



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

POLIANA SALVE GUIZARDI

ECOLOGIA, BIOLOGIA POPULACIONAL E REPRODUTIVA DE
CARANGUEJOS CHAMA-MARÉS (DECAPODA: OCYPODIDAE) EM DOIS
MANGUEZAIS TROPICAIS DO ATLÂNTICO OCIDENTAL

FORTALEZA-CE
2019

POLIANA SALVE GUIZARDI

ECOLOGIA, BIOLOGIA POPULACIONAL E REPRODUTIVA DE
CARANGUEJOS CHAMA-MARÉS (DECAPODA: OCYPODIDAE) EM DOIS
MANGUEZAIS TROPICAIS DO ATLÂNTICO OCIDENTAL

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Doutora em Ciências Marinhas Tropicais. Área de concentração: Utilização e Manejo de Ecossistemas Marinhos e Estuarinos.

Orientador: Prof. Dr. Luis Ernesto Arruda Bezerra

FORTALEZA-CE
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- G971e Guizardi, Poliana Salve.
Ecologia, biologia populacional e reprodutiva de caranguejos chama-marés (Decapoda: Ocypodidae)
em dois manguezais tropicais do Atlântico Ocidental / Poliana Salve Guizardi. – 2019.
115 f. : il.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-
Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Luis Ernesto Arruda Bezerra.
1. fecundidade. 2. Leptuca. 3. método amostral. 4. Minuca. 5. rendimento reprodutivo. I. Título.
CDD 551.46
-

POLIANA SALVE GUIZARDI

ECOLOGIA, BIOLOGIA POPULACIONAL E REPRODUTIVA DE
CARANGUEJOS CHAMA-MARÉS (DECAPODA: OCYPODIDAE) EM DOIS
MANGUEZAIS TROPICAIS DO ATLÂNTICO OCIDENTAL

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais do
Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito para
obtenção do título de Doutora em Ciências Marinhas Tropicais. Área de concentração:
Utilização e Manejo de Ecossistemas Marinhos e Estuarinos.

Aprovada em: ___/___/___.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Luis Ernesto Arruda Bezerra (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Cristina Almeida Rocha-Barreira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Marcos de Miranda Leão Leite
Faculdade Luciano Feijão - Sobral/CE

Dra. Tânia Marcia Costa
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Dr. Felipe Bezerra Ribeiro
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Aos meus pais e minha irmã por todo amor e apoio.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR/UFC) por toda estrutura fornecida para a concretização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará pela oportunidade da realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa.

Ao SISBIO/ ICMBio pela licença concedida as coletas dos animais em campo.

Ao meu orientador Luis Ernesto Arruda Bezerra por todo ensinamento e paciência durante esses anos. Meu sincero e eterno obrigada pelo privilégio de trabalhar sob a sua orientação!

Aos professores Cristina Almeida Rocha-Barreira, Marcos de Miranda Leão Leite, Tânia Marcia Costa e Felipe Bezerra Ribeiro que se disponibilizaram a contribuir com o resultado final deste trabalho.

Agradeço de maneira especial a todos que participaram das coletas deste trabalho. Muito obrigada Índira, Alisson, Ravena, Matheus, Shayanna, Luysa, Larissa, Ellano, Talita, Maria Luiza, André, Júnior, pai, mãe e Paula. Foram lindos dias no manguezal!

Ao laboratório de Zoobentos que me acolheu e foi a minha “casa” durante esses anos. Foi um prazer conviver com vocês e tomar um cafézinho!

Ao Laboratório de Oceanografia Geológica (LABOMAR/UFC) pelo suporte nas análises sedimentológicas, em especial as técnicas Maria Cidrônea e Mônica Pimenta por toda ajuda.

Ao Laboratório de Efluentes e Qualidade de Água (LABOMAR/UFC) pelo suporte nas análises de matéria orgânica.

Ao Alisson Sousa Matos pela confecção dos mapas.

Ao Francisco Jailton Nogueira e Carolina Bracho pela ajuda na topografia.

Aos colegas da turma de doutorado e do mestrado do PPGCMT (“galera do mar”), professores e servidores desta instituição.

Aos meus amados pais Pedro e Ana pela insubstituível força e eterno apoio, sem os quais não conseguiria chegar até aqui. A minha querida irmã Paula pelo companheirismo, carinho e amizade. Amo muito vocês!

À minha família baiana Índira e Alisson e amiga Ravena por toda alegria e sofrimento compartilhados nestes últimos anos.

As queridas Leydiane e Gabriella, que mesmo com toda a distância, sempre estão ao meu lado.

E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram e estiveram torcendo por mim durante o desenvolvimento deste trabalho. Muito obrigada!

RESUMO

Entre os habitantes da região de estuários e manguezais, estão os caranguejos chama-marés que desempenham importante papel como engenheiros desses ecossistemas. Atualmente, existem cerca de 104 espécies desses caranguejos nas regiões tropicais e temperadas do mundo. No Brasil, dez espécies são conhecidas, das quais nove são encontradas no nordeste. Esta tese foi dividida em três capítulos em busca de preencher lacunas sobre a biologia e ecologia desses caranguejos. O capítulo um comparou métodos de coleta para o estudo populacional dos caranguejos chama-marés; o capítulo dois analisou a influência dos fatores ambientais na distribuição espaço-temporal desses caranguejos em um manguezal hipersalino no nordeste brasileiro e; o capítulo três comparou a variabilidade latitudinal da fecundidade de uma espécie de chama-maré em dois manguezais da costa brasileira. Os resultados indicaram que as amostragens podem induzir diferenças nas estimativas da estrutura populacional, portanto, a escolha do método depende dos objetivos do estudo. As variáveis que mais explicaram a distribuição das espécies foram o tamanho do grão do sedimento e a salinidade. Com relação à fecundidade, os resultados demonstram uma plasticidade intraespecífica das características reprodutivas, onde a variabilidade observada pode estar relacionada às condições ambientais locais.

Palavras-chave: CPUE, fecundidade, *Leptuca*, método amostral, *Minuca*, rendimento reprodutivo, transecto.

ABSTRACT

Among the inhabitants of the estuary and mangrove area are the fiddler crabs that make an important role as engineers of these ecosystems. Currently, there are about 104 species of these crabs in the tropical and temperate regions of the world. In Brazil, ten species are known, of which nine are found in northeastern. This thesis was divided into three chapters in order to fill gaps in the biology and ecology of these crabs. Chapter one compared collection methods for the population study of fiddler crabs; chapter two analyzed the influence of environmental factors on the spatio-temporal distribution of these crabs in a hypersaline mangrove in northeastern Brazil; chapter three compared the latitudinal variability of the fecundity of a fiddler crab species in two mangroves on the Brazilian coast. The results indicated that the samplings can induce differences in the estimates of the population structure, therefore, the choice of method depends on the objectives of the study. The variables that most explained the distribution of the species were sediment grain size and salinity. Regarding fecundity, the results demonstrate an intraspecific plasticity of the reproductive characteristics, where the observed variability may be related to local environmental conditions.

Keywords: CPUE, fecundity, *Leptuca*, *Minuca*, reproductive output, sample method, transect.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Precipitação sazonal (fevereiro, março, abril e maio) no Nordeste do Brasil de 1961 a 2016, em mm. Linhas horizontais coloridas mostram as médias para as décadas de 1980, 1990 e 2000 e para 2012-16 (atual). (Figura adaptada de Marengo et al., 2017).....3
- Figura 2. Mapa de localização das áreas estudadas: Manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil e Manguezal do Rio Itapemirim, Espírito Santo, Brasil.....7
- Figura 3. Representação esquemática da morfologia da frente dos caranguejos chama-maré (a: largura da frente; b: comprimento do pedúnculo ocular) (Figura adaptada de Crane, 1975).....8
- Figura 4. Distribuição geográfica dos caranguejos chama-marés (B) *Minuca rapax* (Smith, 1870), (D) *Leptuca leptodactyla* (Rathbun, 1898) e (F) *Leptuca thayeri* (Rathbun, 1900) e registros (A, C e D) na costa do Brasil. (círculo branco: ocorrência histórica; círculo preto: ocorrência atual; linha vermelha: locais onde a espécie é encontrada de acordo com o registro científico) (Figura adaptada de Thurman et al., 2013 e fiddlercrab.info).....11
- Capítulo 1**
- Figura 1. Manguezal do Rio Pacoti, Eusébio, Ceará, Brasil.....27
- Figura 2. (A) Manguezal do Rio Pacoti, Eusébio, Ceará, Brasil. (B) Área delimitada da transeção e (C) área da captura por unidade de esforço (Imagem: Marcus Vinicus, 2018).....28
- Figura 3. *Minuca rapax*. Número de indivíduos por classe de tamanho (LC, mm) dos caranguejos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, nos métodos (A e B) transeção com quadrados amostrais (TQA) e (C e D) captura por unidade de esforço (CPUE) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. (IN: juvenis com sexo indeterminado).....36
- Figura 4. *Minuca rapax*. Comparação do tamanho (LC, mm) dos caranguejos (A) machos e (B) fêmeas entre os métodos de coleta (*t*: teste *t*; TQA: Transeção com quadrados amostrais; CPUE: Captura por unidade de esforço; média, mediana, 25-75%, mín-máx).....36
- Figura 5. *Minuca rapax*. Abundância mensal por classe de tamanho (LC, mm) dos caranguejos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, no método TQA (Transeção com quadrados amostrais) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. (IN: juvenis com sexo indeterminado).....37
- Figura 6. *Minuca rapax*. Abundância mensal por classe de tamanho (LC, mm) dos caranguejos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, no método CPUE (Captura por unidade de esforço) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. (IN: juvenis com sexo indeterminado).....38

- Figura 7. *Leptuca leptodactyla*. Número de indivíduos por classe de tamanho (LC, mm) dos caranguejos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, nos métodos (A e B) transeção com quadrados amostrais (TQA) e (C e D) captura por unidade de esforço (CPUE) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. (IN: juvenis com sexo indeterminado).....40
- Figura 8. *Leptuca leptodactyla*. Comparação do tamanho (LC, mm) dos caranguejos (A) machos e (B) fêmeas entre os métodos de coleta (*t*: teste *t*; TQA: Transeção com quadrados amostrais; CPUE: Captura por unidade de esforço; média, mediana, 25-75%, min-máx.).....40
- Figura 9. *Leptuca leptodactyla*. Abundância mensal por classe de tamanho (LC, mm) dos caranguejos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, no método TQA (Transeção com quadrados amostrais) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. (IN: juvenis com sexo indeterminado).....41
- Figura 10. *Leptuca leptodactyla*. Abundância mensal por classe de tamanho (LC, mm) dos caranguejos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, no método CPUE (Captura por unidade de esforço) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. (IN: juvenis com sexo indeterminado).....42
- Figura 11. *Minuca rapax*. Dispersão de pontos e equações de crescimento das relações entre a largura da carapaça (LC) (A e C) e o comprimento do própodo do quelípodo maior (CPQM) para machos (B e D) e a largura do abdome (LA) para fêmeas dos caranguejos juvenis e adultos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, nos métodos TQA (Transeção com quadrados amostrais) e CPUE (Captura por unidade de esforço) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. (r^2 : coeficiente de determinação; juvenis: ponto cinza; adultos: ponto branco).....44
- Figura 12. *Leptuca leptodactyla*. Dispersão de pontos e equações de crescimento das relações entre a largura da carapaça (LC) (A e C) e o comprimento do própodo do quelípodo maior (CPQM) para machos (B e D) e a largura do abdome (LA) para fêmeas dos caranguejos juvenis e adultos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, nos métodos TQA (Transeção com quadrados amostrais) e CPUE (Captura por unidade de esforço) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. (r^2 : coeficiente de determinação; juvenis: ponto cinza; adultos: ponto branco).....45
- Figura 13. *Minuca rapax*. Frequência de juvenis e de fêmeas ovígeras coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, nos métodos (A) TQA (Transeção com uso de quadrados amostrais) e (B) CPUE (Captura por unidade de esforço) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. Tendência da precipitação também mostrada. (MJ: macho juvenil; FJ: fêmea juvenil; IN: juvenis com sexo indeterminado).....47

Figura 14. *Leptuca leptodactyla*. Frequência de juvenis e de fêmeas ovígeras coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, nos métodos (A) TQA (Transeção com uso de quadrados amostrais) e (B) CPUE (Captura por unidade de esforço) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. Tendência da precipitação também mostrada. (MJ: macho juvenil; FJ: fêmea juvenil; IN: juvenis com sexo indeterminado).....48

Capítulo 2

Figura 1. Manguezal do Rio Pacoti, Eusébio, Ceará, Brasil.....69

Figura 2. (A) Transecto dividido nas áreas (a) superior, (b) intermediária e (c) inferior no Manguezal do Rio Pacoti, Eusébio, Ceará, Brasil. (B) Área inferior. (C) Área superior e intermediária. (barreira: dique do tanque de evaporação da antiga salina) (Imagem: Marcus Vinicus, 2018).....70

Figura 3. Comparações das variáveis ambientais (temperatura do solo (°C), salinidade, teor de matéria orgânica (%) e diâmetro médio do sedimento (ϕ)) entre as áreas e os períodos no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. Diferenças significativas entre médias são indicadas por letras diferentes ($p < 0,05$). A primeira linha de letras compara as médias das áreas entre os períodos, a segunda linha compara as médias entre as áreas no período chuvoso e a terceira linha compara as médias entre as áreas no período seco. (mediana, 25-75%, mín-máx, pontos pretos: outliers).....75

Figura 4. Comparações das abundâncias (média \pm erro padrão) das espécies *Minuca rapax* e *Leptuca leptodactyla* entre as áreas e os períodos no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. Diferenças significativas entre médias são indicadas por letras diferentes ($p < 0,05$). A primeira linha de letras compara as médias das áreas entre os períodos, a segunda linha compara as médias entre as áreas no período chuvoso e a terceira linha compara as médias entre as áreas no período seco.....78

Figura 5. Diagrama de ordenação da análise de redundância (RDA). Áreas, espécies de caranguejos chama-marés e variáveis ambientais foram plotados. (A: área A; B: área B; C: área C; DM: diâmetro médio do grão (ϕ)).....79

Capítulo 3

Figure 1. Location map of study areas located in the northeastern (Pacoti River mangrove, Eusébio, Ceará) and southeastern (Itapemirim River mangrove, Marataízes, Espírito Santo) Brazil.....92

Figure 2. Frequency distribution by size class (CW, mm) of the ovigerous females of *Leptuca thayeri* collected in the northeastern (Pacoti River mangrove) and southeastern (Itapemirim River mangrove) Brazil. N: number of ovigerous females.....95

Figure 3. Comparisons of the carapace width (a,b), relative fecundity (c,d), egg volume (e,f) and reproductive output (g,h) (means \pm SE) between the regions and season for each location of ovigerous females of *Leptuca thayeri* collected in the northeastern (Pacoti River mangrove) and southeastern (Itapemirim River mangrove) Brazil. Only females in initial stage were included for the analysis of relative fecundity, egg volume and reproductive output. Significant differences between means are indicated with different letters.....97

