE, C. F. **Coexistence in sympatric hermit crabs**. University of Washington, Seattle, Seattle, 1974.
- PANDIAN, T. J. Ecophysiological studies on the developing eggs and embryos of the European lobster *Hommarus gammarus*. **Mar. Biol.**, 5, 154-167, 1970.
- PAVANELLI, C. A. M.; MOSSOLIN, E. C.; MANTELATTO, F. L. Maternal investment in egg production: environmental and population-specific effects on offspring performance in the snapping shrimp *Alpheus nuttingi* (Schmitt, 1924) (Decapoda, Alpheidae). **Animal Biology**, 60: 237-247, 2010.
- SASTRY, A. N. 1983. Ecological aspects of reproduction. In: T. H. Waterman (Ed.), **The Biology of Crustacea. VIII. Environmental Adaptations**, Academic Press, Inc., London, UK, 179-270, 1983.
- STEARNS, S.C. The Evolution of Life History. Oxford University Press, New York, pp. 249, 1992.
- SOMERTON, D. A.; MEYERS, W. S. 1983. Fecundity differences between primiparous and multiparous female Alaskan tanner crab (*Chionoecetes bairdi*). **Journal of Crustacean Biology**, Lawrence, 3 (2): 183-186, 1983
- THORSON, G. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. **Biological Review**, 25:1-45, 1950.
- TINKLE, D. W.; HADLEY, N. F. Lizard reproductive effort; caloric estimates and comments on its evolution. **Ecology** 56: 427-434, 1975.
- TORATI, L. S., MANTELATTO, F. L. Uncommon mechanism of egg incubation in the endemic southern hermit crab *Loxopagurus loxochelis*: how is this phenomenon related to egg production? **Acta Zoologica**, 89: 79-85, 2008.
- TURRA, A.; LEITE, F. P. P. Population Biology and growth of three sympatric species of intertidal hermit crabs in south-eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom** 80:1061 – 1069.
- VARADARAJAN, S.; SUBRAMONIAM, T. 1982. Reproduction of the continuously breeding tropical hermit crab *Clibanarius clibanarius*. **Marine Ecology Progress Series**, 8, 197-201, 2000.

- WEAR, G. Incubation in British decapod crustaceans, and the effect of temperature on the rate of success of embryonic development. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 54: 745-762, 1974.
- WILLIAMS, J. D.; MCDERMOTT, J. J. Hermit crab biocoenoses: a worldwide review of the diversity and natural history of hermit crab associates. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 305, 1-128, 2004.
- ZAR, J. H. 1984. Biostatistical analysis. 2<sup>nd</sup> edition. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 130 p.





## CAPÍTULO II:

Caracterização da epibiose e ocupação de conchas de gastrópodes por duas espécies de caranguejos-ermitões (Anomura: Diogenidae) em diferentes latitudes do Brasil

---

## RESUMO

### **Título: Caracterização da epibiose e ocupação de conchas de gastrópodes por duas espécies de caranguejos-ermitões (Anomura: Diogenidae) em diferentes latitudes do Brasil**

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar a epibiose em conchas ocupadas por ermitões em latitudes diferentes do Brasil. As conchas de moluscos gastrópodes ocupadas por esses crustáceos são substratos muito importantes que funcionam como agentes estruturadores da comunidade de organismos epibiontes no ambiente marinho. Ademais, estes organismos associados podem trazer custos ou benefícios para os ermitões. Exemplares de *Clibanarius antillensis* e *Calcinus tibicen* foram coletados manualmente durante marés baixas de sizígia a cada dois meses, de Fevereiro de 2011 a Janeiro de 2012 nas seguintes localidades: Praia da Pedra Rachada (Paracuru, CE; 03°23'52" S e 39°00'47,2" W); Praia do Araçá (São Sebastião, SP, 23 ° 48'78, 1" S e 45 ° 24'46, 9" W); e Praia Grande (Ubatuba, SP; 23°27'98''S e 45°03'49''W). O padrão de ocupação de conchas foi diferente entre as populações e entre o sexo e condição reprodutiva dos indivíduos. Fêmeas ovígeras mostraram uma maior especificidade na ocupação de conchas. As relações entre as dimensões das conchas e o comprimento do escudo cefalotorácico dos ermitões foram positivas e em sua maioria significativas para as espécies de conchas mais ocupadas. Em relação à epibiose, a maioria das conchas apresentaram epibiontes, sendo os mais abundantes as algas calcárias, briozoários e poliquetas serpulídeos e espirorbídeos. Alguns moluscos gastrópodos (*Crepidula plana* e desovas de Neritidae) e bivalves (*Crassostrea brasiliiana*, *Isognomon bicolor* e *Sphenia antillensis*) também foram encontrados. Houve diferenças entre a porcentagem dos grupos de epibiontes encontrados entre as áreas estudadas. Quanto aos danos nas conchas, foram caracterizados por: rachaduras na volta corporal e espira; abertura da concha ou protoconcha quebradas e fissuras nos sifões. A maioria dos danos foi concentrada na região da abertura da concha, sugerindo influência de atividades predatórias de braquiúros sobre as populações de ermitões ou até mesmo de moluscos.

**Palavras-chave:** *Clibanarius antillensis*, *Calcinus tibicen*, epibiontes.

## ABSTRACT

### **Title: Characterization of epibiosis and occupation of gastropod shells by two species of hermit crabs (Anomura: Diogenidae) at different latitudes in Brazil**

This study aimed to characterize the epibiosis in shells occupied by hermit crabs at different latitudes in Brazil. The gastropod shells occupied by these crustaceans are very important substrates that act as structuring agents of epibiont community in the marine environment. Moreover, these organisms associated can bring costs or benefits to hermit crabs. Specimens of *Clibanarius antillensis* and *Calcinus tibicen* were manually collected during spring low tides in a two months basis, from February 2011 to January 2012 at the following locations: Pedra Rachada Beach (Paracuru, CE, 03°23'52" S and 39°00'47,2" O); Grande Beach (Ubatuba, SP, 23°27'98" S and 45°03'49"W) and Segredo Beach (São Sebastião, SP, 23°49'41"S and 45°25'22"W). The shell occupation pattern was different between populations and also between sex and reproductive condition of individuals. Ovigerous females demonstrated a greater specificity in shell occupation. The relations between sizes of shells and shield length of hermit crabs were positive and mostly significant for the species of more occupied shells. Regarding epibiosis, most of the shells exhibited epibionts, being the most abundant calcareous algae, bryozoans, serpulid and spirorbid polychaete worms. Some gastropod mollusks (*Crepidula plana* and Neritidae spawns) and bivalve (*Crassostrea brasiliiana*, *Isognomon bicolor* and *Sphenia antillensis*) were also found. There were differences between percentage of epibiont groups found among the studied areas. Regarding damage in shells, they were characterized by: cracks in body whorl and spire; protoconch and shell aperture broken and fissures in siphon. Most of damage was concentrated in the region of shell aperture, suggesting influence of predatory activities by brachyuran populations in hermit crabs populations or even mollusks.

Keywords: *Clibanarius antillensis*, *Calcinus tibicen*, epibionts.

## 1. INTRODUÇÃO

Os processos de ocupação de conchas de moluscos gastrópodes por ermitões em campo sofrem influência de vários fatores relacionados a esses reservatórios, como o peso, a forma e arquitetura, o volume interno e a ocorrência de epibiontes (HAZLETT, 1981).

A adaptação à uma espécie particular de concha pode diferir entre as espécies de ermitões, refletindo inúmeras pressões seletivas, as quais podem estar associadas a diferentes habitats (BERTNESS, 1981b; GARCIA & MANTELATTO, 2000).

As conchas de moluscos gastrópodes ocupadas por ermitões provêm um substrato de grande importância para espécies epibiontes e endolíticas no ambiente marinho (WILLIAMS & MCDERMOTT, 2004; BROOKS & MARISCAL, 1986). As diferentes espécies de conchas ocupadas por esses crustáceos e a presença de determinados organismos associados podem influenciar diretamente na sua história de vida. O ato de trocas e escolha de novas conchas e o comportamento sexual pode ser diretamente afetado pela presença de organismos associados às conchas ocupadas pelos ermitões (HAZLETT, 1981; 1984).

A epibiose é um fenômeno ecológico de ocorrência típica no ambiente aquático. A água, devido a propriedades como sua alta viscosidade e a capacidade de diminuir o peso específico dos organismos imersos, promove a facilitação da fixação e posterior estabelecimento de organismos (WAHL, 1989). A ocorrência da epibiose é facilmente observável no ambiente marinho e a presença de substratos disponíveis pode, frequentemente, tornar-se um fator limitante para os organismos epibiontes (WAHL & MARK, 1999).

A epibiose também pode ser definida como uma associação não simbiótica e facultativa entre dois organismos, sendo um deles o substrato ou **basibionte**, o qual funciona como o hospedeiro para o outro organismo denominado **epibionte**, que cresce e vive associado a uma superfície viva (WAHL, 1989).

A colonização de uma superfície por epibiontes constitui uma das principais formas de modificações do basibionte. A intensidade da epibiose pode sofrer modificações de acordo com diferenças sazonais a disponibilidade dos epibiontes, diferenças na biologia do organismo colonizador e também pela variabilidade em

pequena escala na qualidade do substrato ocupado. Os epibiontes podem afetar parcial ou totalmente as propriedades físico-químicas da superfície colonizada, conferindo um estresse para o basibionte, devido à liberação de exsudatos ou pela conferência de danos mecânicos (WAHL, 2008).

Muitos trabalhos acerca da ocupação e preferência por conchas em ermitões já foram realizados (GARCIA & MANTELATTO, 2001; MANTELATTO & GARCIA, 2000; MANTELATTO & DOMICIANO, 2002; MANTELATTO *et al.*, 2007; MANTELATTO *et al.*, 2007; BIAGI *et al.*, 2006; FANTUCCI *et al.*, 2008; GALINDO *et al.*, 2008), mas há ainda uma carência referente a estudos das comunidades de epibiontes associadas às conchas utilizadas por esses crustáceos, principalmente para espécies tropicais.

No Brasil, ainda existe uma lacuna nos estudos referentes à ocorrência e caracterização dos organismos epibiontes associados a conchas de gastrópodes ocupadas pelas espécies de ermitões de nossa costa, sendo esses trabalhos restritos à região sudeste do país. Entre esses estudos, destacam-se o trabalho de Ayres-Peres & Mantelatto (2010), no qual foi analisada a ocorrência dos epibiontes em conchas utilizadas pelo ermitão *Loxopagurus loxochelis* Moreira, 1901 em duas áreas da costa nordeste do estado de São Paulo; e os trabalhos de Turra (2003) e Turra *et al.* (2005), que averiguaram a incrustação de epibiontes e a adequação de conchas utilizadas por ermitões simpátricos do gênero *Clibanarius* Dana, 1852 na ilha de Pernambuco, São Sebastião, São Paulo, Brasil.