Figure 4. Relationship between the fecundity (number of eggs at the stage I) and the size of ovigerous females of *Leptuca thayeri* (CW, mm) collected during rainy (a) and dry (b) season in the northeastern (Pacoti River mangrove) and during rainy (c) and dry (d) season in the southeastern (Itapemirim River mangrove). R^2 : coefficient of determination; N: number of ovigerous females.....101

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1. *Minuca rapax*. Abundância, porcentagem de indivíduos, razão sexual e densidade dos caranguejos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, nos métodos de TQA e CPUE no Canguexal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil.....31/32

Tabela 2. *Leptuca leptodactyla*. Abundância, porcentagem de indivíduos, razão sexual e densidade dos caranguejos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, nos métodos de TQA e CPUE no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil.....33/34

Tabela 3. Aspectos populacionais dos caranguejos chama-marés em diferentes localidades do Brasil.....54/55/56

Capítulo 2

Tabela 1. Valores médios das variáveis ambientais no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil.....73

Tabela 2. Valores das ANOVAs (dois fatores) das variáveis ambientais e abundância das espécies *Minuca rapax* e *Leptuca leptodactyla* no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil.....74

Tabela 3. Coeficientes resultantes da correlação de Spearman entre as variáveis ambientais no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil.....76

Tabela 4. Abundância das espécies *Minuca rapax* e *Leptuca leptodactyla* no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil.....77

Tabela 5. Resumo dos resultados da análise de redundância (RDA) com todas as variáveis incluídas e com variáveis selecionadas.....79

Capítulo 3

Table 1. Total precipitation, mean minimum temperature and mean maximum temperature obtained for northeastern (Pacoti River mangrove) and southeastern (Itapemirim River mangrove) Brazil by means of automatic stations of the Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), closer to the study areas between the months from January to December 2016.....93

Table 2. Summary tables for the ANOVAs (two factors) done separately for carapace width, relative fecundity, egg volume and reproductive output of ovigerous females of *Leptuca thayeri* collected in the northeastern (Pacoti River mangrove) and southeastern (Itapemirim River mangrove) Brazil. The significance level used for each test is indicated between parentheses.....96

Table 3. Fecundity and egg volume in the three stages of egg development of the ovigerous females of <i>Leptuca thayeri</i> collected in the northeastern (Pacoti River mangrove) and southeastern (Itapemirim River mangrove) Brazil.....	99
Table 4. Mean fecundity (number of eggs \pm SD; Stage I) and mean egg volume (mm^3) (egg volume \pm SD; Stage I) by size class of ovigerous females of <i>Leptuca thayeri</i> collected in the northeastern (Pacoti River mangrove) and southeastern (Itapemirim River mangrove) Brazil.....	100
Table 5. Egg loss numbers and increase in egg volume (mm^3) during the incubation period (stages I to III) of the ovigerous females of <i>Leptuca thayeri</i> collected in the northeastern (Pacoti River mangrove) and southeastern (Itapemirim River mangrove) Brazil.....	102
Table 6. Carapace width (CW, mm) and fecundity of ovigerous females of <i>Leptuca thayeri</i> at the initial stage (Stage I) in different latitudes on the coast of Brazil.....	104

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
INTRODUÇÃO GERAL	2
OBJETIVOS	13
HIPÓTESES	14
REFERÊNCIAS	15
Capítulo 1. Biologia populacional dos caranguejos chama-marés (Decapoda: Ocypodidae): diferenças entre os métodos de Transeção x CPUE	22
Resumo	22
1. Introdução	24
2. Material e Métodos	26
2.1 Área de estudo	26
2.2. Procedimentos de campo	26
2.3. Procedimentos de laboratório e análises dos dados	28
3. Resultados	29
3.1. Abundância e porcentagem de indivíduos	29
3.2. Tamanho dos indivíduos	35
3.3. Razão sexual.....	43
3.4. Maturidade sexual morfológica.....	43
3.5. Período de recrutamento	45
3.6. Período reprodutivo.....	46
4. Discussão	48
5. Referências.....	57
Capítulo 2. Distribuição espaço-temporal e abundância dos caranguejos chama-marés <i>Minuca rapax</i> e <i>Leptuca leptodactyla</i> (Decapoda: Ocypodidae) em um manguezal hipersalino do nordeste do Brasil	64
Resumo	64
1. Introdução	66
2. Material e Métodos	67
2.1 Área de estudo.....	67
2.2. Procedimentos de campo	69
2.3. Procedimentos de laboratório.....	71

2.4. Análises dos dados	71
3. Resultados	72
4. Discussão	80
5. Referências.....	83
Capítulo 3. Reproductive plasticity of the fiddler crab <i>Leptuca thayeri</i>: a comparison between two latitudes of Brazil.....	89
Abstract	89
Introduction.....	90
Materials and methods	91
<i>Study area and sampling</i>	91
<i>Ovigerous females and egg production</i>	93
<i>Reproductive Output - RO</i>	94
<i>Data analysis</i>	94
Results.....	95
<i>Ovigerous females and egg production</i>	95
<i>Reproductive Output - RO</i>	103
Discussion.....	103
References.....	107
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	115

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os caranguejos chama-marés estão entre os representantes mais abundantes da fauna de estuários e manguezais do mundo, desempenhando um importante papel ecológico nesses ecossistemas. No Brasil, dez espécies de três gêneros são conhecidas (*Uca*, Ocypodinae; *Leptuca* e *Minuca*, Gelasiminae), das quais nove são encontradas no nordeste e 10 no sudeste e sul do Brasil.

Neste trabalho, esses caranguejos foram estudados quanto a aspectos populacionais, comparações de métodos de coletas, influência dos fatores ambientais em sua ocorrência e distribuição e biologia reprodutiva, em uma perspectiva latitudinal.

A apresentação deste trabalho está dividida em três capítulos. O primeiro capítulo é intitulado “Biologia populacional dos caranguejos chama-marés (Decapoda: Ocypodidae): diferenças entre os métodos de Transeção x CPUE” e aborda aspectos populacionais, como distribuição por frequência de tamanho, razão sexual, maturidade sexual, recrutamento e período reprodutivo das espécies *Minuca rapax* (Smith, 1870) e *Leptuca leptodactyla* (Rathbun, 1898). Os resultados obtidos foram comparados entre os dois métodos de coleta a fim de investigar se existem diferenças quanto ao uso dos métodos na obtenção de dados para estudos de biologia populacional dessas espécies.

O segundo é intitulado “Distribuição espaço-temporal e abundância dos caranguejos chama-marés *Minuca rapax* e *Leptuca leptodactyla* (Decapoda: Ocypodidae) em um manguezal hipersalino do nordeste do Brasil”, relacionando a influência dos fatores ambientais (temperatura do solo, salinidade, teor de matéria orgânica, granulometria e precipitação) com a abundância e distribuição destes indivíduos no manguezal, ao longo do período de estudo.

O terceiro capítulo é intitulado “Reproductive plasticity of the fiddler crab *Leptuca thayeri* (Decapoda: Ocypodidae): a comparison between two latitudes of Brazil” e traz as variações na biologia reprodutiva desta espécie, em uma perspectiva latitudinal, fornecendo novas informações acerca dos padrões de história de vida desses crustáceos e capacidade adaptativa de populações em ambientes diferentes. Este trabalho foi submetido à revista *Invertebrate Reproduction & Development* (Qualis B1, comitê de Ciências Ambientais da CAPES) e encontra-se em análise.

INTRODUÇÃO GERAL

Ecossistema Manguezal

Os manguezais são ecossistemas costeiros, de transição entre os ambientes terrestres e marinhos, característico de regiões tropicais e subtropicais, sujeitos aos regimes das marés (Schaeffer-Novelli, 1995). No Brasil, os manguezais cobrem uma área aproximada de 25000 km², estendendo-se do Amapá até Santa Catarina (Fernandes, 2012).

O manguezal apresenta diversas funções econômicas e ecológicas, dentre as quais: proteção da linha de costa, pois a vegetação funciona como barreira, evitando a erosão gerada pela maré e por processos eólicos; retenção de sedimentos carregados pelos rios, pois as partículas transportadas se aderem ao substrato do manguezal, formando um ambiente com rica matéria orgânica; ação depuradora, isto é, o ecossistema funciona como filtro onde as bactérias trabalham a matéria orgânica sedimentando partículas contaminantes e metais pesados; são áreas de concentração de nutrientes, pois recebem águas ricas em nutrientes dos rios e do mar; permite a renovação da biomassa costeira, pois apresentam condições ideais para a reprodução e desenvolvimento de formas juvenis de várias espécies; são áreas de alimentação, abrigo e repouso de aves e; também auxiliam na manutenção da diversidade biológica (Alves, 2001).

A flora e a fauna dos manguezais são bastante características e possuem adaptações morfológicas e fisiológicas que lhes permitem viver nesse ambiente. Nas Américas, as florestas de mangue são compostas principalmente por espécies dos gêneros *Rhizophora*, *Avicennia*, *Laguncularia* e *Conocarpus* (Lacerda et al., 2001). Quanto à fauna, esse ambiente abriga desde microrganismos intersticiais até grandes peixes nectônicos, além de aves, répteis e mamíferos (Nagelkerken et al., 2008), que podem ser residentes ou semi-residentes (Schaeffer-Novelli, 1995). A maior parte da fauna vem do ambiente marinho, dominada principalmente por moluscos, crustáceos e peixes.

Semiárido brasileiro

O Semiárido brasileiro inclui os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, a maior parte da Paraíba e Pernambuco, Sudeste do Piauí, Oeste de Alagoas e Sergipe, região central da Bahia e uma faixa que se estende em Minas Gerais (Brasil, 2005). Nessa

região, a precipitação pluviométrica é marcada pela variabilidade espaço-temporal, a qual normalmente resulta na ausência de chuvas por um período prolongado, caracterizando eventos de seca.

No nordeste do Brasil, os episódios excepcionalmente secos ou úmidos são frequentemente associados a fenômenos de grande escala, como os episódios de *El Niño* e *La Niña* e aos padrões de temperatura da superfície do mar sobre os oceanos tropicais, os quais afetam no deslocamento da Zona de Convergência Intertropical sobre o Oceano Atlântico, influenciando na ocorrência e intensidade das chuvas (Marengo et al., 2017).

Embora a seca seja um fenômeno recorrente no nordeste brasileiro, desde 2010, a região semiárida tem experimentado uma das secas mais longas e intensas das últimas décadas (Figura 1), gerando problemas econômicos, sociais e ambientais tanto nas áreas urbanas quanto nas rurais (Marengo et al., 2017).

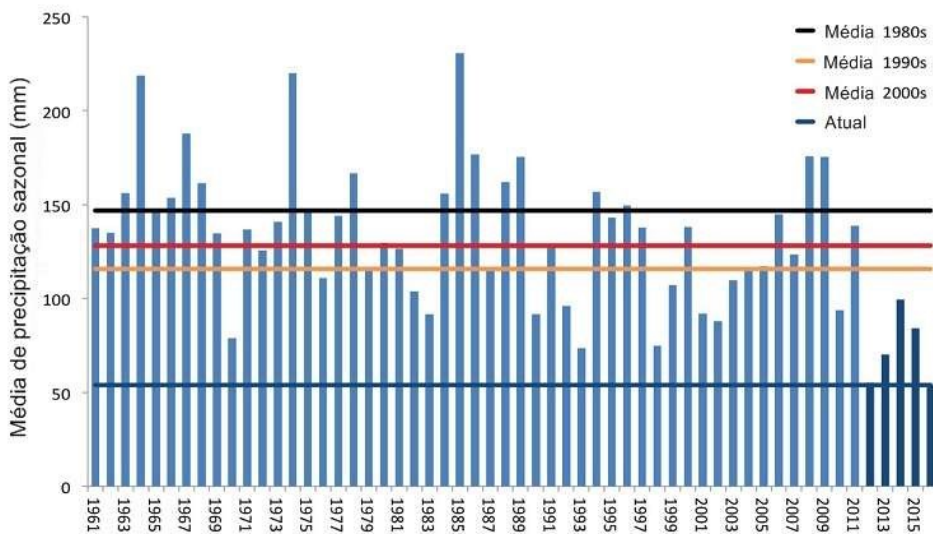


Figura 1. Precipitação sazonal (fevereiro, março, abril e maio) no Nordeste do Brasil de 1961 a 2016, em mm. Linhas horizontais coloridas mostram as médias para as décadas de 1980, 1990 e 2000 e para 2012-16 (atual). (Figura adaptada de Marengo et al., 2017).

Entre as medidas adotadas, em maior ou menor grau, para lidar com a seca e mitigar o problema estão as cisternas, açudes e barragens dos rios, barragens subterrâneas nos leitos de rios secos, poços de água, caminhões-pipa e transposição das águas (Marengo et al., 2017). Sendo assim, a maioria dos rios inseridos nessa região possuem barragens, os quais influenciam na dinâmica das bacias hidrográficas locais. Essas interferências alteram os parâmetros físico-químicos e biológicos da água, desde seu leito até a foz.

Dessa maneira, os estuários, especialmente do litoral setentrional do nordeste do Brasil, apresentam condições morfoclimáticas semiárida que permitem a geração de processos de hipersalinização e deposição evaporítica, de modo que nesses estuários são encontrados crostas superficiais de sais cristalizados, constituindo extensas planícies hipersalinias (Ridd & Stieglitz, 2002; Medeiros, 2016).

Manguezal do Rio Pacoti

O Rio Pacoti nasce na vertente-oriental da Serra de Baturité, no município de Guaramiranga, percorre por cerca de 150 km até desaguar no mar. Sua bacia hidrográfica é a maior da Região Metropolitana de Fortaleza e em seu curso médio, encontram-se as barragens Pacoti e Riachão, cujos reservatórios constituem a principal fonte de abastecimento de água de Fortaleza (Sudec, 1976). O barramento do rio tem resultado na diminuição do fluxo de água doce à jusante, provocando um aumento da intrusão salina na água do rio, diminuição do aporte de sedimentos argilo-siltosos e deposição de sedimentos devido à diminuição da vazão (Menezes, 2006; Lacerda et al., 2007). Estima-se uma descarga fluvial média de 19 m³/s na estação chuvosa e uma vazão média de 1 m³/s na estação seca, sendo controlada pela afluência do açude Pacoti durante o período de chuvas (Molisani et al., 2006). Há ainda, uma diminuição da velocidade da água, agravada pelo movimento das dunas na região de sua foz (Maia et al., 2001).

A região estuarina do Rio Pacoti localiza-se no limite sul do município de Fortaleza, pertencendo também aos municípios de Eusébio e Aquiraz, entre as latitudes 3°53'15"S e 3°55'0"S e longitudes 38°22'30"W e 38°26'5"W. A maior parte do estuário é situada na Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Pacoti. Até o início da década de 1980, a região abrigava tanques de produção de sal (Lacerda et al., 2007), que gerou impactos relacionados ao desmatamento, impermeabilização e hipersalinização do solo e rebaixamento do relevo (Menezes, 2006).