Assim, esse trabalho tem como objetivo estudar o padrão de ocupação de conchas de gastrópodes ocupadas pelos ermitões *Clibanarius antillensis* e *Calcinus tibicen* coletados em praias do litoral cearense e paulista, bem como os epibiontes presentes nas mesmas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Coleta do Material

Exemplares de *Clibanarius antillensis* e *Calcinus tibicen* foram coletados manualmente durante marés baixas diurnas de sizígia a cada dois meses, de Fevereiro de 2011 a Janeiro de 2012 nas seguintes localidades já descritas no capítulo 1: Praia da Pedra Rachada (Paracuru, CE; 03°23'52" S e 39°00'47,2"W); Praia do Araçá (São Sebastião, SP; 23°48'78,1''S e 45°24'46,9''W); Praia Grande (Ubatuba, SP; 23°27'98''S e 45°03'49''W).

### 2.2. Análises laboratoriais

As conchas de moluscos gastrópodes foram identificadas de acordo com Rios (2009) e mensuradas quanto ao comprimento e largura de sua abertura (Figura 17) e os ermitões quanto ao comprimento do escudo cefalotorácico (Figura 18). O volume interno das conchas foi calculado pelo preenchimento do interior da concha com água e posterior medição com o auxílio de uma seringa de insulina com alta precisão.

A presença de epibiontes em relação às conchas ocupadas pelos ermitões *C. antillensis* e *C. tibicen* em diferentes regiões foi avaliada. As espécies de macroinvertebrados e macroalgas que compunham essa comunidade de epibiontes foram identificadas ao menor nível taxonômico possível. Foi feita uma mensuração qualitativa (presença/ausência) e observação, quando possível, da posição dos epibiontes na superfície da concha. Este procedimento foi feito desta forma devido a maioria das superfícies das conchas estarem totalmente cobertas pelos epibiontes, não havendo a possibilidade de descrever os limites exatos da incrustação de muitos organismos.

Através de uma análise sob o microscópio estereoscópico, as conchas foram observadas com o intuito de detectar a presença de danos. A frequência e a localização desses danos nas conchas ocupadas pelos ermitões *C. antillensis* e *C. tibicen* nas duas áreas (latitude NE e latitude SE) foi analisada através do teste do Qui-quadrado ( $X^2$ ) para averiguar se os ermitões usam as conchas mais preservadas ou danificadas disponíveis no ambiente. Apenas a presença ou ausência de conchas danificadas foi considerada. Os danos foram caracterizados nas seguintes categorias de acordo com sua posição nas conchas analisadas: Abertura (Rachada ou quebrada, danos no sifão ou

lábios interno e externo); Volta Corporal (Quebrada ou Rachada); Espira (Rachaduras ou furos); e Protoconcha (Quebrada).

Os espécimes de ermitões foram preservados em álcool etílico (70%) e depositados na Coleção Carcinológica do Laboratório de Invertebrados Marinhos do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará (CCLIMCE/DB/UFC) entre os números 515 a 530.

### 2.3. Análise dos dados

Correlações lineares foram empregadas para determinar as relações entre o CEC e dimensões CAC e LAC. O teste G foi utilizado para verificar possíveis diferenças na ocupação de conchas entre machos, fêmeas não-ovígeras e fêmeas ovígeras. O teste do Qui-quadrado ( $X^2$ ) foi utilizado avaliar a ocupação de conchas danificadas e sem danos pelos ermitões do presente estudo. Todas as análises foram realizadas com um nível de significância ( $\alpha$ ) de 95% (ZAR, 1989).

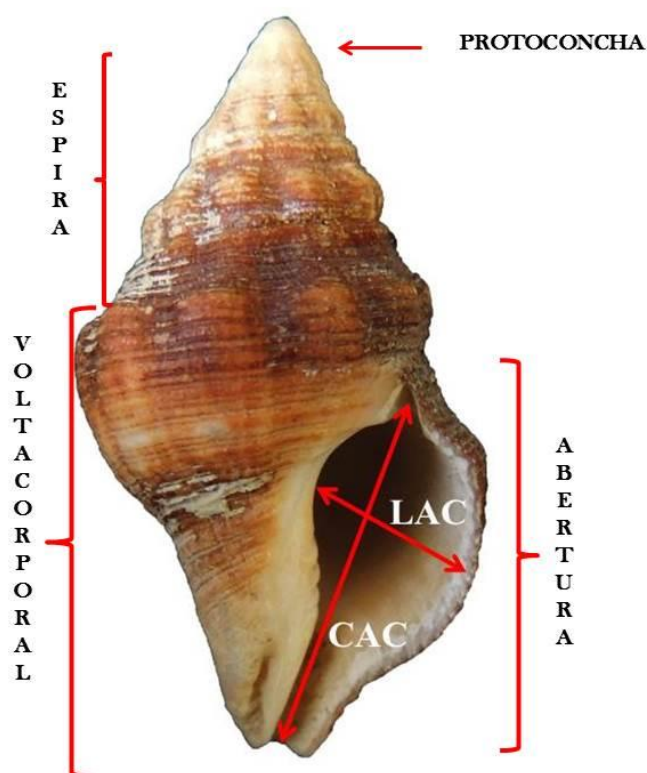


Figura 17. Dimensões analisadas nas conchas. CAC – Comprimento da Abertura da Concha; LAC – Largura da Abertura da Concha.

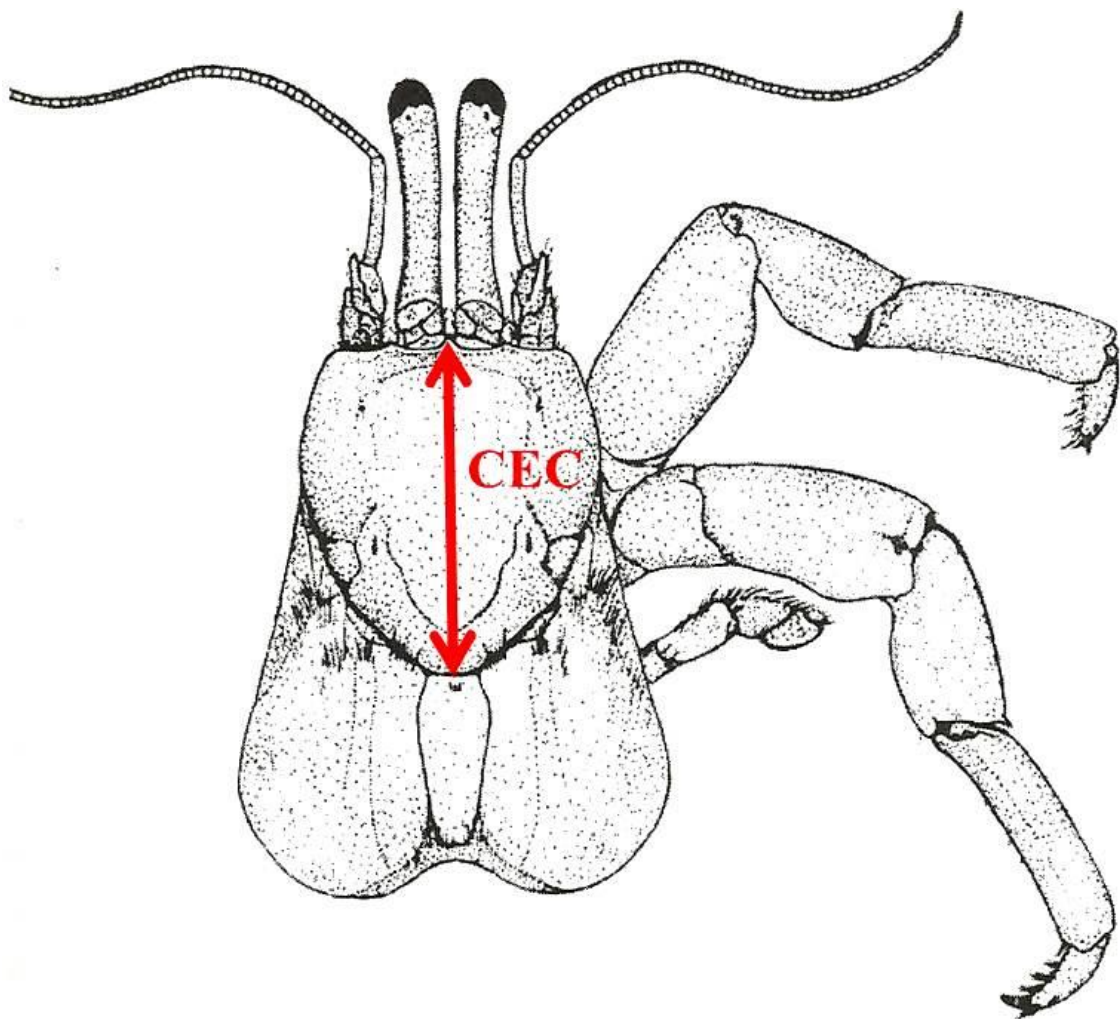


Figura 18. Dimensão analisada nos ermitões. CEC – Comprimento do Escudo Cefalotorácico. Modificado de Melo (1999).



### 3. RESULTADOS

#### 3.1. *Clibanarius antillensis*

##### 3.1.1. Ocupação de Conchas

Um total de 851 espécimes de ermitões foi coletado, sendo 507 na Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE), ocupando seis espécies de conchas de gastrópodes (Anexo 1): *Astraliium latispina* (Philippi, 1844); *Cerithium atratum* (Born, 1778); *Leucozonia nassa* (Gmelin, 1791); *Pisania pusio* (Linnaeus, 1758); *Tegula viridula* Gmelin, 1791; e *Stramonita brasiliensis* (Claremont & Reid, 2011); e 344 na Praia do Araçá (São Sebastião – SP), ocupando oito espécies de conchas de gastrópodes (Anexo 1): *A. latispina*; *C. atratum*; *Chicoreus brevifrons* (Lamarck, 1822); *Cymatium parthenopeum* (von Salis, 1793); *L. nassa*; *T. viridula*; *S. brasiliensis*; e *Strombus pugilis* Linnaeus, 1758 (APÊNDICE 1).

Duas das seis espécies de conchas usadas na Praia da Pedra Rachada foram ocupadas pelos ermitões em maiores porcentagens, aproximadamente 95,65%: *C. atratum* (67,45%) e *T. viridula* (28,2%); enquanto na Praia do Araçá, apenas a espécie *C. atratum*, das oito espécies de conchas encontradas, foi utilizada em maior porcentagem pelos ermitões, aproximadamente 87,5%. A Tabela 3 mostra a quantidade e a porcentagem de conchas ocupadas pelos ermitões da espécie *C. antillensis* nas duas áreas estudadas, levando em consideração também o sexo e o estado reprodutivo desses crustáceos.

As fêmeas ovígeras mostraram-se específicas apenas para a espécie *C. atratum* nas duas áreas amostradas. Enquanto os machos ocuparam seis espécies na Praia da Pedra Rachada e oito espécies na Praia do Araçá, enquanto as fêmeas não ovígeras ocuparam respectivamente quatro e duas espécies nas duas áreas estudadas (Tabela 3).

Houve diferenças significativas nas proporções de conchas utilizadas por machos, fêmeas não ovígeras e fêmeas ovígeras nas duas áreas: P. da Pedra Rachada ( $G = 154,8244$ ;  $gl = 10$ ;  $p < 0,0001$ ) e P. do Araçá ( $G = 35,7942$ ;  $gl = 14$ ;  $p < 0,001$ ).

As relações entre as dimensões das conchas e o comprimento do escudo cefalotorácico dos ermitões foram positivas e em sua maioria significativas para as espécies de conchas mais ocupadas (Tabela 4).

Tabela 3. Relação das espécies de conchas de gastrópodes e respectivas porcentagens de ocupação pelos espécimes de ermitão da espécie *Clibanarius antillensis* nas duas áreas coletadas (Praia da Pedra Rachada – CE e Praia do Araçá – SP). N = número total de indivíduos que ocupavam as conchas; FNOV = fêmeas não ovíferas; FOV = fêmeas ovíferas.

<b>Espécies</b>		<b>N total</b>	<b>%</b>	<b>Machos</b>	<b>%</b>	<b>FNOV</b>	<b>%</b>	<b>FOV</b>	<b>%</b>
<i>Astratium latispina</i>	CE	2	0,4	2	0,64	–	–	–	–
	SP	1	0,29	1	0,46	–	–	–	–
<i>Cerithium atratum</i>	CE	342	67,4	158	50,8	46	79,31	138	100
	SP	301	87,5	176	81,12	57	96,61	68	100
<i>Chicoreus brevifrons</i>	CE	–	–	–	–	–	–	–	–
	SP	2	0,58	2	0,92	–	–	–	–
<i>Cymatium parthenopeum</i>	CE	–	–	–	–	–	–	–	–
	SP	1	0,29	–	–	–	–	–	–
<i>Leucozonia nassa</i>	CE	13	2,56	10	3,22	3	5,18	–	–
	SP	1	0,29	1	0,46	–	–	–	–
<i>Pisania pusio</i>	CE	5	0,99	4	1,29	1	1,72	–	–
	SP	–	–	–	–	–	–	–	–

Tabela 3. Relação das espécies de conchas de gastrópodes e respectivas porcentagens de ocupação pelos espécimes de ermitão da espécie *Clibanarius antillensis* nas duas áreas coletadas (Praia da Pedra Rachada – CE e Praia do Araçá – SP). N = número total de indivíduos que ocupavam as conchas; FNOV = fêmeas não ovíferas; FOV = fêmeas ovíferas (CONTINUAÇÃO).

<i>Strombus pugilis</i>	CE	–	–	–	–	–	–	–	–
	SP	4	1,17	4	1,84	–	–	–	–
<i>Stramonita brasiliensis</i>	CE	2	0,4	2:	–	–	–	–	–
	SP	15	4,36	13	5,99	2	3,38	–	–
<i>Tegula viridula</i>	CE	143	28,20	135	43,41	8	13,79	–	–
	SP	19	5,52	19	8,75	–	–	–	–

### 3.1.2. Danos nas conchas

Quanto à ocorrência de danos nas conchas, na Praia da Pedra Rachada, a frequência foi de 55,82%, enquanto na Praia do Araçá a frequência de conchas danificadas foi de 49,42%. Essa ocorrência de danos não foi considerada significativa comparada com o número total de conchas na Praia da Pedra Rachada ( $n = 283$ ;  $X^2 = 2,899$ ,  $p = 0,1058$ ); e na Praia do Araçá ( $n = 344$ ;  $X^2 = 0,8715$ ,  $p = 0,8715$ ). A maior parte dos danos nas conchas foi concentrada na abertura, sendo os danos na volta corporal, protoconcha e espira menos frequentes (Tabela 8). Os danos podem ser visualizados na Figura 23.

Tabela 4. *Clibanarius antillensis*. Análises de Regressão para as relações entre os ermitões e as dimensões analisadas pelas principais espécies de conchas ocupadas no Ceará e em São Paulo. (N = Número de indivíduos; CEC = Comprimento do Escudo Cefalotorácico; CAC = Comprimento da Abertura da Concha; LAC = Largura da Abertura da Concha; r = Coeficiente de Correlação; t = valor do teste t de Student).  
\*Relação significativa; ns = relação não significativa.

Localidade	Espécie mais ocupada	Relação	Equação Linear	r	t	p
CE	<i>C. atratum</i>	CEC x CAC	$CAC = 1,33CEC + 4,44$	0,51	8,2088	<0000,1*
		CEC x LAC	$LAC = 0,45CEC + 3,15$	0,30	4,3602	<0000,1*
	<i>T. viridula</i>	CEC x CAC	$CAC = 0,19CEC + 6,70$	0,18	1,8256	0,0708 <sup>ns</sup>
		CEC x LAC	$LAC = 0,65CEC + 5,37$	0,14	1,4427	0,1521 <sup>ns</sup>
SP	<i>C. atratum</i>	CEC x CAC	$CAC = 1,55CEC + 4,88$	0,52	8,4151	<0000,1*
		CEC x LAC	$LAC = 0,81CEC + 2,92$	0,51	8,2543	<0000,1*

### 3.1.3. Caracterização dos epibiontes

Quanto à caracterização dos organismos epibiontes, na Praia da Pedra Rachada (CE), cerca de 91,91% (n = 466) das conchas foram encrustadas por epibiontes, enquanto na Praia do Araçá (SP) a porcentagem de conchas com epibiontes foi de 52,27% (n = 197). Em ambas as áreas, algumas conchas apresentaram-se com dois ou mais grupos de epibiontes.

Os epibiontes encontrados com maior frequência nas conchas dos espécimes coletados na Praia da Pedra Rachada foram as algas calcárias ou coralinas (Ordem Coralinales), briozoários e os poliquetos espirorbídeos e serpulídeos (Tabela 7). Outros organismos eventualmente encontrados foram algas filamentosas do gênero *Ulva* sp. e o bivalve invasor *Isognomon bicolor*, o qual sempre estava localizado de forma críptica na região umbilical das conchas da espécie *T. viridula*. Quanto à Praia do Araçá, foram encontrados em maior frequência as algas calcárias e os bivalves da família Ostreidae

(espécie *Crassostrea brasiliiana*). Organismos epibiontes encontrados em menor número foram o bivalve do gênero *Chama* sp., desovas de gastrópodes característicos da família Neritidae, o gastrópode de concha achatada *Crepidula plana* e a craca *Amphibalanus amphitrite* ) (APÊNDICE 2). As algas calcárias e os briozoários foram os epibiontes mais frequentes nas duas espécies de conchas de gastrópodes mais ocupadas na Praia da Pedra Rachada, seguidos pelos poliquetas espirorbídeos e serpulídeos (Figura 19). Na Praia do Araçá, a maioria dos epibiontes encontrados eram as algas coralinas e os bivalves ostreídeos (Figura 20). Para as principais conchas ocupadas, os epibiontes mais frequentes foram as algas calcárias e os briozoários na P. da Pedra Rachada e as algas calcárias e os bivalves na P. do Araçá (Figura 19).

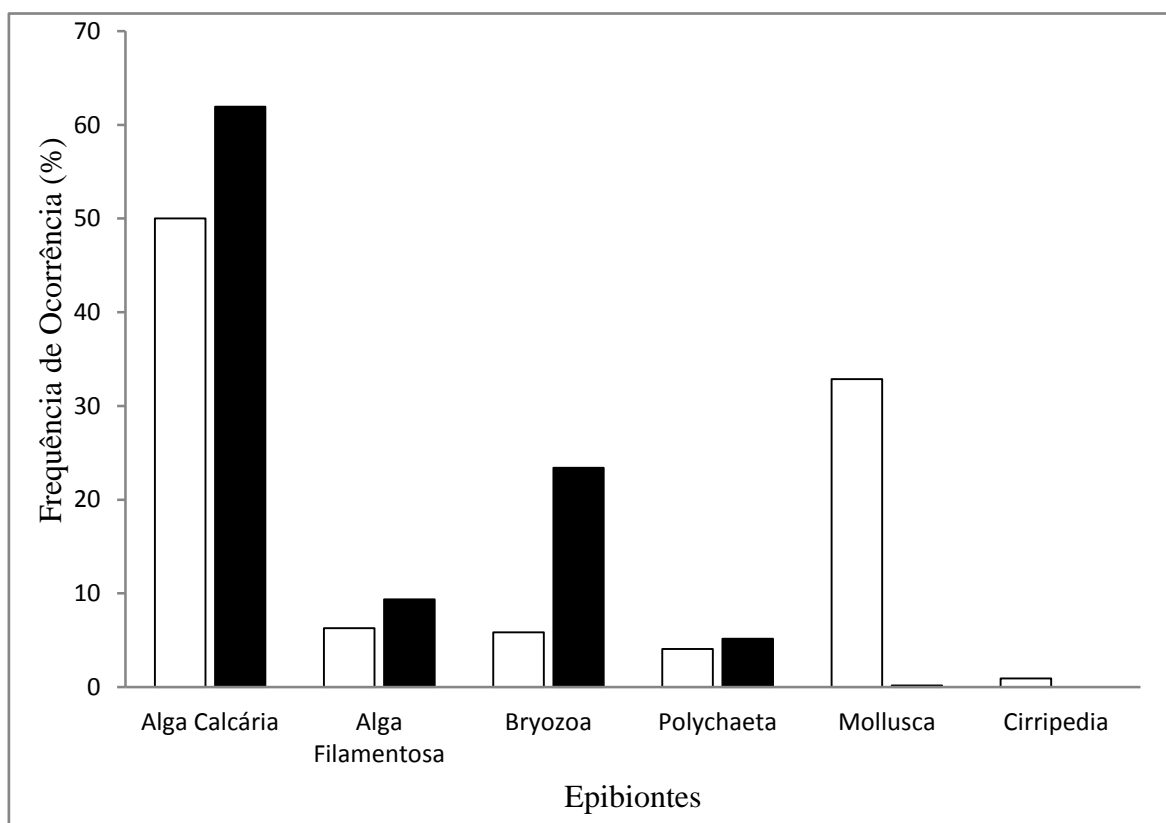


Figura 19. Frequência de ocorrência dos epibiontes encontrados nas conchas de gastrópodos ocupadas por *C. antillensis* na Praia da Pedra Rachada e na Praia do Araçá, coletadas de Fevereiro de 2011 a Janeiro de 2012. Barras brancas = Praia do Araçá (São Sebastião – SP); Barras pretas: Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE).