O estuário do Rio Pacoti, definido em função dos níveis médios de penetração da maré e ocorrência de vegetação de mangue, abrange uma extensão de 16,4 km, entre um ponto próximo à cidade de Aquiraz e a desembocadura, a sudeste de Fortaleza. Neste trecho o rio apresenta uma predominância de sedimentos areno-lodosos, em função da elevada taxa de sedimentação e da presença de extensos cordões de dunas paralelos, próximos à desembocadura, e uma profundidade média de cerca de 5 m (Irving et al., 1988). É estimada uma área de 150 ha de manguezal, sendo a vegetação dominada por *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman, *Avicennia germinans* Linnaeus, *Laguncularia racemosa* Gaerth e *Rhizophora mangle* Linnaeus (Miranda et al., 1988).

A região do manguezal hipersalino do Rio Pacoti, Eusébio, Ceará (3°49'3''S, 38°25'13,4''W) (Figura 2) apresenta um fotoperíodo bem distribuído durante o ano e temperatura média alta com pouca variação anual (Funceme, 2019). O clima da região litorânea é tropical quente subúmido, com uma temperatura média de 27°C, com máxima de 34°C e mínima de 22°C (Freire, 1989). Os meses mais quentes são janeiro e fevereiro e os meses com temperaturas mais amenas são julho e agosto, quando o regime de ventos é maior, embora seja no período seco (Rocha, 2013).

O regime de pluviosidade possui duas estações: uma chuvosa, no primeiro semestre do ano (principalmente entre fevereiro e maio, devido aos efeitos da Zona de Convergência Intertropical) e uma seca, no segundo semestre (Funceme, 2019). No município de Eusébio, a precipitação média anual é de 1.433 mm (Funceme, 2019). No primeiro semestre, no qual é caracterizada a quadra chuvosa, os ventos são mais amenos com média 6,5 m/s, no período de estiagem a média é em torno dos 9,3 m/s (Rocha, 2013). As marés são semidiurnais, com amplitude máxima de cerca de 3,1 m e mínima de 0,9 m (Freire, 1989), sendo classificadas como mesomarés.

O Rio Pacoti sofre impactos com a especulação imobiliária, principalmente na foz do Rio. O processo de ocupação da área iniciou-se no final da década de 70, com a construção de vias de acesso (Silva & Freire, 2004). Desde 2014, é desenvolvido na área de estudo um projeto de recuperação de manguezal na área da antiga salina, com abertura de canais para reestabelecer as condições hidrológicas, plantio de espécies e estudos sobre a influência de grupos funcionais, tais como herbáceas facilitadoras e caranguejos braquiúros, na recuperação do ecossistema (Freitas, 2018; Rodrigues, 2018).

Manguezal do Rio Itapemirim

A bacia hidrográfica do Rio Itapemirim, localizada na região sul do Estado do Espírito Santo, possui uma área de drenagem de aproximadamente 6000 km², nasce na Serra do Caparaó e abrange um município de Minas Gerais e dezessete do Espírito Santo. O Rio Itapemirim forma-se na porção média da bacia, a partir da junção dos rios Braço Norte Direito e Braço Norte Esquerdo no município de Alegre. Posteriormente, o Rio Itapemirim recebe as águas dos rios Castelo e Muqui do Norte e deságua no Oceano Atlântico, na altura do município de Marataízes. O rio Itapemirim, possui uma vazão média de 95m³/s e uma extensão de 135,44 Km (Peixo-Oliveira et al., 2018; Agerh, 2019).

A região estuarina do Rio Itapemirim localiza-se no município de Marataízes (20°59'48,5"S, 40°48'52,2"W) (Figura 2). O clima da região é tropical litorâneo (quente e úmido, com fortes brisas marinhas), com temperaturas máximas variando entre 28 °C e 30 °C, enquanto que as mínimas variam em torno de 15 °C (Albino, 1999). Segundo Monteiro (1949), quatro principais sistemas e suas respectivas correntes, atuam na região. Dentre estes, o Sistema Tropical Atlântico, proveniente do anticiclone semifixo do Atlântico Sul, atua de forma constante o ano inteiro. Já o Sistema Polar Atlântico, que proporciona a circulação secundária, possui maior atividade no inverno, com a presença dos ventos Sul e Sudeste e temperaturas mais baixas (Albino et al., 2004).

A precipitação média anual é de aproximadamente 1270 mm na região sul e sudeste do estado do Espírito Santo, variando sazonalmente, sendo possível separar dois períodos específicos: um chuvoso (entre outubro e março) e outro mais seco (entre abril e setembro) (Mello et al., 2012).

O litoral capixaba possui um regime de micromaré, cuja amplitude varia entre 1,40 m e 1,50 m, atingindo uma amplitude de 1,70 m, durante a maré de sizígia (Albino, 1999). No manguezal do Rio Itapemirim, durante a maré baixa é registrado valor zero de salinidade (Guizardi, 2012).

Atualmente, a região do manguezal sofre com a expansão imobiliária e poluição por esgoto doméstico e lixo.

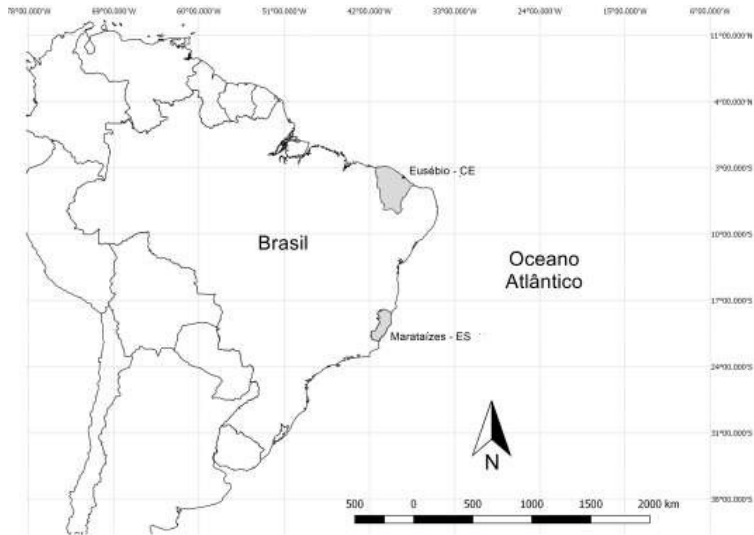


Figura 2. Mapa de localização das áreas estudadas: Manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil e Manguezal do Rio Itapemirim, Espírito Santo, Brasil.

Caranguejos chama-marés

A caracterização das populações naturais por meio de parâmetros como abundância, densidade populacional, distribuição de frequências por classe de tamanho, razão sexual, maturidade sexual, fecundidade, entre outros, é uma importante fonte de informação sobre a estabilidade ecológica das mesmas (Begon et al., 2007).

Nos últimos anos, estudos populacionais foram conduzidos com várias espécies de crustáceos, os quais têm revelado informações importantes sobre sua biologia, padrão reprodutivo e influencia dos fatores ambientais em sua distribuição. Os padrões observados podem variar dentro de uma mesma espécie, ao longo da sua distribuição (Thurman, 1985; Litulo, 2004a; 2004b; Bezerra et al., 2006; Bedê et al. 2008; Colpo e Negreiros-Fransozo, 2011).

Os caranguejos popularmente conhecidos como chama-maré, mão no olho ou xié ocorrem na região entremarés de estuários e manguezais (Crane, 1975), em regimes de salinidade que flutuam de completamente doce a hipersalino, sendo excelentes osmorreguladores (Crane, 1975; Barnwell e Thurman, 1984). Esses caranguejos

possuem um marcado dimorfismo sexual, com machos apresentando um quelípodo hipertrofiado, utilizado no comportamento de coorte, defesa e agonístico e, o outro pequeno, usado na alimentação. As fêmeas possuem um par de quelípodo pequenos e simétricos (Crane, 1975; Rosenberg, 2001).

São animais que possuem o hábito de construir tocas para se protegerem de temperaturas e salinidades extremas, dessecação, predadores, agressão de caranguejos vizinhos, além de serem utilizadas para atividades de reprodução, alimentação e muda (Crane, 1975). Esse hábito influencia diretamente na oxigenação do solo, ciclagem de nutrientes e dinâmica sedimentológica, além de fornecer um complexo microhabitat para a sobrevivência da meiofauna local (Crane, 1975; Botto & Iribame, 2000). A alimentação é realizada fora das tocas, durante a maré baixa, sendo constituída, principalmente, de matéria orgânica particulada encontrada no substrato, o qual é constantemente enriquecido com a deposição de bactérias, microflora bentônica e pequenos organismos assentados pela ação das marés (Díaz & Conde, 1989; Benedetto, 2007).

Os chama-marés, geralmente são divididos em duas categorias, aqueles com frente estreita e aqueles com frente larga (Crane, 1975; Rosenberg, 2001; Beinlich & von Hagen, 2006) (Figura 3). Espécies de frente estreita ocupam áreas entremarés inferiores, pois possuem um longo pedúnculo ocular, podendo enxergar mesmo submersas (Sturmbauer et al., 1996) e as fêmeas podem incubar os ovos dentro ou fora das tocas (Salmon & Zucker, 1988). Já as espécies de frente larga incubam ovos dentro das tocas e, geralmente, deixam de se alimentar durante a incubação (Christy & Salmon, 1991).

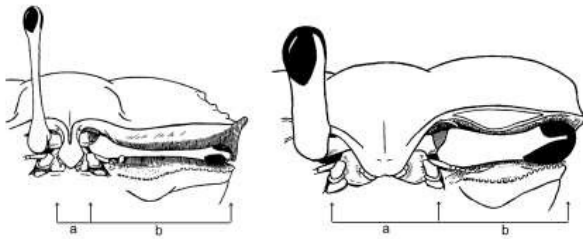


Figura 3. Representação esquemática da morfologia da frente dos caranguejos chama-maré (a: largura da frente; b: comprimento do pedúnculo ocular) (Figura adaptada de Crane, 1975).

Embora os adultos desses caranguejos tenham hábito semiterrestre, suas larvas desenvolvem-se em ambiente aquático (Kellmeyer & Salmon, 2001), assim como na maioria dos braquiúros. A grande quantidade de larvas liberadas na coluna d'água durante o período reprodutivo serve como fonte de alimento para invertebrados, alevinos e outros animais de pequeno porte, desempenhando um importante papel nutricional na teia trófica dos manguezais (Benedetto, 2007).

Atualmente, existem aproximadamente 104 espécies desses caranguejos nas regiões tropicais e temperadas do mundo. Até recentemente, todas as espécies pertenciam ao gênero único *Uca* Leach, 1814 com 12 subgêneros reconhecidos (Beinlich & Von Hagen, 2006; Landstofer & Schubart, 2010; Shih et al., 2009; 2010; 2016; Naderloo et al., 2010). No entanto, Shih et al. (2016) com base em evidências moleculares do rDNA nuclear 28S, rDNA mitocondrial 16S e a subunidade I da citocromo oxidase (COI) reconhecem que *Uca* é parafilético, com 11 grupos (= gêneros) pertencentes a duas subfamílias (Gelasiminae e Ocypodinae). No Brasil, dez espécies de três gêneros são conhecidas (*Uca*, Ocypodinae; *Leptuca* Bott, 1873 e *Minuca* Bott, 1854, Gelasiminae). Essas espécies habitam estuários e florestas de mangue ao longo da costa, das quais nove são encontradas no nordeste e 10 no sudeste e sul do Brasil (Bezerra, 2012).

No manguezal do Rio Pacoti - CE são encontradas quatro espécies de chama-maré: *Uca maracoani* (Latreille, 1803), *Minuca rapax* (Smith, 1870), *Leptuca leptodactyla* (Rathbun, 1898) e *Leptuca thayeri* (Rathbun, 1900) (Bezerra et al., 2006) e destas, as três últimas fazem parte do presente estudo.

Minuca rapax (Figura 4A e B) distribui-se na Flórida, Golfo do México, Antilhas, Venezuela e Brasil (do Pará até Santa Catarina), vivendo em áreas com predomínio de sedimentos arenosos e alto teor de conteúdo orgânico (Bezerra et al., 2006; Coelho et al., 2008). Trabalhos sobre essa espécie na costa brasileira restringem-se à região sudeste (Castiglioni e Negreiros-Fransozo, 2004; 2005; 2006a; 2006b; Bedê et al., 2008; Costa e Soares-Gomes, 2009; 2015; Checon e Costa, 2017). Apenas o trabalho de Bezerra et al. (2006) estuda sua distribuição espacial em um manguezal na região nordeste.

Leptuca leptodactyla (Figura 4C e D) é o menor caranguejo chama-maré do Atlântico. Esta espécie distribui-se da Flórida até o extremo sul do Brasil, sendo encontrada em solo arenoso com salinidade meso a euhalina (Coelho et al., 2008; Thurman et al., 2013). Esses caranguejos são abundantes em áreas tropicais e alguns

trabalhos sobre a biologia populacional da espécie foram desenvolvidos na costa brasileira (Acirole et al., 2000; Masunari & Swiech-Ayoub, 2003; Cardoso & Negreiros-Fransozo, 2004; Bezerra & Matthews-Cascon, 2006; Bezerra et al., 2006; Bedê et al., 2008; Checon & Costa, 2017; Nogueira, 2017).

A espécie *L. thayeri* (Figura 4E e F) distribui-se na Flórida, Golfo do México, América Central, Venezuela e Brasil (do Pará até Santa Catarina) (Coelho et al., 2008). Vive na região entremarés, em áreas com predomínio de sedimento fino e alto teor de conteúdo orgânico (Bezerra et al., 2006) e as fêmeas ovígeras ocupam tocas em forma de chaminé perto das margens do rio (Salmon, 1987; Costa & Negreiros-Fransozo, 2003). Alguns autores estudaram seu comportamento reprodutivo, relação entre a morfologia das peças bucais, distribuição ecológica e relações alométricas (Salmon, 1987; Costa & Negreiros-Fransozo, 2001; 2003; Negreiros-Fransozo et al., 2003; Bezerra et al., 2006; Costa et al., 2006; Bezerra & Matthews-Cascon, 2007; Araújo et al., 2012; Farias et al., 2014).