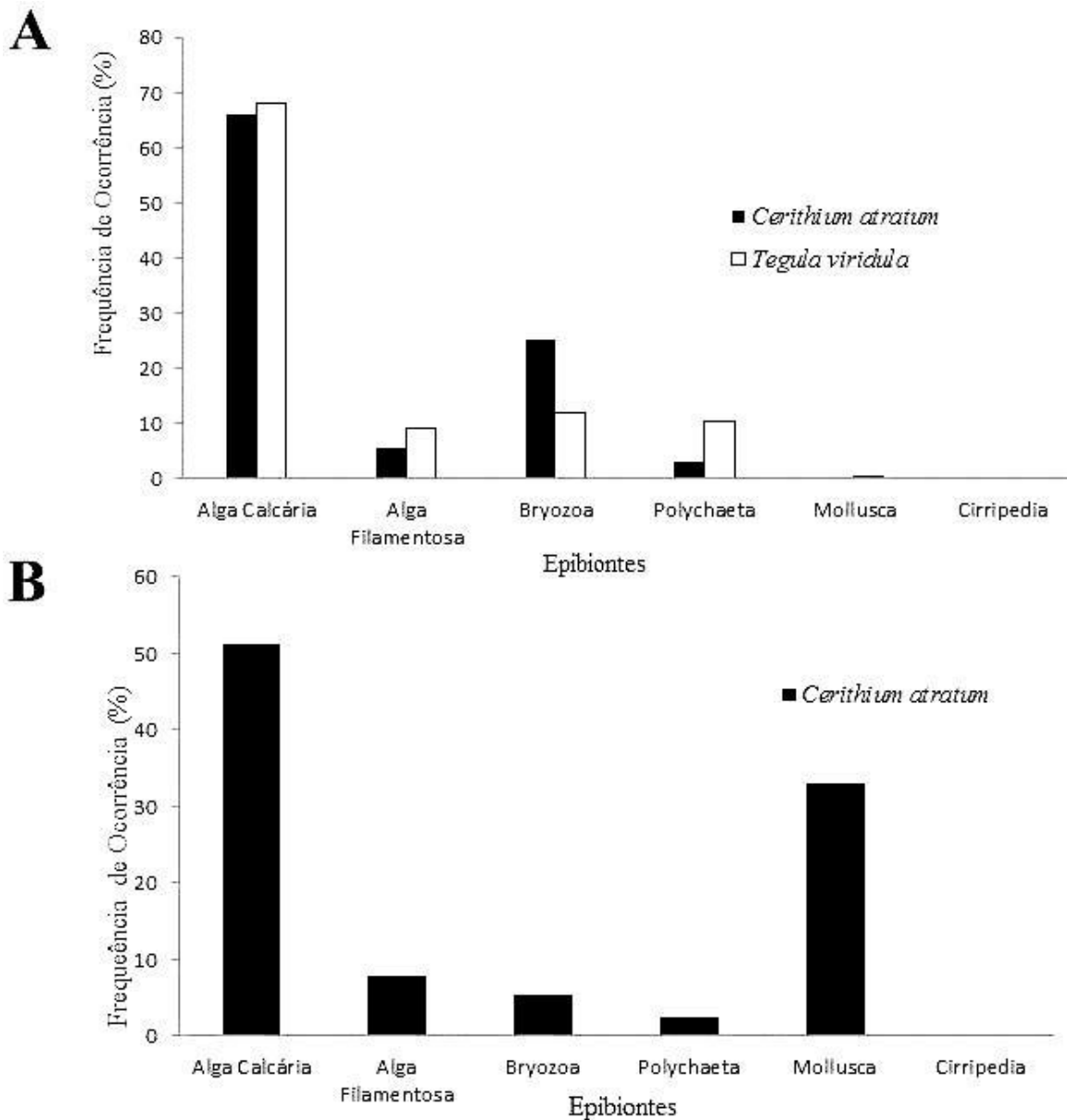


Figura 20. Epibiontes encontrados nas espécies de conchas de gastrópodes mais ocupadas pelo ermitão *C. antillensis* nas duas áreas estudadas. A – Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) e Praia do Araçá (São Sebastião – SP).

### 3.2. *Calcinus tibicen*

#### 3.2.1. Ocupação de Conchas

Um total de 377 espécimes de ermitões foi coletado, sendo 247 na Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE), ocupando nove espécies de conchas de gastrópodes (Anexo 1): *Astraea latispina* (Philippi, 1844); *C. atratum*; *C. partenopeum*; *L. nassa*; *P. pusio*; *Pleuroploca aurantiaca* (Lamarck, 1816); *T. viridula*; *Turbinella laevigata* Anto, 1839; *S. haemastoma*; e 130 na Praia Grande (Ubatuba – SP), ocupando cinco espécies de conchas de gastrópodes (APÊNDICE 1): *L. nassa*; *P. pusio*; *Olivancillaria deshayesiana* (Ducros de Saint Germain, 1857); *T. viridula*; e *T. haemastoma*.

Quatro das nove espécies de conchas usadas na Praia da Pedra Rachada foram ocupadas pelos ermitões em maiores porcentagens, aproximadamente 90,69%: *T. viridula* (61,54%), *P. pusio* (12,55%), *L. nassa* (9,31%) e *C. atratum* (7,29%); enquanto na Praia Grande, duas das cinco espécies de conchas foram as utilizadas em maior porcentagem pelos ermitões, aproximadamente 88,46%: *S. brasiliensis* (72,31%) e *Leucozonia nassa* (16,15%).

Tabela 5: Relação das espécies de conchas de gastrópodes e respectivas porcentagens de ocupação pelos espécimes de ermitões da espécie *Calcinus tibicen* coletados nas duas áreas coletadas (Praia da Pedra Rachada – CE e Praia Grande – SP). N = número total de indivíduos que ocupavam as conchas; FNOV = fêmeas não ovígeras; FOV = fêmeas ovígeras.

Espécies		N total	%	Machos	%	FNOV	%	FOV	%
<i>Astrarium latispina</i>	CE	3	1,21	2	1,69	1	1,11	–	–
	SP	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Cerithium atratum</i>	CE	18	7,29	5	4,2	12	13,34	1	2,65
	SP	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Cymatium parthenopeum</i>	CE	1	0,4	–	–	1	1,11	–	–
	SP	–	–	–	–	–	–	–	–

<i>Leucozonia nassa</i>	CE	23	9,31	7	5,89	9	10	7	18,41
	SP	21	16,15	10	12,82	4	18,19	7	23,33
<i>Olivancillaria deshayesiana</i>	CE	–	–	–	–	–	–	–	–
	SP	1	0,77	–	–	1	4,54	–	–
<i>Pisania pusio</i>	CE	31	12,55	16	13,44	11	12,22	4	10,52
	SP	2	1,54	1	0,13	1	4,54	–	–
<i>Pleuroploca aurantiaca</i>	CE	8	3,25	8	6,72	–	–	–	–
	SP	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Stramonita brasiliensis</i>	CE	10	4,05	8	6,72	2	2,22	–	–
	SP	94	72,31	63	80,77	12	54,54	19	63,33
<i>Tegula viridula</i>	CE	152	61,54	72	60,5	54	60	26	68,42
	SP	12	9,23	4	6,28	4	18,19	4	13,34
<i>Turbinella laevigata</i>	CE	1	0,4	1	0,84	–	–	–	–
	SP	–	–	–	–	–	–	–	–

Tabela 5: Relação das espécies de conchas de gastrópodes e respectivas porcentagens de ocupação pelos espécimes de ermitões da espécie *Calcinus tibicen* coletados nas duas áreas coletadas (Praia da Pedra Rachada – CE e Praia Grande – SP). N = número total de indivíduos que ocupavam as conchas; FNOV = fêmeas não ovígeras; FOV = fêmeas ovígeras (CONTINUAÇÃO).

Houve diferenças significativas nas proporções de conchas utilizadas por machos, fêmeas não ovígeras e fêmeas ovígeras nas duas áreas na P. da Pedra Rachada ( $G = 33,9098$ ;  $gl = 16$ ;  $p < 0,005$ ), mas na P. Grande, as diferenças não foram significativas ( $G = 12,6322$ ;  $gl = 8$ ;  $p = 0,1251$ ).



As relações entre as dimensões das conchas e o comprimento do escudo cefalotorácico dos ermitões foram positivas e em sua maioria significativas para as espécies de conchas mais ocupadas (Tabela 6).

Tabela 6: *Calcinus tibicen*. Análises de Regressão para as relações entre os ermitões e as dimensões analisadas pelas principais espécies de conchas ocupadas no Ceará e em São Paulo. (N = Número de indivíduos; CEC = Comprimento do Escudo Cefalotorácico; CAC = Comprimento da Abertura da Concha; LAC = Largura da Abertura da Concha; r = Coeficiente de Correlação; t = valor do teste t de Student).

\*Relação significativa; ns = relação não significativa.

Localidade	Espécie mais ocupada	Relação	Equação Linear	r	t	p
CE	<i>T. viridula</i>	CEC x CAC	$CAC = 0,4796CEC + 5,4556$	0,41	4,4970	<0000,1*
		CEC x LAC	$LAC = 1,0045CEC + 3.9273$	0,45	5,0310	<0000,1*
	<i>P. pusio</i>	CEC x CAC	$CAC = 1,7034CEC + 6.9615$	0,58	3,1515	<0.05*
		CEC x LAC	$LAC = 1,0479CEC + 1.4134$	0,44	2,1705	<0,05*
SP	<i>S. brasiliensis</i>	CEC x CAC	$CAC = 1,34CEC + 1,0714$	0,67	7,1484	<0000,1*
		CEC x LAC	$LAC = 1,7034CEC + 6.961$	0,61	6,0261	<0000,1*

As fêmeas ovígeras ocuparam quatro espécies de concha, sendo a mais frequente *T. viridula* na Praia da Pedra Rachada; e três espécies na Praia Grande, sendo *S. haemastoma* a mais ocupada. Machos ocuparam nove espécies na Praia da Pedra Rachada e quatro espécies na Praia Grande, enquanto as fêmeas não ovígeras ocuparam respectivamente sete e cinco espécies nas duas áreas estudadas (Tabela 5).

### 3.2.2. Danos nas Conchas

Quanto à ocorrência de danos nas conchas, na Praia na Pedra Rachada, a frequência foi de 45,35% das conchas ocupadas pelos ermitões apresentaram-se com danos, enquanto na Praia Grande a frequência de conchas danificadas foi de 70%. Essa ocorrência de danos não foi considerada significativa comparada com o número total de conchas na Praia da Pedra Rachada ( $n = 247$ ;  $X^2 = 2,142$ ;  $p = 0,1616$ ); e significativa na Praia Grande ( $n = 130$ ;  $X^2 = 20,80$ ;  $p < 0,0001$ ). Os danos mais frequentes foram evidenciados na região da abertura nas duas áreas estudadas (Tabela X). Os danos podem ser visualizados na figura 23.

### 3.2.3. Caracterização dos Epibiontes

Quanto à caracterização da epibiose, na Praia da Pedra Rachada, de um total de 247 conchas analisadas, 221 (89,47%) apresentaram epibiontes ocupando a sua superfície, enquanto na Praia Grande, das 130 observadas, 123 (94,31%) portavam organismos epibiontes.

Os epibiontes encontrados com maior frequência nas conchas dos espécimes coletados na Praia da Pedra Rachada foram as algas calcárias ou coralinas (Ordem Corallinales) e briozoários, seguidos pelos poliquetos espirorbídeos e serpulídeos (Figura 20). Outros organismos eventualmente encontrados foram o gastrópode *Crepidula plana*, localizado sempre na região mais interna da concha ou próximo ao sifão, e o bivalve invasor *Isognomon bicolor*, localizado no umbílico de conchas de *T. viridula* e no interior da concha de um exemplar de *P. aurantiaca*. Na Praia Grande, o padrão de frequência de epibiontes foi bastante similar, sendo também as algas coralinas, os briozoários e os poliquetos os mais frequentes (Figura 21). O bivalve *Sphenia antillensis* foi encontrado associado a uma concha de *S. haemastoma*.