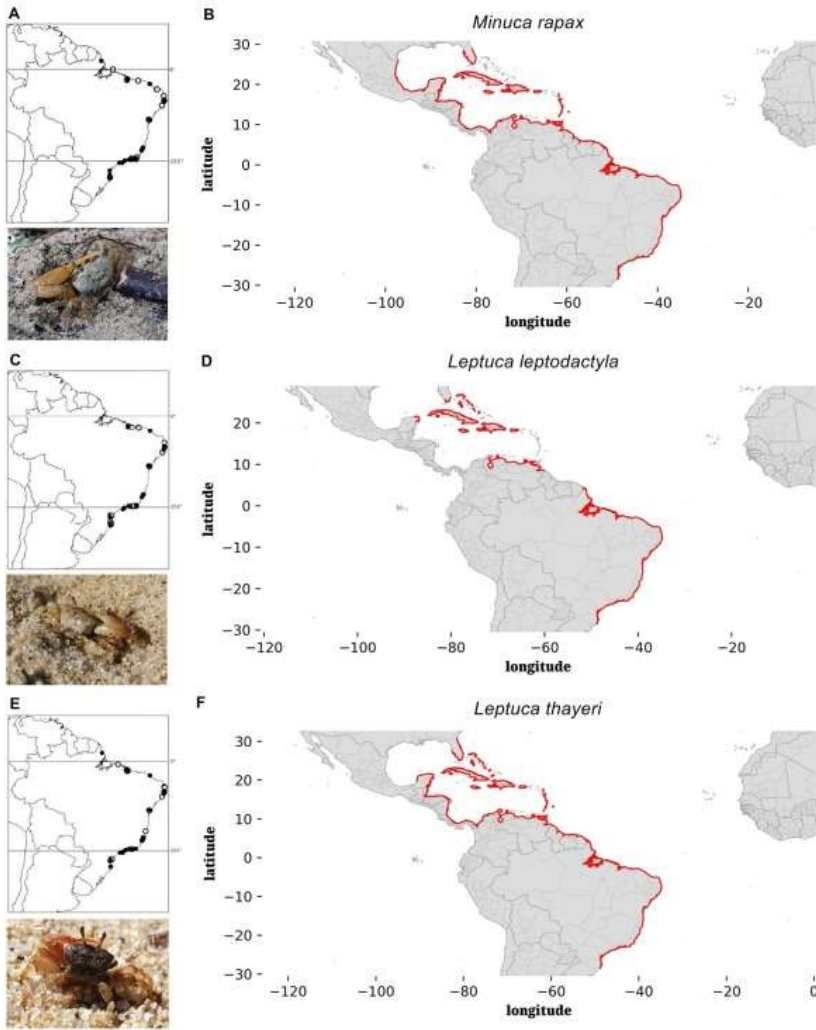


Figura 4. Distribuição geográfica dos caranguejos chama-marés (B) *Minuca rapax* (Smith, 1870), (D) *Leptuca leptodactyla* (Rathbun, 1898) e (F) *Leptuca thayeri* (Rathbun, 1900) e registros (A, C e D) na costa do Brasil. (círculo branco: ocorrência histórica; círculo preto: ocorrência atual; linha vermelha: locais onde a espécie é encontrada de acordo com o registro científico) (Figura adaptada de Thurman et al., 2013 e fiddlercrab.info).

Apesar da abundância desses caranguejos em áreas tropicais e embora estudos tenham sido realizados com chama-marés no Brasil, muitos usam metodologias diferentes que não permitem comparações entre os resultados obtidos para as diversas espécies. Portanto, uma das questões que este trabalho discute é a diferença entre os métodos usados e a influência destes na determinação da estrutura etária das populações. Outro ponto abordado é relacionado à influência de fatores ambientais na ocorrência e distribuição desses caranguejos, visto que existem lacunas no conhecimento sobre a amplitude de tolerância às diversas flutuações ambientais das espécies presentes na região estudada.

Também é relatada a importância de estudos comparativos sobre espécies que ocorrem em uma ampla área geográfica. As informações sobre aspectos reprodutivos desses organismos são ainda escassas para a região nordeste do Brasil, assim como uma carência pronunciada sobre estudos comparativos quanto à variação latitudinal. A importância desse estudo trará novos subsídios para a elucidação das características reprodutivas relacionadas à fecundidade e aos fatores que atuam em tal mecanismo, proporcionando um melhor entendimento sobre a história de vida e estratégias reprodutivas das espécies estudadas.

OBJETIVOS

Objetivo geral

O presente trabalho teve por objetivo comparar métodos de coleta para o estudo populacional e reprodutivo dos caranguejos chama-marés e verificar a influência dos fatores ambientais na distribuição espaço-temporal desses caranguejos em um manguezal hipersalino no nordeste brasileiro e, também, comparar a variabilidade latitudinal da fecundidade de uma espécie de chama-maré em dois manguezais da costa brasileira.

Objetivos específicos

- Estudar de forma comparativa os aspectos populacionais das espécies *Minuca rapax* e *Leptuca leptodactyla*, tais como abundância, tamanho corporal, distribuição por frequência de tamanho, maturidade sexual, razão sexual, recrutamento e período reprodutivo, a partir de dados obtidos pelos métodos de transeção com quadrados amostrais (TQA) e de captura por unidade de esforço (CPUE);
- Estudar a influência dos fatores ambientais como temperatura do solo, salinidade, teor de matéria orgânica, granulometria e precipitação na distribuição espacial e temporal das espécies *M. rapax* e *L. leptodactyla*.
- Comparar a fecundidade, volume dos ovos e esforço reprodutivo da espécie *Leptuca thayeri* em duas regiões da costa brasileira com diferentes latitudes.

HIPÓTESES

H0: Não há diferenças quanto ao uso dos métodos de transeção com quadrados amostrais (TQA) e de captura por unidade de esforço (CPUE) para a obtenção de dados de biologia populacional dos caranguejos chama-marés;

H1: Há diferenças quanto ao uso dos métodos de TQA e de CPUE para a obtenção de dados de biologia populacional dos caranguejos chama-marés.

H0: Fatores ambientais (temperatura do solo, salinidade, teor de matéria orgânica, granulometria e precipitação) não influenciam na distribuição espacial e temporal dos caranguejos chama-marés;

H1: Fatores ambientais (temperatura do solo, salinidade, teor de matéria orgânica, granulometria e precipitação) influenciam na distribuição espacial e temporal dos caranguejos chama-marés.

H0: A reprodução dos caranguejos chama-marés na região nordeste não é influenciada pelo período chuvoso/maior precipitação;

H1: A reprodução dos caranguejos chama-marés na região nordeste é influenciada pelo período chuvoso/maior precipitação.

H0: Não há variação latitudinal na fecundidade, tamanho e volume dos ovos e, conseqüentemente, no esforço reprodutivo de caranguejo chama-maré;

H1: Há variação latitudinal na fecundidade, tamanho e volume dos ovos e, conseqüentemente, no esforço reprodutivo de caranguejo chama-maré.

REFERÊNCIAS

- Aciole, S. D. G.; Sousa, E. C.; Calado, T. C. S. Aspectos bioecológicos de *Uca cumulanta* Crane, 1943 e *Uca leptodactyla* Rathbun, 1898 (Crustacea: Decapoda: Ocypodidae) do complexo estuarino-lagunar Mundaú/Manguaba - Maceió, Estado de Alagoas. **Boletim de Estudos de Ciências do Mar**, v. 79, p. 79–100, 2000.
- Agerh. Agência Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em: <https://agerh.es.gov.br/>. Acessado em: 01 de abril de 2019.
- Alaves, J. R. P. **Manguezais: educar para proteger**. Rio de Janeiro: Femar Semads, 2001.
- Albino, J. **Morfodinâmica e processo de sedimentação atual das praias de Bicanga à Povoação, ES**. Tese de doutorado. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo. 1999.
- Albino, J.; Vale, C. C.; Gomes, R. C. **Modelagem, monitoramento, erosão e ocupação costeira - MMOC/ES**, Instituto do Milênio - RECOS. UFES. 2004.
- Araújo, M. S. L. C.; Coelho, P. A.; Castiglioni, D. S. Relative growth and determination of morphological sexual maturity of the fiddler crab *Uca thayeri* Rathbun (Crustacea, Ocypodidae) in two mangrove areas from Brazilian tropical coast. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 7, p. 156–170, 2012.
- Barnwell, F. H.; Thurman, C. L. Taxonomy and biogeography of fiddler crabs of the Atlantic and Gulf coasts of Eastern North America. **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 81, p. 23–87, 1984.
- Bedê, L. M.; Oshiro, L. M. Y.; Mendes, L. M. D.; Silva, A. A. Comparação da estrutura populacional das espécies de *Uca* (Crustacea: Decapoda: Ocypodidae) no manguezal de Itacuruça, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, n. 4, p. 601–607, 2008.
- Begon, M.; Townsend, C. R.; Harper, J. L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. Artmed Editora. 2007.
- Beinlich, B.; von Hagen, H. O. Materials for a more stable subdivision of the genus *Uca* Leach. **Zoologische Mededelingen**, v. 80, p. 9–32, 2006.
- Benedetto, M. D. **Biologia de *Uca maracoani* Latreille, 1802-1803 (Decapoda, Brachyura, Ocypodidae) no Baixo Mirim, Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná – Curitiba, Paraná. 66p. 2007.
- Bezerra, L. E. A.; Dias, C. B.; Santana, G. X.; Matthews-Cascon, H. Spacial distribution of fiddler crabs (genus *Uca*) in a tropical mangrove of northeast Brazil. **Scientia Marina**, v. 70, p. 759–766, 2006.

- Bezerra, L. E. A.; Matthews-Cascon, H. Population structure of the fiddler crab *Uca leptodactyla* Rathbun, 1898 (Brachyura: Ocypodidae) in a tropical mangrove of northeast Brazil. **Thalassas**, v. 22, n. 1, p. 65–74, 2006.
- Bezerra, L. E. A.; Matthews-Cascon, H. Population and reproductive biology of the fiddler crab *Uca thayeri* Rathbun, 1900 (Crustacea: Ocypodidae) in a tropical mangrove from northeast Brazil. **Acta Oecologica**, v. 31, p. 251–258, 2007.
- Bezerra, L. E. A. The fiddler crabs (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae: genus *Uca*) of the South Atlantic Ocean. **Nauplius**, v. 20, p. 203–246, 2012.
- Botto, F.; Iribarne, O. Contrasting effects of two burrowing crabs (*Chasmagnathus granulata* and *Uca uruguayensis*) on sediment composition and transport in estuarine environments. **Estuarine Coastal and Shelf, Marine Science**, v. 51, p. 141–151, 2000.
- Brasil. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do Semiárido brasileiro**. Brasília, DF, 32 p., 2005.
- Cardoso, R. C. F.; Negreiros-Fransozo, M. L. A comparison of the allometric growth in *Uca leptodactyla* (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae) from two subtropical estuaries. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 84, n. 4, p. 733–735, 2004.
- Castiglioni, D. S.; Negreiros-Fransozo, M. L. Comparative analysis of the relative growth of *Uca rapax* (Smith) (Crustacea, Ocypodidae) from two mangroves in São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, n. 1, p. 137–144, 2004.
- Castiglioni, D. S.; Negreiros-Fransozo, M. L. Comparative population biology of *Uca rapax* (Smith, 1870) (Brachyura, Ocypodidae) from two subtropical mangrove habitats on the Brazilian coast. **Journal of Natural History**, v. 39, n. 19, p. 1627–1640, 2005.
- Castiglioni, D. S.; Negreiros-Fransozo, M. L. Physiologic Sexual Maturity of the Fiddler Crab *Uca rapax* (Smith, 1870) (Crustacea, Ocypodidae) from Two Mangroves in Ubatuba, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 2, p. 239–248. 2006a.
- Castiglioni, D. S.; Negreiros-Fransozo, M. L. Population biology of the fiddler crab *Uca rapax* (Smith, 1870) (Crustacea, Ocypodoidea) from a depredated mangrove area in Paraty, Rio de Janeiro state, Brazil. **Atlântica**, v. 28, n. 2, p. 73–86, 2006b.
- Checon, H. H.; Costa, T. M. Fiddler crab (Crustacea: Ocypodidae) distribution and the relationship between habitat occupancy and mouth appendages. **Marine Biology Research**, v. 13, n. 6, p. 618–629, 2017.
- Christy, J. H.; Salmon, M. Comparative studies of reproductive behavior in mantis shrimps and fiddler crabs. **American Zoologist**, p. 329–337, 1991.
- Coelho, P. A.; Almeida, A. O.; Bezerra, L. E. A. Checklist of the Marine and Estuarine Brachyura (Crustacea: Decapoda) of Northern and Northeastern Brazil. **Zootaxa**, v. 1956, p. 1–58, 2008.

Colpo, K.D.; Negreiros-Fransozo, M.L. Sediment particle selection during feeding by four species of *Uca* (Brachyura, Ocypodidae). **Crustaceana**, v. 84, p. 721–734, 2011.

Costa, T. M.; Negreiros-Fransozo, M. L. Morphological adaptation of the second maxilliped in semiterrestrial crabs of the genus *Uca* Leach, 1814 (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) from a subtropical Brazilian mangrove. **Nauplius**, v. 9, p. 123–131, 2001.

Costa, T. M.; Negreiros-Fransozo, M. L. Population Biology of *Uca thayeri* Rathbun, 1900 (Brachyura, Ocypodidae) in a subtropical south american mangrove area: results from transect and catch-per-unit-effort techniques. **Crustaceana**, v. 75, p. 1201–1218, 2003.

Costa, T. M.; Silva, S. M. J.; Negreiros-Fransozo, M. L. Reproductive pattern comparison of *Uca thayeri* Rathbun, 1900 and *U. uruguayensis* Nobili, 1901 (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, p. 117–123, 2006.

Costa T. M. M.; Soares-Gomes, A. Population structure and reproductive biology of *Uca rapax* (Decapoda: Ocypodidae) in a tropical coastal lagoon, southeast Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 26, n. 4, p. 647–657, 2009.

Costa T. M. M.; Soares-Gomes, A. Secondary production of the fiddler crab *Uca rapax* from mangrove areas under anthropogenic eutrophication in the Western Atlantic, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 101, p. 533–538, 2015.

Crane, J. **Fiddler crabs of the world. Ocypodidae: genus Uca**. Princeton: Princeton University Press. 1975.

Díaz, H.; Conde, J. E. Population dynamics and life history of the mangrove crab *Aratus pisonii* (Brachyura, Grapsidae) in a marine environment. **Bulletin of Marine Science**, v. 45, n. 1, p. 148–163, 1989.

Farias, A. C. A.; Castiglioni, D. S.; Garcia, J. E. Population structure of the fiddler crab *Uca thayeri* Rathbun, 1900 (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) in a tropical mangrove. **Thalassas**, v. 30, p. 21–37, 2014.

Fernandes, R. T. V. **Recuperação de Manguezais**. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 92 p., 2012.

Freire, G. S. S. **Etude hydrologique et sedimentologique de l'estuaire du Rio Pacoti (Fortaleza - Ceará - Brésil)**. Tese de doutorado. France: Université de Nantes, 1989.

Freitas, C. V. C. **Influência da herbácea facilitadora *Sesuvium portulacastrum* L. (Aizoceacea) no recrutamento e desenvolvimento de *Avicennia* spp. L. (Avicenniaceae) em uma área degradada no manguezal do Rio Pacoti - Ceará**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia). Universidade Federal do Ceará, 2018.

Funceme. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.funceme.br/>. Acessado em: 07 de março de 2019.

Guizardi, P. S. **Biodiversidade e distribuição ecológica dos Crustacea Decapoda no litoral sul do Espírito Santo**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Espírito Santo. 2012.

Irving, M. A.; Oliveira A. M. E.; Lima, H. H. Aspectos bioecológicos do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. **Arquivo Ciências do Mar**, v. 27, p. 91–100, 1988.