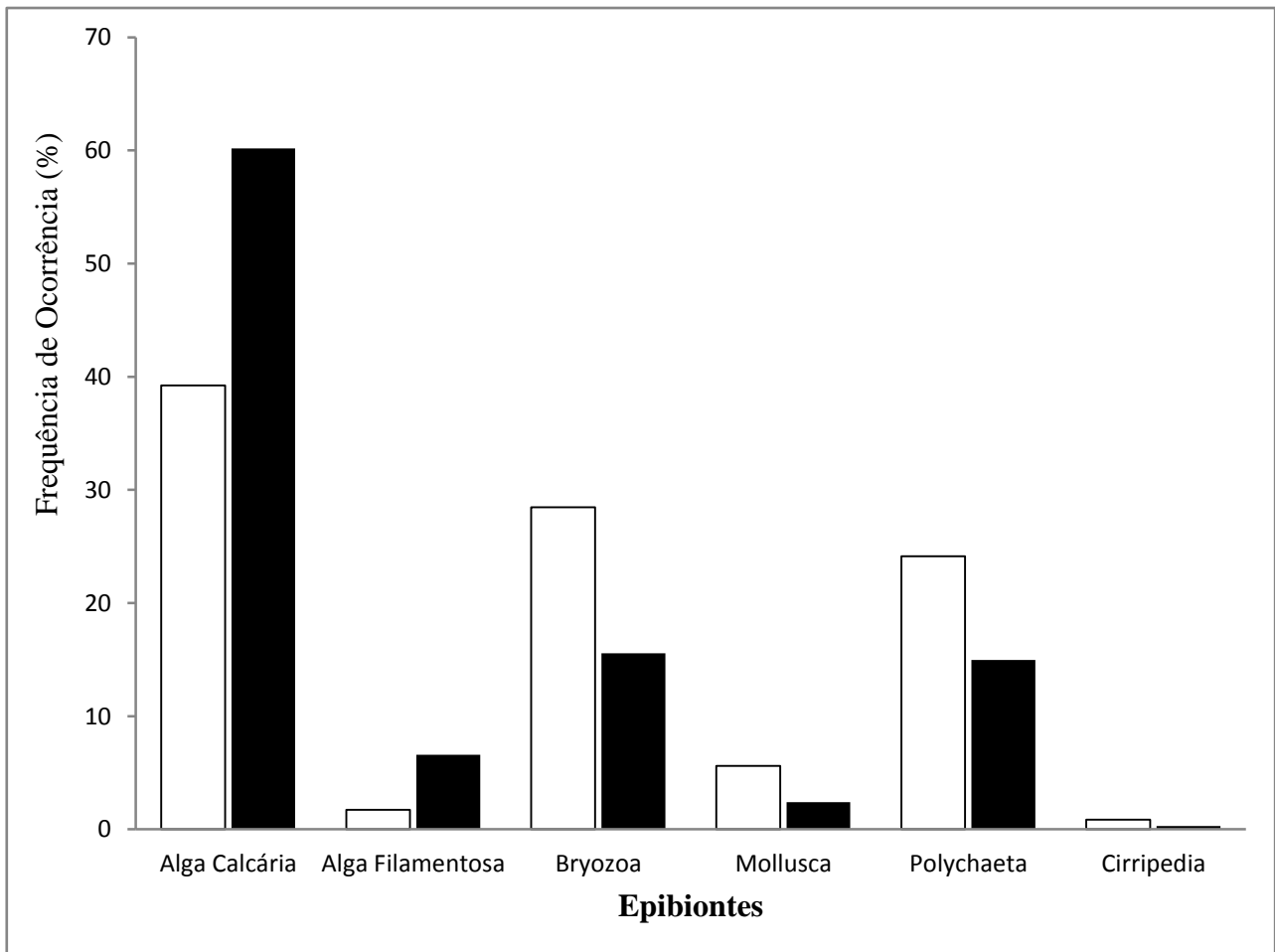


Figura 21: Epibiontes encontrados nas conchas de gastrópodos ocupadas por *Calcinus tibicen* na Praia da Pedra Rachada e na Praia Grande, coletadas de Fevereiro de 2011 a Janeiro de 2012. Barras brancas = Praia Grande (São Sebastião – SP); Barras pretas = Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE).

As algas calcárias e os briozoários foram os epibiontes majoritariamente mais frequentes nas quatro espécies de conchas de gastrópodes mais ocupadas na Praia da Pedra Rachada. Na Praia Grande, este padrão foi repetido para as duas espécies de conchas mais ocupadas, sendo seguido pelos poliquetos em maior quantidade comparado aos outros grupos de epibiontes (Figura 22).

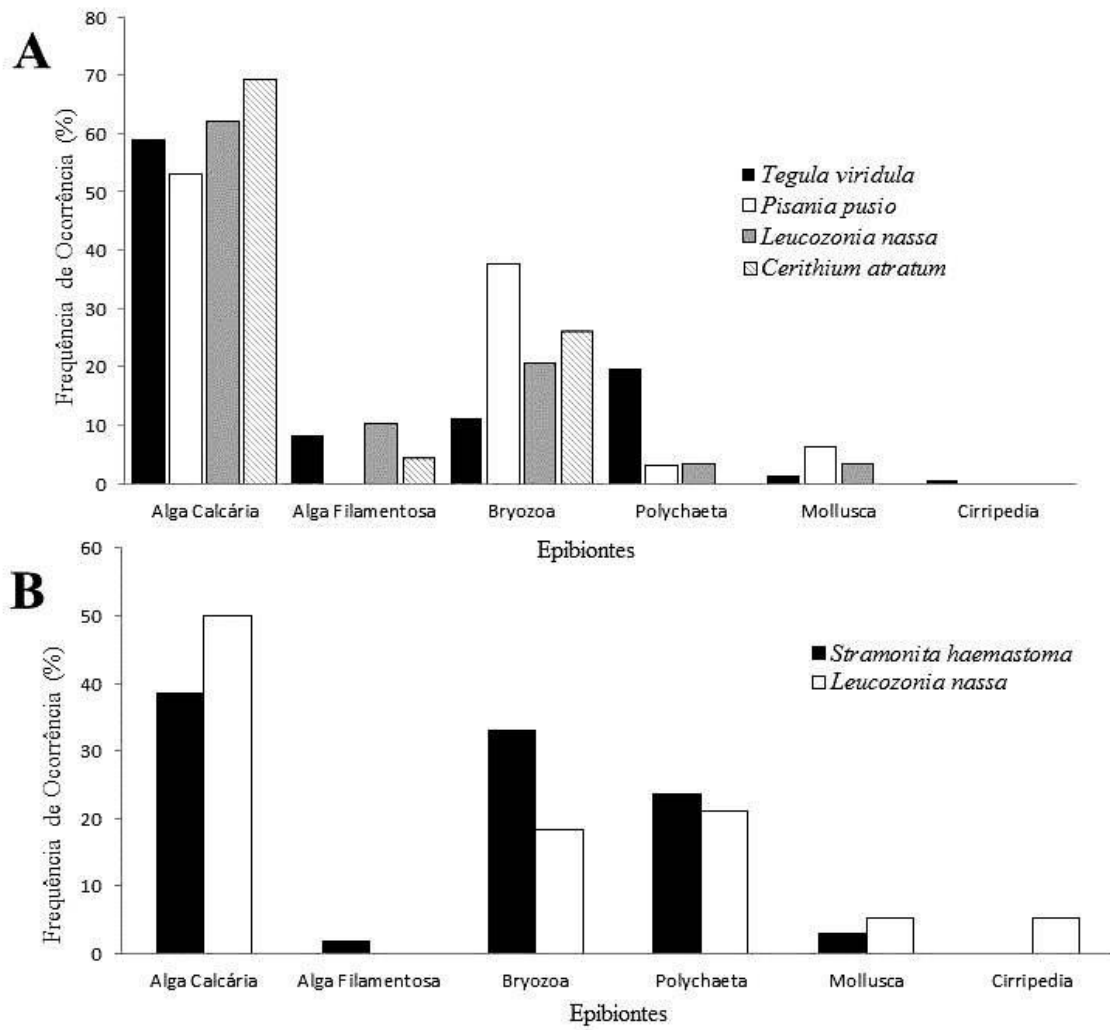


Figura 22: Epibiontes encontrados nas espécies de conchas de gastrópodes mais ocupadas pelo ermitão *C. tibicen* nas duas áreas estudadas. A – Praia da Pedra Rachada (Paracuru – CE) e Praia Grande (Ubatuba – SP).

Tabela 7: Frequências relativas de epibiontes encontrados em conchas de gastrópodes ocupadas pelos ermitões *Clibanarius antillensis* e *Calcinus tibicen* em áreas de diferentes latitudes (Ceará e São Paulo).

Epibiontes	Frequência de Ocorrência (%) <i>C. antillensis</i>		Frequência de Ocorrência (%) <i>C. tibicen</i>	
	CE	SP	CE	SP
	Rhodophyta (Coralinales)	61,30	50	60,18
Algas filamentosas (Chlorophyta/Rhodophyta/Phaeophyta)	9,36	6,3	6,59	1,72
Bryozoa	23,4	5,85	15,57	28,45
Polychaeta (Serpulidae & Spirorbidae)	5,15	4,05	14,97	24,14
Mollusca (Gastropoda & Bivalvia)	0,16	32,88	2,39	5,6
Crustacea (Cirripedia)	0	0,92	0,3	0,87

A lista taxonômica completa dos epibiontes encontrados pode ser visualizada na Tabela 9.

Tabela 8: Frequências relativas de ocorrência de danos nas diferentes regiões das conchas ocupadas pelos ermitões *Clibanarius antillensis* e *Calcinus tibicen* em áreas de diferentes latitudes (Ceará e São Paulo).

	Frequência de Ocorrência (%)		Frequência de Ocorrência (%)	
	<i>C. antillensis</i>		<i>C. tibicen</i>	
Região da Concha	CE	SP	CE	SP
Abertura	86,24	70,25	84,95	84,61
Volta Corporal	6,69	13,92	7,96	1,28
Protoconcha	2,6	8,86	0,88	10,25
Espira	4,47	6,97	6,21	3,86

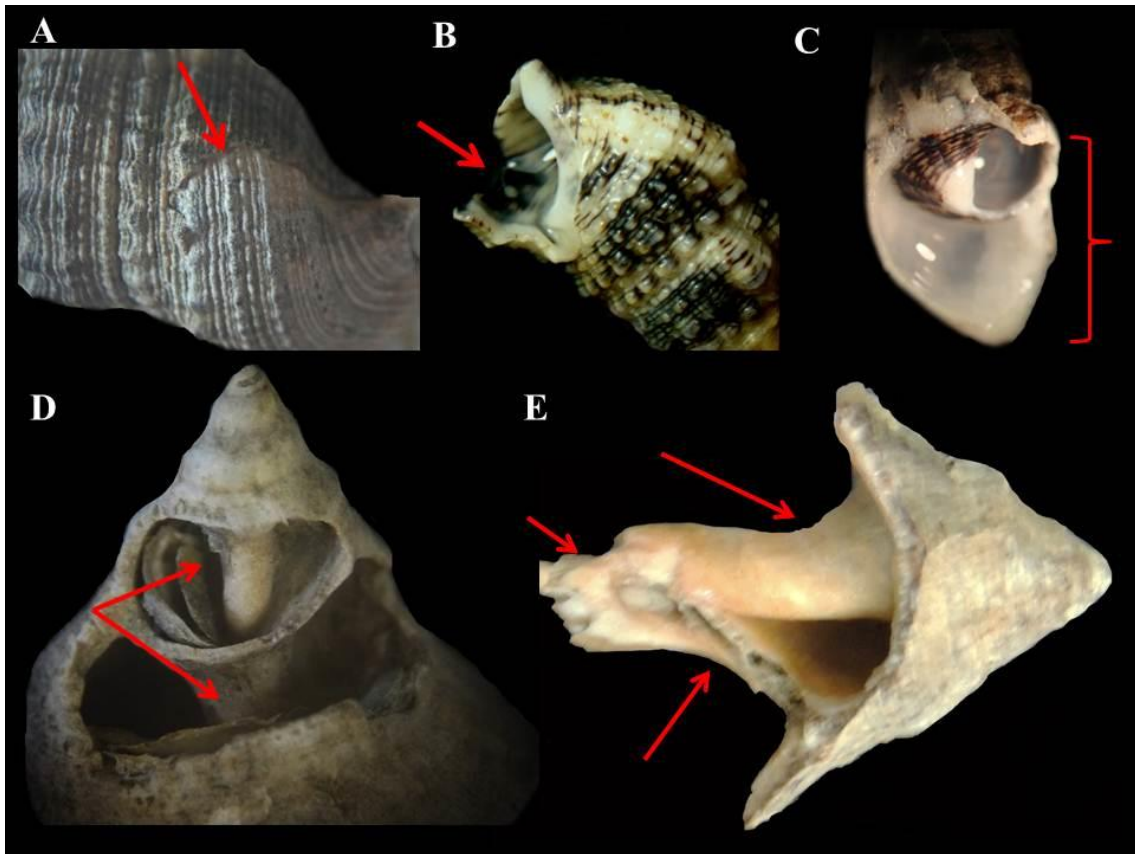


Figura 23: Danos encontrados nas conchas de gastrópodes ocupadas pelos ermitões *Clibanarius antillensis* e *Calcinus tibicen* nas áreas abordadas neste estudo. A – Rachadura na Volta Corporal; B – Abertura Quebrada; C – Volta Corporal e Abertura quebradas; D – Danos na Espira; E – Danos na columela e Volta Corporal quebrada.

Tabela 9: Lista taxonômica e classificação dos principais epibiontes associados às conchas de gastrópodes ocupadas pelos ermitões *Clibanarius antillensis* e *Calcinus tibicen* nas áreas de estudo e localização desses organismos nas regiões da concha.

<b>Epibiontes</b>	<b>Localização na Concha e informações ecológicas</b>
Divisão Rhodophyta Classe Florideophyceae Ordem Corallinales	Geralmente, encontrada recobrando todas as regiões da concha, principalmente a volta corporal.
Divisão Chlorophyta Classe Ulvophyceae Ordem Ulvales Família Ulvaceae Gênero <i>Ulva</i> Linnaeus, 1753	Encontradas cobrindo grande parte da concha, de forma à fornecer camuflagem para os ermitões ou podendo até mesmo servir como fonte de alimento para os ermitões.
Filo Bryozoa Classe Gymnolaemata Ordem Cheilostomatida Família Membraniporidae Gênero <i>Biflustra</i> d'Orbigny, 1852	Indivíduos formadores de grandes colônias, encontrados principalmente próximos à abertura das conchas, associados ao lábio interno ou sífões. Pouco frequentes na região da espira.
Filo Annelida Classe Polychaeta Ordem Canalipalpata Família Spirorbidae Gênero <i>Spirorbis</i> Daudin, 1800 Família Serpulidae	Encontrados de forma solitária ( <i>Spirorbis</i> ) ou formando densos agrupamentos de tubos (Serpulidae); Localizados principalmente em regiões próximas à abertura da concha, ou no interior da concha.
Filo Mollusca Classe Bivalvia Família Ostreidae <i>Crassostrea brasiliiana</i> (Lamarck, 1819) Família Isognomonidae <i>Isognomon bicolor</i> C. B. Adams, 1845 Família Myidae <i>Sphenia antillensis</i> Dall & Simpson, 1901	Ocorrência mais frequente de ostras, cimentadas principalmente na volta corporal da concha; O bivalve <i>I. bicolor</i> é um organismo invasor de hábitos crípticos, já registrado previamente associado a outros substratos. Em conchas de <i>T. viridula</i> , ocupou principalmente a região do umbílico; <i>S. antillensis</i> foi encontrada associada ao sífão de uma concha de <i>S. haemastoma</i> .



Tabela 9: Lista taxonômica e classificação dos principais epibiontes associados às conchas de gastrópodes ocupadas pelos ermitões *Clibanarius antillensis* e *Calcinus tibicen* nas áreas de estudo e localização desses organismos nas regiões da concha.  
(CONTINUAÇÃO)

<p>Filo Mollusca</p> <p>Classe Gastropoda</p> <p>Coenogastropoda</p> <p>Família Calyptraeidae</p> <p><i>Crepidula plana</i> Say, 1822</p> <p>Neritimorpha</p> <p>Família Neritidae</p>	<p><i>Crepidula plana</i> é um gastrópode sedentário filtrador, que coloniza geralmente o interior de conchas de outros gastrópodes, que podem estar vazias ou habitadas por caranguejos ermitões (HOAGLAND, A979);</p> <p>Cápsulas com ovos, características de indivíduos da família Neritidae foram encontrados nas regiões da espira de algumas conchas da espécie <i>C. atratum</i>.</p>
<p>Subfilo Crustacea</p> <p>Infra-classe Cirripedia</p> <p>Ordem Thoracica</p> <p>Subordem Balanomorpha</p> <p>Família Balanidae</p> <p><i>Amphibalanus amphrite</i> (Darwin, 1854)</p> <p>Família Chthamalidae</p> <p><i>Chthamalus proteus</i> Dando &amp; Southward, 1980</p>	<p>Organismos sésseis e filtradores, com capacidade de colonizar uma ampla variedade de substratos;</p> <p>Encontrados em baixa frequência;</p> <p>As duas espécies encontradas são cosmopolitas.</p>

## DISCUSSÃO

### 1. Ocupação de Conchas

As diferenças observadas na ocupação de conchas entre as populações das duas espécies de ermitões estudadas podem ser relacionadas com a diversidade das populações de gastrópodes nas duas áreas e com a distribuição biogeográfica desses moluscos (MANTELATTO *et al.*, 2010). Para *Clibnarius antillensis*, a espécie de concha mais ocupada nas duas áreas foi *C. atratum* que apresenta ampla distribuição na costa brasileira, do Ceará até Santa Catarina (RIOS, 2009). O ermitão *Calcinus tibicen* ocupou em maiores proporções a concha da espécie *T. viridula* no estado do Ceará, e *S. haemastoma* no estado de São Paulo. Essas espécies de concha também apresentam ampla distribuição na costa brasileira (RIOS, 2009). A ocupação da concha de *O. deshayesiana* apenas nos ermitões de São Paulo é corroborada com o fato dessa espécie só ter sido registrada na costa sudeste e sul do Brasil, a partir do estado do Rio de Janeiro (RIOS, 2009).

Alguns dos fatores que influenciam no comportamento de ocupação de conchas pelos ermitões são o sexo e o estado reprodutivo (NEIL & ELWOOD, 1985). Machos e fêmeas de ermitões exibem diferentes comportamentos na seleção de conchas. Machos têm a capacidade de sobrepujar fêmeas em conflitos agonísticos, devido ao seu maior tamanho corporal (HAZLETT, 1966; BERTNESS, 1981b; NEIL & ELWOOD, 1985).

Padrões diferentes de ocupação de conchas entre os sexos foram observados no presente estudo, mas já foram registrados para as espécies em estudo. Para populações de *C. tibicen* na Praia Grande (Ubatuba, SP, Brasil) houve maior ocupação da espécie *S. haemastoma*, sendo que as fêmeas ovígeras também apresentaram uma lista limitada de conchas utilizadas, sugerindo uma restrição na escolha de conchas (MANTELATTO & GARCIA, 2000). Em outras espécies de ermitões, como o pagurídeo *Pagurus brevidactylus* (Stimpson, 1859) na Ilha de Anchieta (Ubatuba, SP, Brasil), também houve diferenças na ocupação de conchas entre os sexos, com os machos ocupando predominantemente conchas de *C. atratum* e fêmeas ovígeras ocupando *Morula nodulosa* (MANTELATTO & MEIRELES, 2004). Para o diogenídeo *Isocheles sawayai* Forest & Saint Laurent, 1968 em um estudo realizado na Ilha de Margarita (Venezuela) essas diferenças entre os sexos também foram observadas, com os machos ocupando

principalmente conchas de *L. nassa* e fêmeas ocupando *Engoniophos uncinatus* (GALINDO *et al.*, 2008).

A presença em maior frequência de fêmeas ovígeras em determinadas espécies de gastrópodes já é algo bastante documentado (BACH *et al.*, 1976; FOTHERINGHAM, 1976). No presente estudo as fêmeas ovígeras de *C. antillensis* ocuparam apenas a espécie de concha *C. atratum* nas duas áreas estudadas, enquanto em *C. tibicen* as fêmeas ovígeras ocuparam três espécies de conchas, sendo duas delas comuns entre as duas áreas. A ocupação limitada de espécies de conchas pelas fêmeas ovígeras sugere restrição na seleção desses reservatórios (MANTELATTO & GARCIA, 2000).

As relações obtidas entre o tamanho dos indivíduos e as dimensões das conchas analisadas foram positivas e em sua maioria significativas, evidenciando que ermitões grandes ocupam conchas com grandes dimensões, assim como foi também observado por Turra & Leite (2001) para espécies co-genéricas de *Clibanarius*.

A coexistência de espécies de ermitões é intimamente relacionada à ocupação de conchas, sendo influenciada por diferenças entre as espécies de conchas e os pequenos detalhes associados ao comportamento de seleção e padrões de ocupação das conchas pelos ermitões (TURRA & LEITE, 2001). A segregação de ambientes pelas espécies de ermitões na região entre-marés é relacionada a diferentes suprimentos de conchas (SPIGHT, 1977), podendo assim gerar uma partilha de recursos, diminuindo a competição interespecífica entre esses organismos.

## 2. Danos nas Conchas

A maioria dos danos encontrados nas conchas era localizada na abertura ou em regiões próximas a esta. Segundo Bertness & Conningham (1981) esses tipos de danos podem indicar uma alta taxa de predação por braquiúros sobre as populações de gastrópodes ou até mesmo sobre os ermitões. Essa ocorrência também foi relatada para espécies simpátricas do gênero *Clibanarius*, incluindo a espécie *C. antillensis*, na Ilha de Pernambuco, região do Araçá, por Turra (2003). Além disso, a existência de danos físicos nas conchas pode tornar os ermitões mais sucessíveis à predação, pois as conchas danificadas tornam-se mais frágeis e expõem mais intensamente esses crustáceos aos predadores (REESE, 1969).

Outros danos como as perfurações na região da espira ou na protoconcha foram encontrados em baixa frequência, pois conchas com tais danos podem ser bastante desfavoráveis para serem ocupadas por ermitões. Os danos na região superior da concha impedem a retenção de água durante a maré baixa, tornando os ermitões mais suscetíveis à dessecação (REESE, 1969).

As conchas danificadas foram ocupadas em altas proporções, podendo evidenciar uma baixa disponibilidade de conchas de gastrópodes nas regiões estudadas. Este fato também foi observado para *L. loxochelis* para a maioria das conchas ocupadas (AYRES-PERES & MANTELATTO, 2010).