Kellmeyer, K.; M. Salmon. Hatching rhythms of *Uca thayeri* Rathbun: Timing in semidiurnal and mixed tidal regimes. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 260, n. 2, p. 169–183, 2001.

Lacerda, L. D.; Menezes, M. O. T.; Molisani, M. M. Changes in mangrove extension at the Pacoti River estuary, CE, NE Brazil due to regional environmental changes between 1958 and 2004. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 3, p. 67–72, 2007.

Landstorfer, R. B.; Schubart, C. D. A phylogeny of Pacific fiddler crabs of the subgenus *Minuca* (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae: *Uca*) with the description of a new species from a tropical gulf in Pacific Costa Rica. **Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research**, v. 48, p. 213–218, 2010.

Litulo, C. Population biology of the fiddler crab *Uca annulipes* (Brachyura: Ocypodidae) in a tropical East Africa mangrove (Mozambique). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 62, p. 283–290, 2004a.

Litulo, C. Population structure and reproductive biology of the fiddler crab *Uca inversa* (Hoffman, 1874) (Brachyura: Ocypodidae). **Acta Oecologica**, v. 27, n. 3, p. 135–141, 2004b.

Maia, L. P.; Freire, G. S.; Morais, J. O.; Rodrigues, A. C.; Pessoa, P. R.; Magalhães, S. H. O. Dynamics of coastal dunes at Ceará State, Northeastern Brazil: Dimensions and migration rate. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 34, p. 11–22, 2001.

Marengo, J. A.; Alves, L. M.; Alvala, R.; Cunha, A. P.; Brito, S.; Moraes, O. L. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 1973–1985, 2018.

Masunari, S.; Swiech-Ayoub, B. P. Crescimento relativo em *Uca leptodactyla* Rathbun (Crustacea Decapoda Ocypodidae). **Revista Brasileira De Zoologia**, v. 20, n. 3, p. 487–491, 2003.

Medeiros, D. H. M. **Ambientes hipersalinos no litoral semiárido brasileiro: zona estuarina do rio Apodi-Mossoró (RN)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Ceará. 2016.

Mello, C. R.; Viola, M. R.; Curi, N.; Silva, A. M. Distribuição espacial da precipitação e da erosividade da chuva mensal e anual no estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1878–1891, 2012.

- Menezes, M. O. T. **Análise do crescimento da floresta de mangue da planície flúvio-marinha do Rio Pacoti, Ceará, entre os anos de 1958 e 2004**. Monografia. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará. 2006.
- Miranda, P. T. C.; Martins, M. L. R.; Soares, Z. M. L. Levantamento e quantificação das áreas de manguezais no Estado do Ceará (Brasil) através de sensoriamento remoto. **Anais do V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, p. 90–94, 1988.
- Molisani, M. M.; Cruz, A. L. C.; Maia, L. P. Estimativa da descarga fluvial para os estuários do Estado do Ceará, Brasil. **Arquivo Ciências do Mar**, v. 39, p. 53–60, 2006.
- Monteiro, C. A. F. Clima. In: Geografia do Brasil. Grande Região Sul. Rio de Janeiro, **Fundação IBGE**, v. 5, p. 114–136, 1949.
- Naderloo, R.; Türkay, M.; Chen, H. L. Taxonomic revision of the wide front fiddler crabs of the *Uca lactea* group (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Ocypodidae) in the Indo West-Pacific. **Zootaxa**, v. 2500, p. 1–38, 2010.
- Nagelkerken, I., Blaber, S. J. M., Bouillon, S., Green, P., Haywood, M., Kirton, L. G., Somerfield, P. J. The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: a review. **Aquatic Botany**, v. 89, n. 2, p. 155-185, 2008.
- Negreiros-Fransozo, M. L.; Colpo, K. D.; Costa, T. M. Allometric growth in the fiddler crab *Uca thayeri* (Brachyura, Ocypodidae) from a subtropical mangrove. **Journal of Crustacean Biology**, v. 23, n. 2, p. 273–279, 2003.
- Nogueira, R. S. A. **Distribuição espacial e biologia populacional de *Leptuca Leptodactyla* (Rathbun, 1898) (Decapoda: Ocypodidae: Gelasiminae) em um manguezal do nordeste semiárido brasileiro**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais - Instituto de Ciências do Mar. 2017.
- Peixoto-Oliveira, J.; Neves, M. A.; Calegari, S. S.; Guadagnin, F. Compartimentação morfoestrutural da Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim, sul do estado do Espírito Santo. **Geologia USP. Série Científica**, v. 18, n. 2, p. 57–70, 2018.
- Ridd, P. V.; Stieglitz, T. Dry season salinity changes in arid estuaries fringed by mangroves and saltflats. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 54, p. 1039–1049, 2002.
- Rocha, G. H. M. **Morfodinâmica de desembocaduras de sistemas estuarinos barrados: o caso do Rio Pacoti - Ceará**. Dissertação de mestrado. Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará. 2013.
- Rodrigues, J. V. M. **Influência de *Batis maritima* L. (Bataceae) no recrutamento e crescimento de *Avicennia* spp. L. (Avicenniaceae) em uma área degradada do Rio Pacoti, Ceará. 2018**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia). Universidade Federal do Ceará, 2018.
- Rosenberg, M. S. The systematics and taxonomy of fiddler crabs: A phylogeny of the genus *Uca*. **Journal of Crustacean Biology**, v. 21, p. 839–869, 2001.

Salmon, M. On the reproductive behavior of the fiddler crab *Uca thayeri*, with comparisons to *U. pugilator* and *U. vocans*: evidence for behavioral convergence. **Journal of Crustacean Biology**, v. 7, p. 25–44, 1987.

Salmon, M.; Zucker, N. Interpreting differences in the reproductive behavior of fiddler crabs (genus *Uca*). **Journal of Crustacean Biology**, v. 68, p. 387–408, 1988.

Schaeffer-Novelli, Y. **Manguezal ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 64p., 1995.

Shih, H. T.; Kamrani, E.; Davie, P. J. F.; Liu, M. Y. Genetic evidence for the recognition of two fiddler crabs, *Uca iranica* and *U. albimana* (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae), from the northwestern Indian Ocean, with notes on the *U. lactea* species-complex. **Hydrobiologia**, v. 635, p. 373–382, 2009.

Shih, H. T.; Naruse, T.; Ng, P. K. L. *Uca jocelynae* sp. nov., a new species of fiddler crab (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae) from the Western Pacific. **Zootaxa**, v. 2337, p. 47–62, 2010.

Shih, H. T.; Ng, P. K. L.; Davie, P. J. F.; Schubart, C. D.; Türkay, M.; Naderloo, R.; Jones, D.; Liu, M. Y. Systematics of the family Ocypodidae Rafinesque, 1815 (Crustacea: Brachyura), based on phylogenetic relationships, with a reorganization of subfamily rankings and a review of the taxonomic status of *Uca* Leach, 1814, *sensu lato* and its subgenera. **Raffles Bulletin of Zoology**, v. 64, p. 139–175, 2016.

Silva, N. M.; Freire, G. S. S. A atividade imobiliária e os impactos socioambientais na planície flúvio-marinha do rio Pacoti, In: I Congresso Intercontinental de Geociências, Fortaleza. **Anais do I Congresso Intercontinental de Geociências**, 2004.

Sturmbauer, C.; Levinton, J. S.; Christy, J. Molecular phylogeny analysis of fiddler crabs: test of the hypothesis of increasing behavioral complexity in evolution. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, v. 93, p. 10855–10857, 1996.

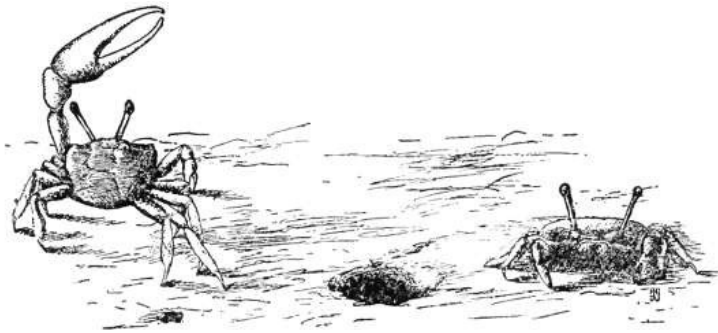
Sudec. **Programa de avaliação de potencial dos recursos naturais e áreas do litoral cearense**. Governo do Estado do Ceará, Fortaleza, 109p., 1976.

Thurman, C. L. Reproductive biology and population structure of the fiddler crab *Uca subcylindrica* (Stimpson). **Biological Bulletin**, v. 169, p. 215–229, 1985.

Thurman, C. L.; Faria, S. C.; McNamara, J. C. The distribution of fiddler crabs (*Uca*) along the coast of Brazil: implications for biogeography of the western Atlantic Ocean. **Marine Biodiversity Records**, v. 6, p. 1–21, 2013.

CAPÍTULO 1

Biologia populacional dos caranguejos chama-marés (Decapoda: Ocypodidae): diferenças entre os métodos de Transeção x CPUE



Capítulo 1. Biologia populacional dos caranguejos chama-marés (Decapoda: Ocypodidae): diferenças entre os métodos de Transeção x CPUE

Resumo

Este trabalho analisou as diferenças quanto ao uso dos métodos de transeção com quadrados amostrais (TQA) e captura por unidade de esforço (CPUE) na obtenção de dados para estudos de biologia populacional dos caranguejos chama-marés *Minuca rapax* e *Leptuca leptodactyla*. Comparações na abundância, tamanho dos indivíduos, estrutura etária e as distribuições por classe de tamanho, razão sexual, maturidade, períodos de recrutamento e reprodutivo foram analisadas para as duas espécies entre os procedimentos de amostragem. *Minuca rapax* foi mais capturada na CPUE e *L. leptodactyla* na TQA. Nas amostragens, para as duas espécies, os machos foram significativamente maiores que as fêmeas e, entre os métodos, ambos os sexos coletados na CPUE foram maiores. Também para as duas espécies, mais indivíduos machos foram coletados nos dois métodos e o tamanho da maturidade sexual morfológica ($LC_{50\%}$) foi maior para machos e fêmeas na CPUE. O maior número de machos pode ser reflexo da maior visibilidade desses indivíduos por causa das suas quelas, além do tamanho também influenciar na velocidade de deslocamento. A TQA também coletou mais juvenis das duas espécies, sugerindo que as taxas de recrutamento estimadas pela TQA foram mais adequadas. A CPUE coletou mais fêmeas ovígeras de *M. rapax*, enquanto a TQA coletou mais fêmeas ovígeras de *L. leptodactyla*. Esses resultados indicam que as amostragens podem induzir diferenças nas estimativas da estrutura populacional. Portanto, a escolha de um método apropriado depende dos objetivos do estudo.

Palavras-chave: *Leptuca*, método amostral, *Minuca*.

Abstract

This work analyzed the differences in the use of methods transect with sample squares (TSS) and catch per unit effort (CPUE) in obtaining data for population biology studies of the fiddler crabs *Minuca rapax* and *Leptuca leptodactyla*. Comparisons in abundance, size of individuals, age structure and distributions by size class, sex ratio, maturity, recruitment and reproductive periods were analyzed for the two species among the sampling procedures. *Minuca rapax* was most captured in CPUE and *L. leptodactyla* in TSS. In the samplings, for the two species, the males were larger than the females and, among the methods, both collected in the CPUE were larger. Also for both species, more males were collected in both methods and the size of morphological sexual maturity ($LC_{50\%}$) was higher for males and females in CPUE. The greater number of males may be a reflection of the greater visibility of these individuals because of their claws, besides the size also influence the speed of movement. TSS also collected more juveniles from both species, suggesting that recruitment rates estimated by TSS were more appropriate. CPUE collected more ovigerous females of *M. rapax*, while TSS collected more ovigerous females of *L. leptodactyla*. These results indicate that sampling may induce differences in estimates of population structure. Therefore, the choice of an appropriate method depends on the objectives of the study.

Keywords: *Leptuca*, *Minuca*, sample method.

1. Introdução

Os caranguejos popularmente conhecidos como chama-maré, violinista, mão no olho ou xié habitam áreas estuarinas e manguezais das regiões tropicais a subtropicais (Crane, 1975) e desempenham importante papel no funcionamento do habitat como engenheiros do ecossistema (Kristensen, 2008). Portanto, estudos com as populações naturais desses caranguejos são essenciais para obtenção de dados sobre sua dinâmica e relação com o meio ambiente.

Diferentes técnicas têm sido usadas nos estudos populacionais desses caranguejos, como: quadrados escavados, amostragem com transecto, coleta manual, uso de armadilhas, contagem de toca, observação visual, captura-marcação-recaptura e fotografia (Johnson, 2003; Vermeiren & Sheaves, 2014).

Nas amostragens com quadrado e transectos escavados os caranguejos são capturados, o que significa que medidas de carapaça podem ser obtidas, sexo identificado e classificação ao nível de espécie (Skov & Hartnoll, 2001; Costa & Negreiros-Fransozo, 2002; Colpo & Negreiros-Fransozo, 2016). A técnica de transecto ainda possui a vantagem em abordar a distribuição espacial dos caranguejos na área estudada. No entanto, as escavações movimentam grandes volumes de sedimento, podendo resultar em impactos ambientais em regiões estuarinas sensíveis (Schlacher et al., 2016) e também demandam uma quantidade maior de trabalho, geralmente com mais dias de coletas e pessoas, e isso requer uma carga financeira substancial nos institutos de pesquisa (Vermeiren & Sheaves, 2014). Na coleta manual dos indivíduos sobre a superfície, os caranguejos também são capturados (Costa & Negreiros-Fransozo, 2002; Colpo & Negreiros-Fransozo, 2016). É uma técnica que, dependendo do tempo de amostragem e coletores, pode ser realizada mais rapidamente. Neste método os caranguejos pequenos podem ser negligenciados e mais indivíduos machos capturados, por serem mais visíveis (Montague, 1980; Costa & Negreiros-Fransozo, 2002; Colpo & Negreiros-Fransozo, 2016). Com uso de armadilhas os caranguejos também são capturados, mas requer o conhecimento dos padrões de suas atividades e são técnicas laboriosas (Vermeiren & Sheaves, 2014).

As contagens de tocas são relativamente rápidas e podem ser usadas em amostragem em larga escala e replicação de padrões de distribuição espacial. No entanto, as contagens tendem a superestimar a densidade real de caranguejos, uma vez que estes podem cavar mais de uma toca (Montague, 1980; Genoni, 1991; Skov & Hartnoll, 2001) e é difícil a interpretação em assembleias multiespecíficas (Jordão &

Oliveira, 2003; Vermeiren & Sheaves, 2014). Schlacher et al. (2016) revisaram a precisão da estimativa de densidade por meio da contagem de toca e não encontraram relação entre o número de tocas e o tamanho da população. A observação visual depende da atividade dos caranguejos sobre a superfície. Atividades comportamentais podem ser obtidas por esse método, no entanto, a contagem de indivíduos pode ser subestimada, já que alguns caranguejos permanecem dentro de suas tocas (Skov & Hartnoll, 2001; Vermeiren & Sheaves, 2014). A captura-marcação-recaptura só é adequada quando as capturas podem ser realizadas de forma rápida e eficiente (Hockett & Kritzler, 1972). A fotografia fornece padrões de distribuição espacial precisos em grande escala, é um método rápido e não destrutivo, mas a diferenciação taxonômica é difícil quando as espécies simpátricas são morfologicamente semelhantes (Vermeiren & Sheaves, 2014). Desta forma, considerando todas essas técnicas de amostragens, as comparações de diferentes espécies ou populações devem ser realizadas com cautela (Nobbs & McGuinness, 1999).