### 3. Caracterização dos Epibiontes

Nas duas espécies estudadas de ambas as áreas do Ceará e de São Paulo, a maioria das conchas utilizadas pelos ermitões se apresentou recoberta por organismos epibiontes, sendo a maioria algas calcárias incrustantes (Coralinales), briozoários, poliquetos serpulídeos e espirorbídeos e bivalves da família Ostreidae. No estudo realizado por Ayres-Peres & Mantelatto (2010) em duas áreas da costa nordeste de São Paulo (Caraguatatuba e Ubatuba), não foi analisado a presença de algas, mas os briozoários também foram os organismos presentes em maior porcentagem nas conchas do ermitão *Loxopagurus loxochelis*, seguidos pelas cracas e poliquetos.

Os organismos do macrofitobentos (flora) associados às conchas ocupadas por ermitões geralmente não são listados nos trabalhos. As algas filamentosas e coralinas são encontradas frequentemente recobrando essas conchas, provendo substratos adicionais para outras espécies (HAZLETT, 1984).

As algas calcárias foram os epibiontes mais frequentes, sendo encontradas em todas as regiões da concha, e na sua maioria, recobriam por inteiro esses substratos, não proporcionando espaço para o assentamento de outros tipos de organismos. A ausência de estudos de epífitas em conchas de ermitões não permite fazer comparações acerca da ocorrência desses organismos, mas as conchas são substratos importantes para assentamento das algas coralinas (TENDAL & DINESEN, 2005).

Indivíduos do Filo Bryozoa foram epibiontes bastante presentes nas conchas ocupadas pelos ermitões do presente estudo, assim como para *L. loxochelis* em duas áreas do litoral de São Paulo (AYRES-PERES & MANTELATTO, 2010). A grande ocorrência desses organismos pode se dever ao fato de sua alta abundância no ambiente.

Os briozoários produzem colônias calcárias que ao crescerem podem modificar bastante a morfologia das conchas. Dessa forma, a presença de briozoários pode conferir uma maior proteção ao ermitão contra predadores através do aumento da resistência das conchas ou até mesmo pela camuflagem proporcionada (TAYLOR, 1994; SANDFORD, 2003; AYRES-PERES & MANTELATTO, 2010).

Nenhuma espécie de ermitão é um simbiote obrigatório de briozoários. A alta incidência de espécies de briozoários que são simbioses obrigatórios ou facultativos de ermitões indica uma grande dependência dos briozoários em relação a esses crustáceos (TAYLOR, 1994).

Em sua grande maioria, as colônias de briozoários foram encontradas próximas à região da abertura das conchas, no lábio interno ou canal sifonal. Segundo Taylor (1994), grande parte dos assentamentos de briozoários em conchas de gastrópodes ocupadas por ermitões ocorrem próximo da abertura das conchas, frequentemente nos sulcos entre as voltas das conchas. Entretanto, algumas colônias conseguem se desenvolver no ápice das conchas, o que também foi observado no presente trabalho.

Os poliquetos das famílias Spirorbidae e Serpulidae também foram organismos epibiontes frequentes nas conchas de gastrópodes ocupadas pelos ermitões no presente estudo. Esses anelídeos são invertebrados bastante prevalentes em conchas ocupadas por ermitões (WILLIAMS & MCDERMOTT, 2004), podendo ficar fixados externa ou internamente nas conchas. A maioria ocorre de forma facultativa ou acidental, sendo somente algumas espécies associadas de forma obrigatória (AL-OGILY & KNIGHT-JONES, 1981).

A ocorrência de bivalves nas conchas de gastrópodes ocupadas por ermitões é em sua maioria acidental, sendo esses moluscos fixados principalmente na superfície externa das conchas, como os ostreídeos que cimentam sua valva esquerda no substrato (WILLIAMS & MCDERMOTT, 2004).

Quanto aos gastrópodes, a espécie *C. plana* é um molusco comensal e já tem ocorrência documentada nas conchas ocupadas por ermitões, mostrando preferência por esses substratos (MCDERMOTT, 2001).

A predação intensa sobre populações de gastrópodes da família Neritidae pode causar alterações comportamentais nesses indivíduos, como a postura de ovos sobre

conchas de outros gastrópodes vivos (KANO & FUKUMORI, 2010), sendo possível também essa ocorrência em conchas ocupadas por ermitões, como observado no presente trabalho.

Os cirripédios são crustáceos com capacidade de se alojar em uma variedade de substratos calcários, entre eles as conchas de moluscos gastrópodes (MCDERMOTT, 2001). No presente estudo, as cracas ocorreram de forma esporádica, diferindo um pouco do apontado por Ayres-Peres & Mantelatto (2010) que encontraram uma quantidade maior de cracas associadas às conchas do ermitão *L. loxochelis*.

A presença de epibiontes em conchas ocupadas por ermitões pode influenciar a sua seleção e também fornecer vantagens e desvantagens para estes crustáceos. A utilização de conchas incrustadas por epibiontes pode tornar os ermitões mais crípticos e conferir-lhes proteção contra o ataque de predadores (PARTDRIDGE, 1980; GHERARD, 1990; 1991). Para os epibiontes também há algumas vantagens. Organismos filtradores sésseis obtém vantagens tróficas, pois podem ser transportados para sítios com melhores condições alimentares (WAHL, 1989).

Desta forma há uma íntima relação entre as conchas ocupadas por ermitões e os seus organismos associados, havendo relações vantajosas que contribuem para a adaptação e influenciam diretamente na história de vida desses organismos.

## REFERÊNCIAS

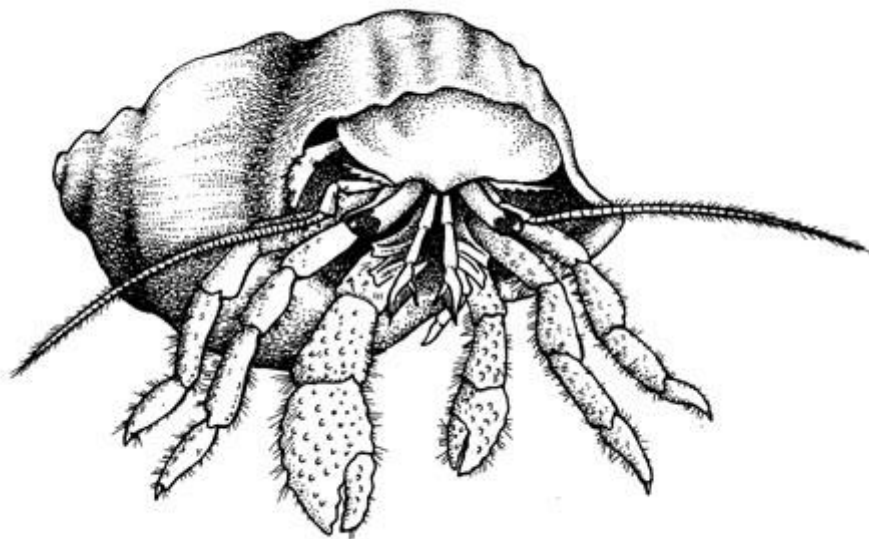
- AL-OGILY, S. M., KNIGHT-JONES, E. W. *Circeis paguri* the spirorbid polychaete associated with the hermit crab *Eupagurus bernhardus*. **J. Mar. Biol. Assoc. UK** 6, 821-826, 1981.
- AYRES-PERES, L.; MANTELATTO, F. L. Epibiont occurrence on gastropod shells used by the hermit crab *Loxopagurus loxochelis* (Anomura: Diogenidae) on the northern coast of São Paulo, Brazil. **Zoologia**, 27 (2): 222-227, 2010.
- BACH, C. B.; HAZLETT, B. A.; RITTSCHOF, D. Effects of interspecific competition on the fitness of the hermit crab *Clibanarius tricolor*. **Ecology**, 57: 579–586.
- BERTNESS, M. B. 1981b. Competitive dynamics of a tropical hermit crab assemblage. **Ecology**, 62, 751 – 761.
- BERTNESS, M. B.; CUNNINGHAM, C. Crab shell-crushing predation and gastropod architectural defense. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 50: 213 – 230, 1981.
- BIAGI, R.; MEIRELES, A. L.; SCELZO, M. A.; MANTELATTO, F. L. Comparative study of shell choice by the southern endemic hermit crab *Loxopagurus loxochelis* from Brazil and Argentina. **Revista Chilena de História Natural**. 79: 481 – 487, 2006.
- BROOKS, W. R.; MARISCAL. R. N. Interspecific competition for space by hydroids and a sea anemone living on gastropod shells inhabited by hermit crabs. **Marine Ecology Progress Series**, 28 (1): 211-244, 1986.
- FANTUCCI, M. Z.; BIAGI, R.; MANTELLATO, F. L. Shell occupation by the endemic western Atlantic hermit crab *Isocheles sawayai* (Diogenidae) from Caraguatatuba, Brazil. **Braz. J. Biol.**, 68 (4): 859-867, 2008.
- FOTHERINGHAM, N. Population consequences of shell utilization by hermit crabs. **Ecology**, 57: 570–578, 1976.
- GALINDO, L. A., BOLAÑOS, J. A.; MANTELATTO, F. L. Shell utilization pattern by the hermit crab *Isocheles sawayai* Forest and Saint Laurent, 1968 (Anomura, Diogenidae) from Margarita Island, Caribbean Sea, Venezuela. **Carib. J. Sci.**, 20 (1), 49 -57, 2008.
- GARCIA, R. B.; MANTELATTO, F. L. M. 2001. Shell selection by the tropical hermit crab *Calcinus tibicen* (Herbst, 1791) Anomura, Diogenidae) from Southern Brazil. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, Irlanda, 265 (1): 1-14, 2001.

- GHERARDI, F. Competition and coexistence in two Mediterranean hermit crabs *Calcinus ornatus* (Roux) and *Clibanarius erythropus* (Latreille) (Decapoda, Anomura). **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 143: 221-238, 1990.
- GHERARDI, F. Relative growth, population structure, and shell-utilization of the hermit crab *Clibanarius erythropus* in the Mediterranean. **Oebalia**, 17: 181 – 196, 1991.
- HAZLETT, B. A. Social behavior of the Paguridae and Diogenidae of Curaçao. **Studies on the Fauna of Curaçao**, 23, 1-143, 1966.
- HAZLETT, B. A. The Behavioral Ecology of hermit crabs. **Ann. Rev. Ecol. Syst.** 12: 1-22, 1981.
- HAZLETT, B. A. Epibionts and shell utilization in two sympatric hermit crabs. **Mar. Behav. Physiol.** 11, 131– 138, 1984.
- HOAGLAND, K. E. 1979. The behaviour of three sympatric species of *Crepidula* (Gastropoda, Prosobranchia) from the Atlantic, with implications for evolutionary ecology. **The Nautilus**, 94: 143-149, 1979.
- KANO, Y.; FUKUMORI, H. 2010. Predation on hardest molluscan eggs by confamilial snails (Neritidae) and its potential significance in egg-laying site selection. **Journal of Molluscan Studies**, 76: 360–366, 2010.
- MANTELATTO, F. L.; BIAGI, R.; MEIRELES, A. L.; SCELZO, M. A. Shell preference of the hermit crab *Pagurus exilis* (Anomura: Paguridae) from Brazil and Argentina: a comparative study. **Rev. Biol. Trop.** 55(1): 153-162, 2007.
- MANTELATTO, F. L. M.; DOMICIANO, L. C. C. Pattern of shell utilization by the hermit crab *Paguristes tortugae* (Diogenidae) from Anchieta Island, southern Brasil. *Scientia Marina*, 66 (3): 265-272. 2002.
- MANTELATTO, F. L.; FERNANDES-GÓES, L. C.; FANTUCCI, M. Z.; BIAGI, R.; PARDO, L. M.; GÓES, J. M. A comparative study of population traits between two South American populations of the stripped-legged hermit crabs *Clibanarius vitattus*. **Acta Oecologica**. 36, 10-15, 2010.
- MANTELATTO, F. L.; GARCIA, R. B. 2000. Shell utilization pattern of the hermit crab *Calcinus tibicen* (Diogenidae) from southern Brazil. **Journal of Crustacean Biology**, 20: 460–467.
- MANTELATTO, F. L.; MEIRELES, A. L. 2004. The importance of shell occupation and shell availability in the hermit crab *Pagurus brevidactylus* (Stimpson, 1859) (Paguridae) population from Southern Atlantic. **Biol. Mar. Sci.** 75, 27-35, 2004.