Atualmente, existem aproximadamente 104 espécies de caranguejos chama-maré (Beinlich & Von Hagen, 2006; Landstofer & Schubart, 2010; Shih et al., 2009; 2010; 2016; Naderloo et al., 2010). No Brasil, dez espécies de três gêneros são conhecidas (*Uca*, Ocypodinae; *Leptuca* e *Minuca*, Gelasiminae), das quais nove são encontradas no nordeste do Brasil (Bezerra, 2012). No manguezal do Rio Pacoti, Ceará, são encontradas quatro espécies desses caranguejos: *Uca maracoani* (Latreille, 1803), *Leptuca thayeri* (Rathbun, 1900), *Leptuca leptodactyla* (Rathbun, 1898) e *Minuca rapax* (Smith, 1870) (Bezerra et al., 2006), sendo que *M. rapax* e *L. leptodactyla* vivem em simpatria em áreas com predomínio de sedimentos arenosos e apresentam várias cerdas modificadas em forma de colher, que possuem a função de selecionar a matéria orgânica dos sedimentos grosseiros (Bezerra et al., 2006).

Nas últimas décadas, estudos populacionais e reprodutivos foram conduzidos com as espécies de chama-maré brasileiras, mostrando que características podem variar dentro de uma mesma espécie, ao longo da sua distribuição (Costa & Negreiros-Fransozo, 2002; Masunari & Swiech-Ayoub, 2003; Cardoso & Negreiros-Fransozo, 2004; Castiglioni & Negreiros-Fransozo, 2004a; 2004b; Koch et al., 2005; Bezerra et al., 2006; Bezerra & Matthews-Cascon, 2006; 2007; Castiglioni & Negreiros-Fransozo 2006a, 2006b; Castiglioni et al., 2006; Bedê et al., 2008; Costa & Soares-Gomes, 2009; Araújo et al., 2012; Silva et al. 2016; Azevedo et al., 2017; Nogueira, 2017).

Na costa brasileira, estudos populacionais com chama-maré, comparando métodos foram realizados na região sudeste. Costa & Negreiros-Fransozo (2002) estudando a espécie *L. thayeri*, aplicaram os métodos de transecto (5 m x 0,40 m) e captura por unidade de esforço (CPUE) (dois coletores durante 15 minutos). Colpo & Negreiros-Fransozo (2016) estudaram a espécie *M. vocator* comparando as técnicas de quadrados escavados (3 x 0,80 m²) e CPUE (um coletor durante 15 minutos). Considerando a importância da obtenção de dados confiáveis sobre a abundância dos organismos, tamanho corporal, estrutura etária da população, razão sexual, maturidade, período de recrutamento e reprodutivo desses caranguejos, o presente estudo investigou como a técnica de amostragem pode afetar a avaliação da estrutura da populacional em dois anos consecutivos. Para isso foram estudadas as populações de *M. rapax* e *L. leptodactyla* na região nordeste do Brasil, usando dois métodos de amostragens: transeção com quadrados amostrais (TQA) e CPUE. Foram testadas as hipóteses de que há diferenças quanto ao uso dos métodos de TQA e da CPUE para a obtenção de dados de biologia populacional desses caranguejos e que são capturados mais machos do que fêmeas, mais fêmeas ovígeras e indivíduos maiores na CPUE.

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo

As coletas foram realizadas no manguezal hipersalino do Rio Pacoti, Eusébio, Ceará (3°49'3''S, 38°25'13,4''W) (Figura 1 e 2A). O clima da região é tropical quente subúmido, com temperatura máxima de 34 °C e mínima de 22 °C. A estação chuvosa é concentrada em alguns meses do ano (principalmente entre fevereiro e maio), com uma precipitação média anual de 600 a 1.433 mm. As marés são semidiurnais com amplitude máxima de cerca de 3,1 m e mínima de 0,9 m (Freire, 1989; Funceme, 2019).

2.2 Procedimentos de campo

Foram realizadas coletas mensais, de janeiro de 2016 a dezembro de 2017 utilizando-se dois métodos de coleta: transeção com quadrados amostrais (TQA) e captura por unidade de esforço (CPUE). Na TQA (Figura 2B), foi delimitado um transecto com 15 quadrados amostrais equidistantes de 50 x 50 cm (0,25 m²) na zona entremarés, perpendicular à linha d'água, iniciando na região do supralitoral e terminando na linha da maré baixa de sizígia. As tocas presentes nos quadrados foram escavadas e os caranguejos capturados manualmente. Na CPUE (Figura 2C), todos os

indivíduos encontrados sobre a superfície do solo, em uma área no entorno do transecto, foram coletados manualmente por um único coletor, durante uma hora.

Após a coleta, os caranguejos chama-maré foram transportados para o laboratório, congelados e depois conservados em álcool 70% para posterior processamento. Todas as amostragens neste estudo foram conduzidas em conformidade com as leis federais e estaduais vigentes (ICMBio 52067-1). Os espécimes serão depositados na Coleção de Carcinologia do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, Ceará, Brasil.

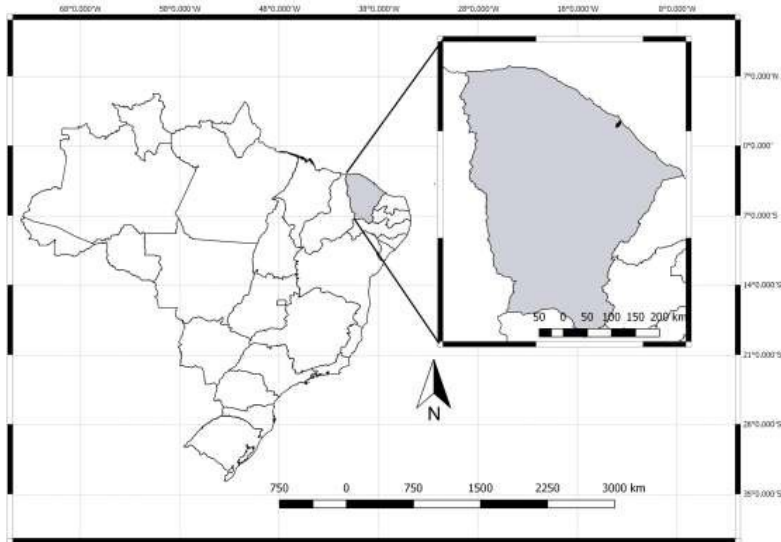


Figura 1. Manguezal do Rio Pacoti, Eusébio, Ceará, Brasil.

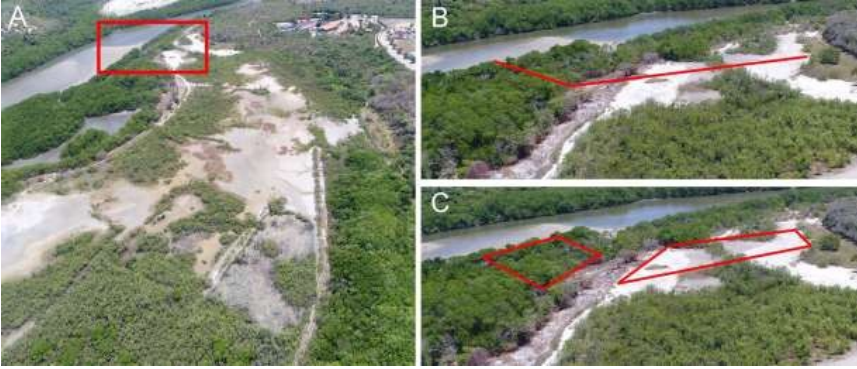


Figura 2. (A) Manguezal do Rio Pacoti, Eusébio, Ceará, Brasil. (B) Área delimitada da transeção e (C) área da captura por unidade de esforço (Imagem: Marcus Vinicus, 2018).

2.3. Procedimentos de laboratório e análises dos dados

O sexo foi identificado com base na presença do quelípodo desenvolvido e do formato do abdome. Os exemplares foram mensurados com um paquímetro digital ($\pm 0,01$ mm de precisão) quanto à maior largura da carapaça (LC), comprimento do própodo do quelípodo maior (CPQM) para machos e largura do abdome (LA) para fêmeas. Estas duas dimensões foram escolhidas porque estão relacionadas com a atividade reprodutiva de cada sexo.

Inicialmente, os dados morfométricos foram inspecionados por um protocolo para análise exploratória dos dados (Zuur et al., 2010) para detectar *outliers* e verificar a suposição de normalidade e de homocedasticidade. A detecção de *outliers* se deu pela visualização de gráficos de dispersão (Cleveland, 1993), o teste de Shapiro-Wilk foi usado para verificar a suposição de normalidade e o teste de Levene a suposição de homocedasticidade (Quinn & Keough, 2002). Quando esses pressupostos foram atendidos, foi utilizado o nível de significância tradicional de 0,05 para todos os testes (Zar, 2010). Quando a violação das premissas ocorreu, os dados foram transformados, porém quando nenhuma transformação levou a atender as premissas, foram realizados os testes nos dados brutos utilizando um nível de significância conservador (0,01) (Underwood, 1997). Todas as análises foram realizadas com o uso do software R (versão 3.5.1) (R Core Team, 2018).

O tamanho corpóreo médio (LC) foi comparado entre machos e fêmeas dentro dos dois métodos e entre os métodos pelo teste *t* de Student. A estrutura populacional foi analisada em função da distribuição por classe de tamanho de todos os indivíduos coletados durante o período de estudo. A razão sexual (mensal e total) foi verificada para cada método de amostragem pelo teste Qui-quadrado com intuito de verificar se a proporção encontrada segue a proporção esperada de 1:1.

A maturidade sexual morfológica foi calculada usando a técnica de alometria. Para a determinação dos grupos etários (juvenis e adultos), a metodologia estatística foi baseada no trabalho de Sampedro et al. (1999). Para isso, os dados biométricos foram logaritimizados, foi realizada uma análise de agrupamento *K-means*, seguida de uma análise discriminante bivariada, que permitiu a reclassificação destes grupos, com separação dos caranguejos em jovens e adultos. Depois disso, a maturidade sexual morfológica foi estimada pela relação alométrica CPQM x LC para machos e LA x LC para fêmeas, que permitiu determinar o tamanho em que 50% dos indivíduos se tornaram adultos (LC_{50%}).

Os períodos de recrutamento e reprodutivo foram determinados com base na frequência de juvenis e fêmeas ovígeras, respectivamente, coletados ao longo dos meses, nos dois métodos.

3. Resultados

3.1. Abundância e porcentagem de indivíduos

3.1.1. *Minuca rapax*

Ao longo do período de dois anos de estudo, foram coletados 474 indivíduos no método TQA, sendo 250 machos (52,74%), 176 fêmeas (37,13%), destas 10 estavam ovígeras (2,11%) e 48 (10,13%) juvenis com sexo não identificado (NI) (Tabela 1).

No método de CPUE foram coletados 1.841 indivíduos, sendo 1.091 machos (59,26%), 734 fêmeas (39,87%), destas 16 estavam ovígeras (0,87%) e 16 NI (0,87%) (Tabela 1).

3.1.2. *Leptuca leptodactyla*

Foram coletados 2.566 indivíduos no método TQA, sendo 1.184 machos (46,14%), 1.043 fêmeas (40,73%), destas 42 estavam ovígeras (1,64%) e 337 NI (13,13%) (Tabela 2).

No método de CPUE foram coletados 1.427 indivíduos, sendo 843 machos (59,07%), 516 fêmeas (36,16%), destas 5 estavam ovígeras (0,35%) e 68 NI (4,77%) (Tabela 2).

Tabela 1. *Minuca rapax*. Abundância, porcentagem de indivíduos, razão sexual dos caranguejos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, nos métodos de TQA e CPUE no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil.

Método	Ano	Mês	Abundância Total								Razão Sexual		
			Macho	%	Fêmea NO	%	Fêmea O	%	NI	%	Total	%	M:F
TQA	2016	Janeiro	6	1,27	2	0,42	1	0,21	-	-	9	1,90	2:1
		Fevereiro	20	4,22	6	1,27	5	1,05	1	0,21	32	6,75	1,8:1
		Março	14	2,95	10	2,11	-	-	3	0,63	27	5,70	1,4:1
		Abril	10	2,11	5	1,05	-	-	4	0,84	19	4,01	2:1
		Maio	5	1,05	4	0,84	-	-	9	1,90	18	3,80	1,3:1
		Junho	4	0,84	8	1,69	-	-	4	0,84	16	3,38	0,5:1
		Julho	1	0,21	1	0,21	-	-	-	-	2	0,42	1:1
		Agosto	5	1,05	3	0,63	-	-	1	0,21	9	1,90	1,7:1
		Setembro	7	1,48	3	0,63	-	-	1	0,21	11	2,32	2,3:1
		Outubro	4	0,84	5	1,05	-	-	1	0,21	10	2,11	0,8:1
		Novembro	7	1,48	3	0,63	-	-	-	-	10	2,11	2,3:1
		Dezembro	4	0,84	3	0,63	-	-	2	0,42	9	1,90	1,3:1
				Total 2016	87	18,35	53	11,18	6	1,27	26	5,49	172
TQA	2017	Janeiro	6	1,27	4	0,84	-	0,00	1	0,21	11	2,32	1,5:1
		Fevereiro	16	3,38	11	2,32	3	0,63	-	-	30	6,33	1,1:1
		Março	13	2,74	11	2,32	-	-	-	-	24	5,06	1,2:1
		Abril	13	2,74	7	1,48	-	-	2	0,42	22	4,64	1,9:1
		Maio	16	3,38	16	3,38	1	0,21	4	0,84	37	7,81	0,9:1
		Junho	21	4,43	19	4,01	-	-	9	1,90	49	10,34	1,1:1
		Julho	12	2,53	9	1,90	-	-	1	0,21	22	4,64	1,3:1
		Agosto	11	2,32	11	2,32	-	-	4	0,84	26	5,49	1:1
		Setembro	17	3,59	8	1,69	-	-	-	-	25	5,27	2,1:1
		Outubro	14	2,95	2	0,42	-	-	-	-	16	3,38	7:1*
		Novembro	12	2,53	8	1,69	-	-	1	0,21	21	4,43	1,5:1
		Dezembro	12	2,53	7	1,48	-	-	-	-	19	4,01	1,7:1
				Total 2017	163	34,39	113	23,84	4	0,84	22	4,64	302
		Total Geral	250	52,74	166	35,02	10	2,11	48	10,13	474	100	1,4:1*

Continuação

Método	Ano	Mês	Abundância Total								Razão Sexual		
			Macho	%	Fêmea NO	%	Fêmea O	%	NI	%	Total	%	M:F
CPUE	2016	Janeiro	39	2,12	29	1,58	-	-	-	-	68	3,69	1,3:1
		Fevereiro	59	3,20	41	2,23	4	0,22	-	-	104	5,65	1,3:1
		Março	33	1,79	27	1,47	1	0,05	3	0,16	64	3,48	1,2:1
		Abril	28	1,52	18	0,98	-	-	4	0,22	50	2,72	1,6:1
		Maio	30	1,63	20	1,09	-	-	4	0,22	54	2,93	1,5:1
		Junho	44	2,39	42	2,28	1	0,05	-	-	87	4,73	1:1
		Julho	43	2,34	31	1,68	-	-	-	-	74	4,02	1,4:1
		Agosto	44	2,39	32	1,74	-	-	-	-	76	4,13	1,4:1
		Setembro	61	3,31	34	1,85	-	-	-	-	95	5,16	1,8:1*
		Outubro	41	2,23	30	1,63	-	-	-	-	71	3,86	1,4:1
		Novembro	49	2,66	19	1,03	-	-	-	-	68	3,69	2,6:1*
		Dezembro	19	1,03	12	0,65	-	-	-	-	31	1,68	1,6:1
			Total 2016	490	26,62	335	18,20	6	0,33	11	0,60	842	45,74
CPUE	2017	Janeiro	38	2,06	11	0,60	-	-	-	-	49	2,66	3,5:1*
		Fevereiro	50	2,72	50	2,72	-	-	2	0,11	102	5,54	1:1
		Março	48	2,61	23	1,25	-	-	-	-	71	3,86	2,1:1*
		Abril	51	2,77	18	0,98	-	-	1	0,05	70	3,80	2,8:1*
		Maio	50	2,72	41	2,23	10	0,54	1	0,05	102	5,54	1:1
		Junho	46	2,50	47	2,55	-	-	-	-	93	5,05	1:1
		Julho	71	3,86	59	3,20	-	-	1	0,05	131	7,12	1,2:1
		Agosto	45	2,44	30	1,63	-	-	-	-	75	4,07	1,5:1
		Setembro	46	2,50	29	1,58	-	-	-	-	75	4,07	1,6:1*
		Outubro	57	3,10	20	1,09	-	-	-	-	77	4,18	2,9:1*
		Novembro	54	2,93	33	1,79	-	-	-	-	87	4,73	1,6:1*
		Dezembro	45	2,44	22	1,20	-	-	-	-	67	3,64	2:1*
			Total 2017	601	32,65	383	20,80	10	0,54	5	0,27	999	54,26
	Total Geral	1091	59,26	718	39,00	16	0,87	16	0,87	1841	100	1,5:1*	

TQA: Transeção com quadrados amostrais; CPUE: Captura por unidade de esforço; Fêmea NO: fêmea não ovígera; Fêmea O: fêmea ovígera; NI: juvenis com sexo não identificado; *diferença significativa: $p < 0,05$.

Tabela 2. *Leptuca leptodactyla*. Abundância, porcentagem de indivíduos, razão sexual dos caranguejos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, nos métodos de TQA e CPUE no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil.

Método	Ano	Mês	Abundância Total								Razão Sexual		
			Macho	%	Fêmea NO	%	Fêmea O	%	NI	%	Total	%	(M:F)
TQA	2016	Janeiro	47	1,83	56	2,18	3	0,12	66	2,57	172	6,70	0,8:1
		Fevereiro	21	0,82	30	1,17	-	-	10	0,39	61	2,38	0,7:1
		Março	60	2,34	100	3,90	-	-	33	1,29	193	7,52	0,6:1*
		Abril	45	1,75	11	0,43	-	-	35	1,36	91	3,55	4,1:1*
		Maio	39	1,52	30	1,17	-	-	8	0,31	77	3,00	1,3:1
		Junho	20	0,78	27	1,05	-	-	3	0,12	50	1,95	0,7:1
		Julho	50	1,95	40	1,56	-	-	1	0,04	91	3,55	1,3:1
		Agosto	30	1,17	33	1,29	1	0,04	1	0,04	65	2,53	0,9:1
		Setembro	44	1,71	23	0,90	-	-	-	-	67	2,61	1,9:1
		Outubro	24	0,94	19	0,74	5	0,20	-	-	48	1,87	1:1
		Novembro	17	0,66	14	0,55	-	-	6	0,23	37	1,44	1,2:1
		Dezembro	20	0,78	8	0,31	21	0,82	-	-	49	1,91	0,7:1
		Total 2016	417	16,25	391	15,24	30	1,17	163	6,35	1001	39,01	1:1
	2017	Janeiro	28	1,09	17	0,66	3	0,12	15	0,58	63	2,46	1,4:1
		Fevereiro	36	1,40	32	1,25	1	0,04	63	2,45	132	5,14	1,1:1
		Março	49	1,91	24	0,94	-	-	40	1,56	113	4,40	2:1*
		Abril	67	2,61	47	1,83	-	-	16	0,62	130	5,07	1,4:1
		Maio	125	4,87	111	4,33	-	-	14	0,55	250	9,74	1,1:1
		Junho	79	3,08	61	2,38	-	-	12	0,47	152	5,92	1,3:1
		Julho	73	2,84	78	3,04	1	0,04	1	0,04	153	5,96	0,9:1
Agosto		55	2,14	57	2,22	-	-	1	0,04	113	4,40	1:1	
Setembro		103	4,01	57	2,22	2	0,08	-	-	162	6,31	1,7:1*	
Outubro		64	2,49	37	1,44	3	0,12	2	0,08	106	4,13	1,6:1*	
Novembro	45	1,75	44	1,71	1	0,04	3	0,12	93	3,62	1:1		
Dezembro	43	1,68	47	1,83	1	0,04	7	0,27	98	3,82	0,9:1		
	Total 2017	767	29,89	612	23,85	12	0,47	174	6,78	1565	60,99	1,2:1*	
	Total Geral	1184	46,14	1003	39,09	42	1,64	337	13,13	2566	100	1,1:1*	

Continuação

Método	Ano	Mês	Abundância Total								Razão Sexual		
			Macho	%	Fêmea NO	%	Fêmea O	%	NI	%	Total	%	(M:F)
		Janeiro	39	2,73	24	1,68	-	-	18	1,26	81	5,68	1,6:1
		Fevereiro	8	0,56	9	0,63	-	-	6	0,42	23	1,61	0,9:1
		Março	18	1,26	11	0,77	-	-	8	0,56	37	2,59	1,6:1
		Abril	19	1,33	6	0,42	-	-	2	0,14	27	1,89	3,2:1*
		Maió	29	2,03	19	1,33	-	-	2	0,14	50	3,50	1,5:1
		Junho	41	2,87	26	1,82	-	-	3	0,21	70	4,91	1,6:1
	2016	Julho	34	2,38	29	2,03	-	-	-	-	63	4,41	1,2:1
		Agosto	30	2,10	16	1,12	-	-	-	-	46	3,22	1,9:1*
		Setembro	51	3,57	24	1,68	-	-	2	0,14	77	5,40	2,1:1*
		Outubro	36	2,52	24	1,68	1	0,07	-	-	61	4,27	1,4:1
		Novembro	36	2,52	25	1,75	-	-	-	-	61	4,27	1,4:1
		Dezembro	1	0,07	2	0,14	-	-	-	-	3	0,21	0,5:1
		Total 2016	342	23,96	215	15,07	1	0,07	41	2,88	599	41,98	1,6:1*
CPUE		Janeiro	8	0,56	10	0,70	-	-	3	0,21	21	1,47	0,8:1
		Fevereiro	18	1,26	17	1,19	-	-	3	0,21	38	2,66	1,1:1
		Março	27	1,89	24	1,68	-	-	13	0,91	64	4,48	1,1:1
		Abril	23	1,61	19	1,33	-	-	2	0,14	44	3,08	1,2:1
		Maió	49	3,43	26	1,82	-	-	2	0,14	77	5,40	1,9:1*
		Junho	50	3,50	21	1,47	1	0,07	2	0,14	74	5,19	2,3:1*
	2017	Julho	64	4,48	30	2,10	-	-	1	0,07	95	6,66	2,1:1*
		Agosto	83	5,82	49	3,43	-	-	-	-	132	9,25	1,7:1*
		Setembro	38	2,66	31	2,17	-	-	1	0,07	70	4,91	1,2:1
		Outubro	49	3,43	13	0,91	2	0,14	-	-	64	4,48	3,3:1*
		Novembro	35	2,45	25	1,75	1	0,07	-	-	61	4,27	1,3:1
		Dezembro	57	3,99	31	2,17	-	-	-	-	88	6,17	1,8:1*
		Total 2017	501	35,11	296	20,74	4	0,28	27	1,89	828	58,02	1,7:1*
		Total Geral	843	59,07	511	35,81	5	0,35	68	4,77	1427	100	1,6:1*

TQA: Transeção com quadrados amostrais; CPUE: Captura por unidade de esforço; Fêmea NO: fêmea não ovígera; Fêmea O: fêmea ovígera; NI: juvenis com sexo não identificado; *diferença significativa: $p < 0,05$.

3.2. Tamanho dos indivíduos

3.2.1. *Minuca rapax*

Na TQA, o tamanho dos machos variou de 3,04 a 22,90 mm de LC (média \pm DP = $12,18 \pm 4,95$ mm) e das fêmeas de 3,45 a 21,62 mm ($10,68 \pm 4,48$ mm). Os indivíduos distribuíram-se, principalmente, nas classes de 2 a 16 mm de LC ($n = 373$), sendo registrados também NI na primeira classe de tamanho. A menor fêmea ovígera coletada media 8,24 mm de LC (Figura 3A, B).

Na CPUE, os machos apresentaram uma amplitude de tamanho de 3,06 a 25,44 mm de LC ($14,78 \pm 4,54$ mm), enquanto as fêmeas variaram entre 3,56 e 21,72 mm ($12,76 \pm 3,85$). Os indivíduos distribuíram-se, principalmente, nas classes de 8 a 20 mm de LC ($n = 1.488$), e também ocorreram entre 24 e 26 mm. Não foram registrados indivíduos na primeira classe de tamanho e a menor fêmea ovígera capturada apresentou 13,94 mm de LC (Figura 3C, D).

Nos dois métodos, os machos foram significativamente maiores do que as fêmeas (TQA: $t = 3,23$; $p < 0,01$; CPUE: $t = 9,93$; $p < 0,01$). Quando comparado o tamanho dos machos e fêmeas entre os dois métodos, observou-se que ambos coletados na CPUE foram significativamente maiores dos que na TQA (Teste t , $p < 0,01$) (Figura 4).

No primeiro semestre dos dois anos estudados, para os dois métodos, foram coletadas fêmeas ovígeras (Figuras 5 e 6). Nesses primeiros meses também foram capturados indivíduos de tamanhos menores, evidenciado, principalmente, na TQA (Figura 5). A partir disso, observa-se o deslocamento da frequência de indivíduos das classes menores para as maiores nos meses seguintes.

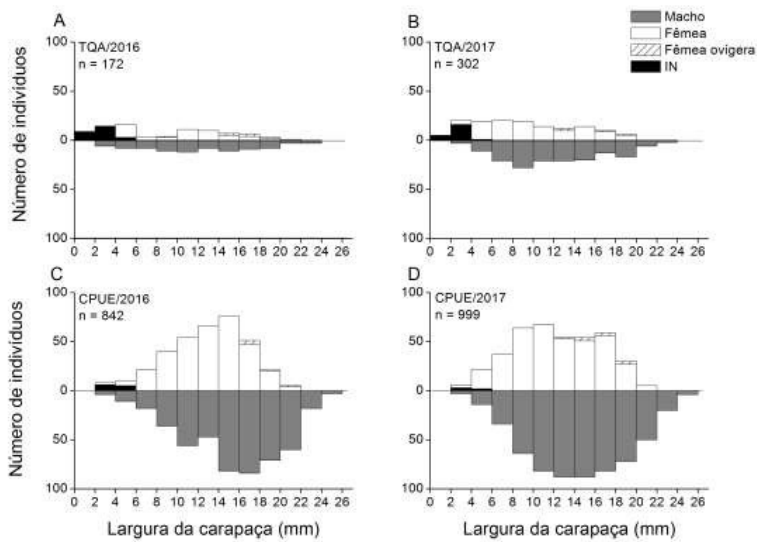


Figura 3. *Minuca rapax*. Número de indivíduos por classe de tamanho (LC, mm) dos caranguejos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, nos métodos (A e B) transeção com quadrados amostrais (TQA) e (C e D) captura por unidade de esforço (CPUE) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. (NI: juvenis com sexo não identificado).

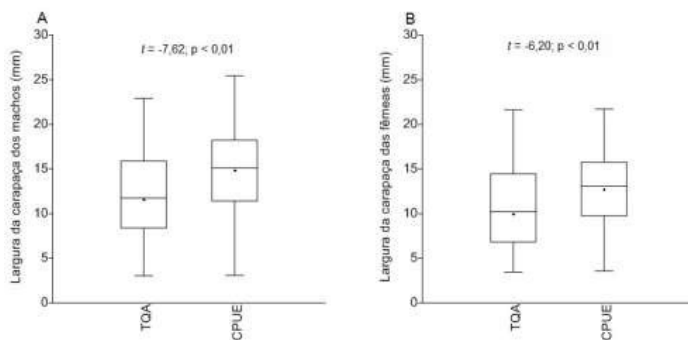


Figura 4. *Minuca rapax*. Comparação do tamanho (LC, mm) dos caranguejos (A) machos e (B) fêmeas entre os métodos de coleta (t : teste t ; TQA: Transeção com quadrados amostrais; CPUE: Captura por unidade de esforço; média, mediana, 25-75%, mín-máx).