- MCDERMOTT, J. J. Symbionts of the hermit crab *Pagurus longicarpus* Say 1817 (Decapoda: Anomura): new observations from New Jersey waters and a review of all known relationships. **Proc. Biol. Soc. Wash.**, 114, 624-639, 2001.
- NEIL, S. J.; ELWOOD, R. W. Behavioural modification during egg-brooding in the hermit crab, *Pagurus bernhardus* L. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 94, 99–114, 1985.
- PARTRIDGE, B. L., Background camouflage: An additional parameter in hermit crab shell selection and subsequent behavior. **Bull. Mar. Sci.** 30, 914-916, 1980.
- TAYLOR, P. D. 1994. Evolutionary paleoecology of symbioses between bryozoans and hermit crabs. **Historical Biology**. 9: 157-205, 1994.
- REESE, E. S. Behavioral adaptations of intertidal hermit crabs. **Am. Zool.** 9 (2): 343-355, 1969.
- RIOS, E. **Compendium of Brazilian Sea Shells**. Evagraf, Rio Grande, 2009.
- SANDFORD, F. Population dynamics and epibiont associations of hermit crabs (Crustacea: Decapoda: Paguroidea) on Dog Island, Florida. **Memoirs of Museum Victoria**. 60 (1): 45-52, 2003.
- SPIGHT, T. M. Availability and use of shells by intertidal hermit crabs. **Biol. Bull. Mar. Biol. Lab.**, Woods Hole 152: 120-133, 1977.
- TENDAL, O. S.; DINESEN, G. E. Biogenic sediments, substrates and habitats of the Faroese shelf and slope. **Frodskaparrit**, 222-240, 2005.
- TURRA, A. Shell condition and adequacy of three sympatric intertidal hermit crab populations. **Journal of Natural History**, 37 (15): 1781 – 1795, 2003.
- TURRA, A.; LEITE, F. P. P. Shell utilization of a tropical rocky intertidal hermit crab assemblage: I. The case of Grande Beach. **Journal of Crustacean Biology** 21(2): 393-406, 2001.
- TURRA, A.; DENADAI, M. R.; LEITE, F. P. P. Predation on gastropods by shell-breaking crabs: effects on shell availability to hermit crabs. **Marine Ecology Progress Series**, 286 (1): 279-291, 2005.
- WAHL, M. Marine epibiosis. I. **Fouling and antifouling: some basic aspects. Mar. Ecol. Prog. Ser.** 58.175-189, 1989.
- WAHL, M. 2008. Ecological lever and interface ecology: epibiosis modulates the interactions between host and environment. **Biofouling**. 24: 427-438, 2008.

- WAHL, M.; MARK, O. The predominantly facultative nature of epibiosis: experimental and observational evidence. **Marine Ecology Progress Series**. 187: 59-66, 1999.
- WILLIAMS, J. D.; MCDERMOTT, J. J. Hermit crab biocoenoses: a worldwide review of the diversity and natural history of hermit crab associates. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 305, 1-128, 2004.
- ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 2<sup>nd</sup> edition. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 130 p., 1984.



## Conclusão Geral

---

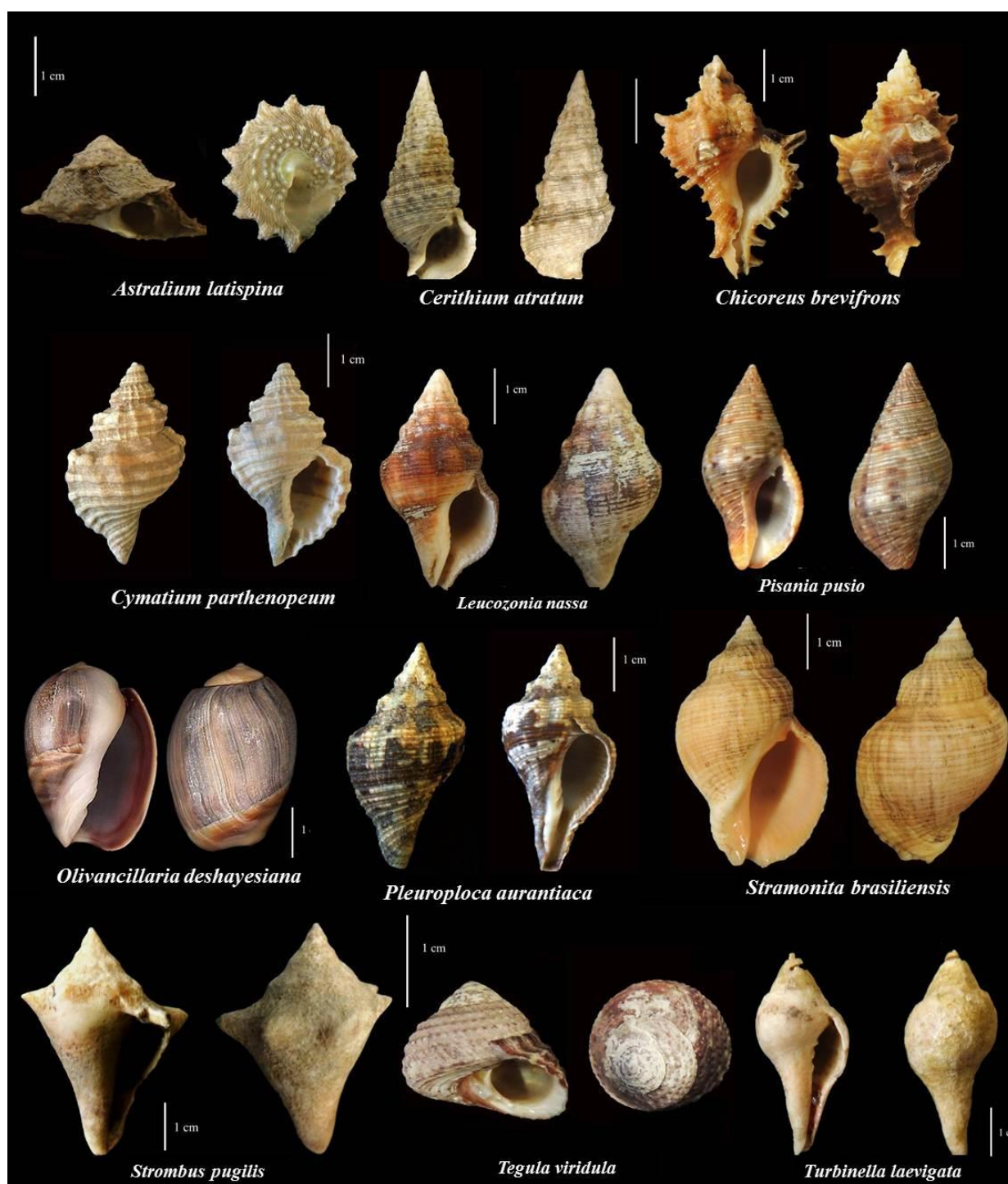
Os ermitões *Clibanarius antillensis* e *Calcinus tibicen* apresentaram diferentes estratégias reprodutivas entre as populações estudadas. A fecundidade, o tamanho dos ovos e o esforço reprodutivo foram maiores para as fêmeas ovígeras de ermitões coletadas nas localidades do estado de São Paulo. A presença de ovos aberrantes ou infertilizados influenciou os parâmetros reprodutivos para as fêmeas ovígeras coletadas nas localidades do estado do Ceará. Essa anomalia é registrada pela primeira vez entre os ermitões, sendo que já foram encontrados para outros crustáceos decápodos.

O padrão de ocupação de conchas variou entre as espécies e as populações analisadas, sendo que as fêmeas ovígeras demonstraram uma maior especificidade nas conchas ocupadas. As conchas danificadas foram ocupadas em altas proporções, sugerindo uma baixa disponibilidade de conchas de gastrópodes nas regiões estudadas. A maioria dos danos era localizada na região da abertura da concha. Danos na espira ocorreram em menor frequência e são desvantajosos para os ermitões, pois dificultam a retenção de água nas marés baixas, demonstrando que os ermitões estão selecionando conchas mais vantajosas para sua sobrevivência às intempéries da região entre-marés.

Os epibiontes foram marcadamente presentes nas conchas de gastrópodes ocupadas por ermitões nas populações estudadas. Houve diferentes frequências de ocorrência entre os ermitões nas áreas estudadas. Os epibiontes mais frequentes foram as algas calcárias, os briozoários e os poliquetos espirorbídeos e serpulídeos, sendo que os bivalves da família Ostreidae também ocorreram frequentemente. A presença de epibiontes pode influenciar na história de vida dos ermitões, principalmente nos padrões de seleção de conchas.

## APÊNDICE 1

Conchas de gastrópodes ocupadas pelos ermitões *Clibanarius antillensis* e *Calcinus tibicen* no presente estudo. \*A fotografia do gastrópode *Olivancillaria deshayesiana* foi obtida da seguinte fonte “[http://www.gastropods.com/8/Shell\\_11818.shtml](http://www.gastropods.com/8/Shell_11818.shtml)”, devido a concha obtida estar bastante danificada e incrustada de epibiontes.



## APÊNDICE 2

Principais epibiontes encontrados associados às conchas de gastrópodes ocupadas pelo *Clibanarius antillensis* e *Calcinus tibicen* no presente estudo. A – *Ulva* sp. (Alga Filamentosa – Chlorophyta); B – Alga Calcária (Corallinales); C – *Biflustra* (Bryozoa – Membraniporidae); D – *Spirorbis* (Polychaeta – Spirorbidae); E – Polychaeta, Serpulidae; F – *Crassostrea brasiliana* (Bivalvia – Ostreidae); G – *Isognomon bicolor* (Bivalvia – Isognomonidae); H – *Sphenia antillensis* (Bivalvia – Myidae); I – *Crepidula plana* (Gastropoda – Calyptraeidae); J – Desova de Neritidae (Gastropoda); K – *Chthamalus proteus* (Cirripedia – Chthamalidae); L – *Amphibalanus amphitrite* (Cirripedia – Balanidae).