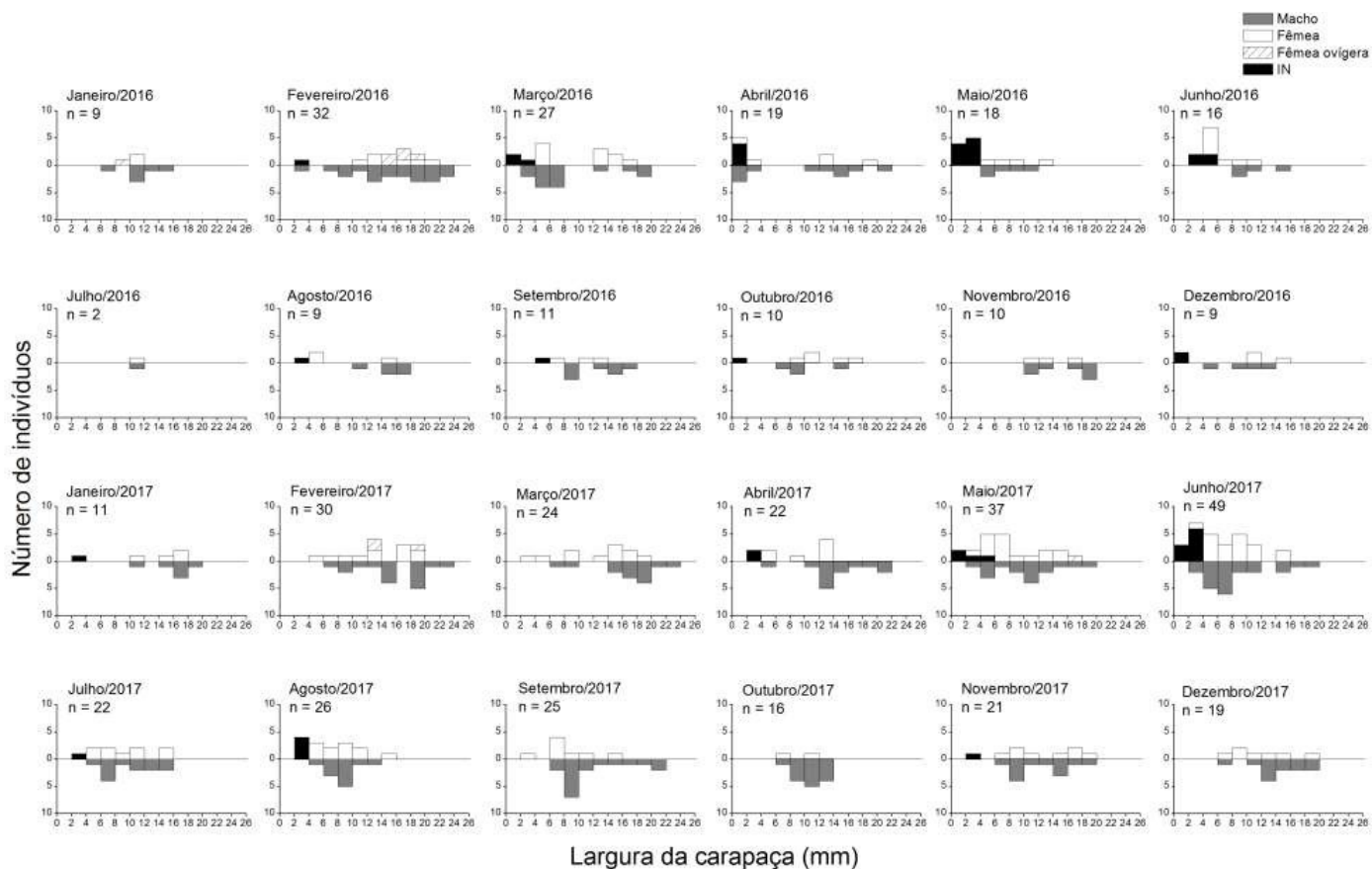


Figura 5. *Minuca rapax*. Abundância mensal por classe de tamanho (LC, mm) dos caranguejos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, no método TQA (Transeção com quadrados amostrais) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. (NI: juvenis com sexo não identificado).

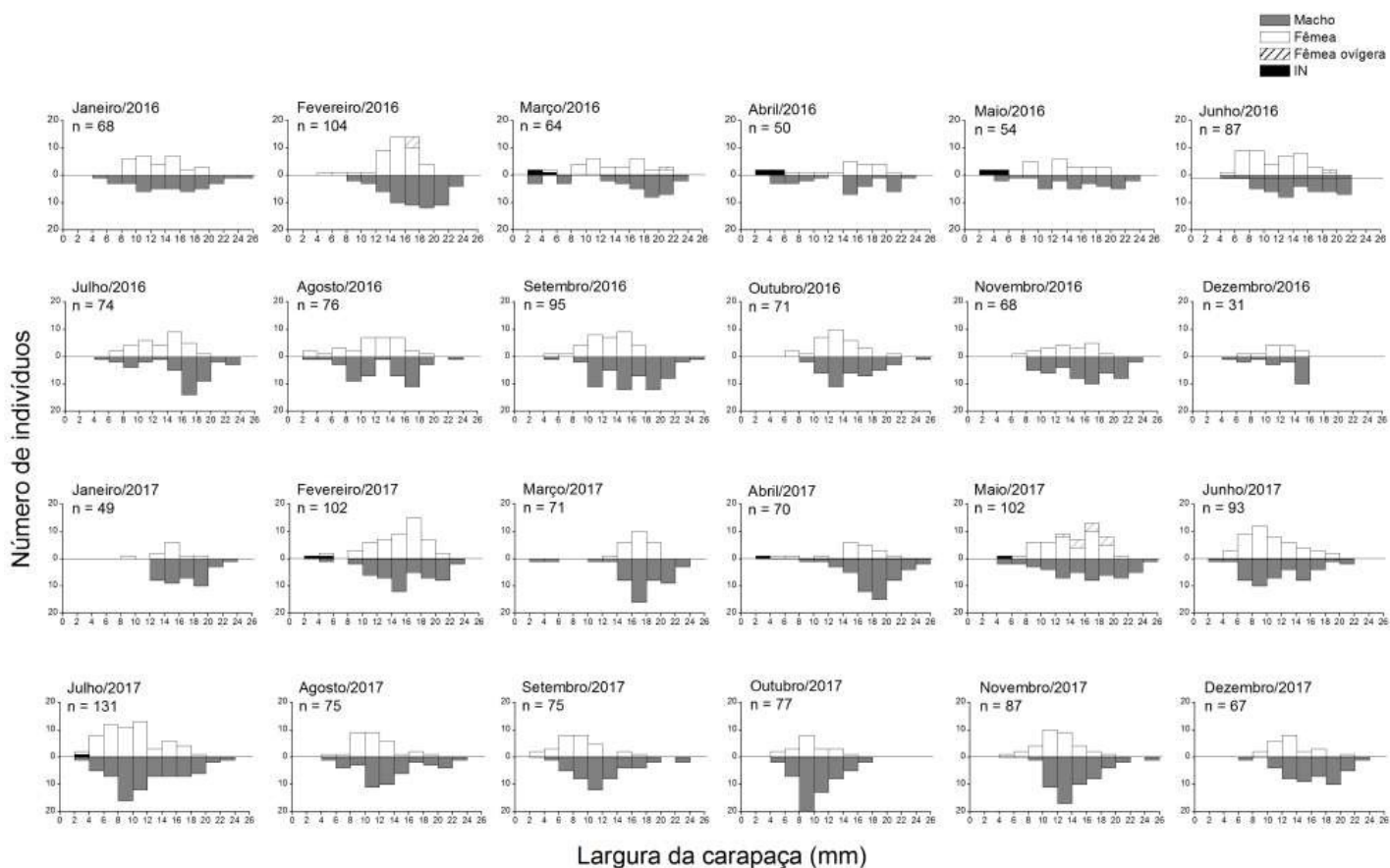


Figura 6. *Minuca rapax*. Abundância mensal por classe de tamanho (LC, mm) dos caranguejos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, no método CPUE (Captura por unidade de esforço) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. (NI: juvenis com sexo não identificado).

3.2.2. *Leptuca leptodactyla*

Na TQA o tamanho dos machos variou de 2,62 a 10,88 mm de LC (média \pm DP = $6,03 \pm 1,65$ mm) e das fêmeas de 2,36 a 9,97 mm ($5,68 \pm 1,66$ mm). Os indivíduos distribuíram-se, principalmente, nas classes de 3 a 8 mm de LC ($n = 1.963$) e nas classes de 1 a 3 foi registrada uma alta frequência de NI ($n = 326$). A menor fêmea ovígera coletada media 5,36 mm de LC (Figura 7A, B).

Na CPUE, os machos apresentaram uma amplitude de tamanho de 2,84 a 10,82 mm de LC ($6,70 \pm 1,44$ mm), enquanto as fêmeas variaram entre 2,68 e 9,43 mm ($6,31 \pm 1,49$ mm). Os indivíduos distribuíram-se, principalmente, nas classes de 5 a 8 mm de LC ($n = 901$) e a menor fêmea ovígera capturada apresentou 5,04 mm de LC (Figura 7C, D).

Para esta espécie, nos dois métodos, os machos também foram significativamente maiores do que as fêmeas (TQA: $t = 5,03$; $p < 0,01$; CPUE: $t = 4,72$; $p < 0,01$) e quando comparado o tamanho dos indivíduos machos e fêmeas entre os dois métodos, também se observou que ambos coletados na CPUE foram significativamente maiores dos que na TQA (Teste t , $p < 0,05$) (Figura 8).

Assim como *M. rapax*, para *L. leptodactyla* é observado um deslocamento da frequência de indivíduos das classes menores para as maiores nos meses seguintes a presença de fêmeas ovígeras, porém, as fêmeas ovígeras desta espécie foram mais abundantes no segundo semestre dos dois anos de coleta (Figuras 9 e 10).

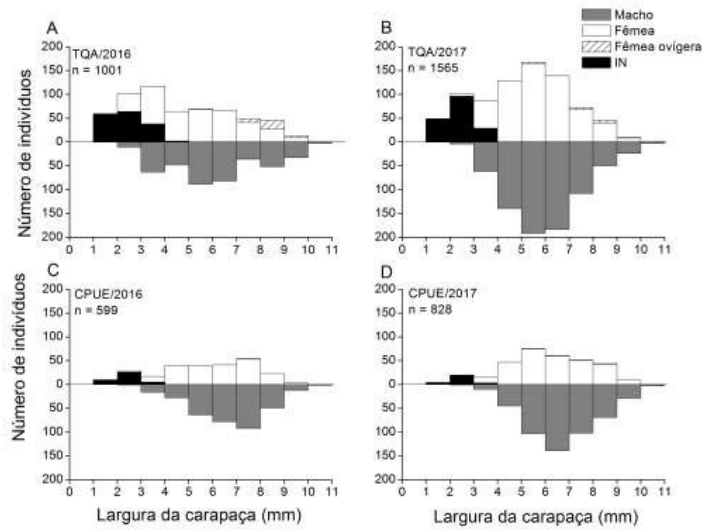


Figura 7. *Leptuca leptodactyla*. Número de indivíduos por classe de tamanho (LC, mm) dos caranguejos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, nos métodos (A e B) transeção com quadrados amostrais (TQA) e (C e D) captura por unidade de esforço (CPUE) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. (NI: juvenis com sexo não identificado).

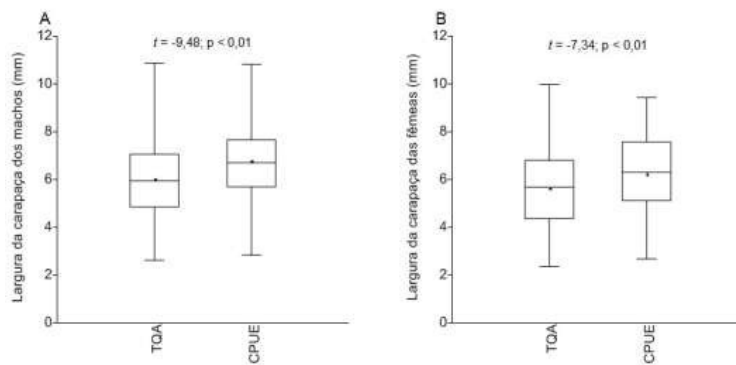


Figura 8. *Leptuca leptodactyla*. Comparação do tamanho (LC, mm) dos caranguejos (A) machos e (B) fêmeas entre os métodos de coleta (t : teste t ; TQA: Transeção com quadrados amostrais; CPUE: Captura por unidade de esforço; média, mediana, 25-75%, mín-máx).

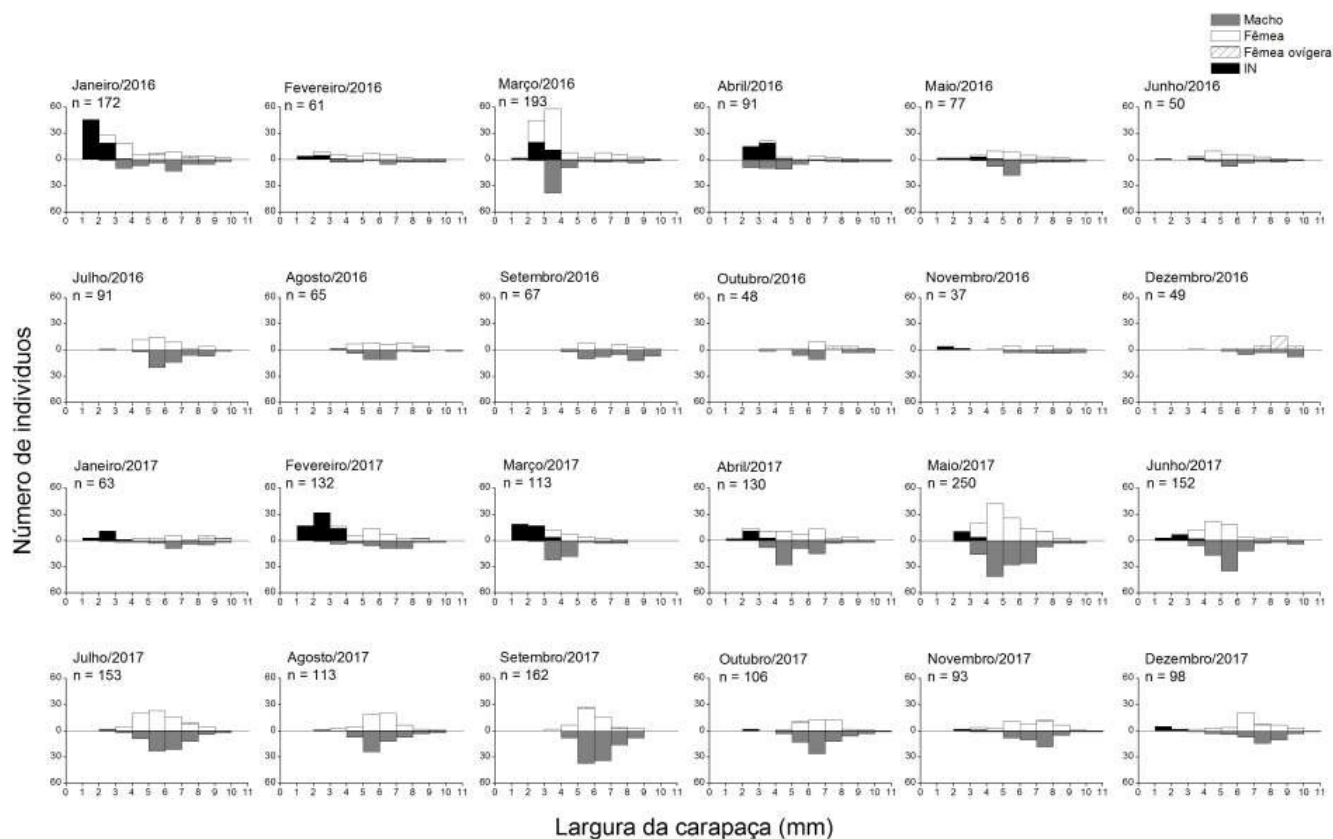


Figura 9. *Leptuca leptodactyla*. Abundância mensal por classe de tamanho (LC, mm) dos caranguejos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, no método TQA (Transecção com quadrados amostrais) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. (NI: juvenis com sexo não identificado).

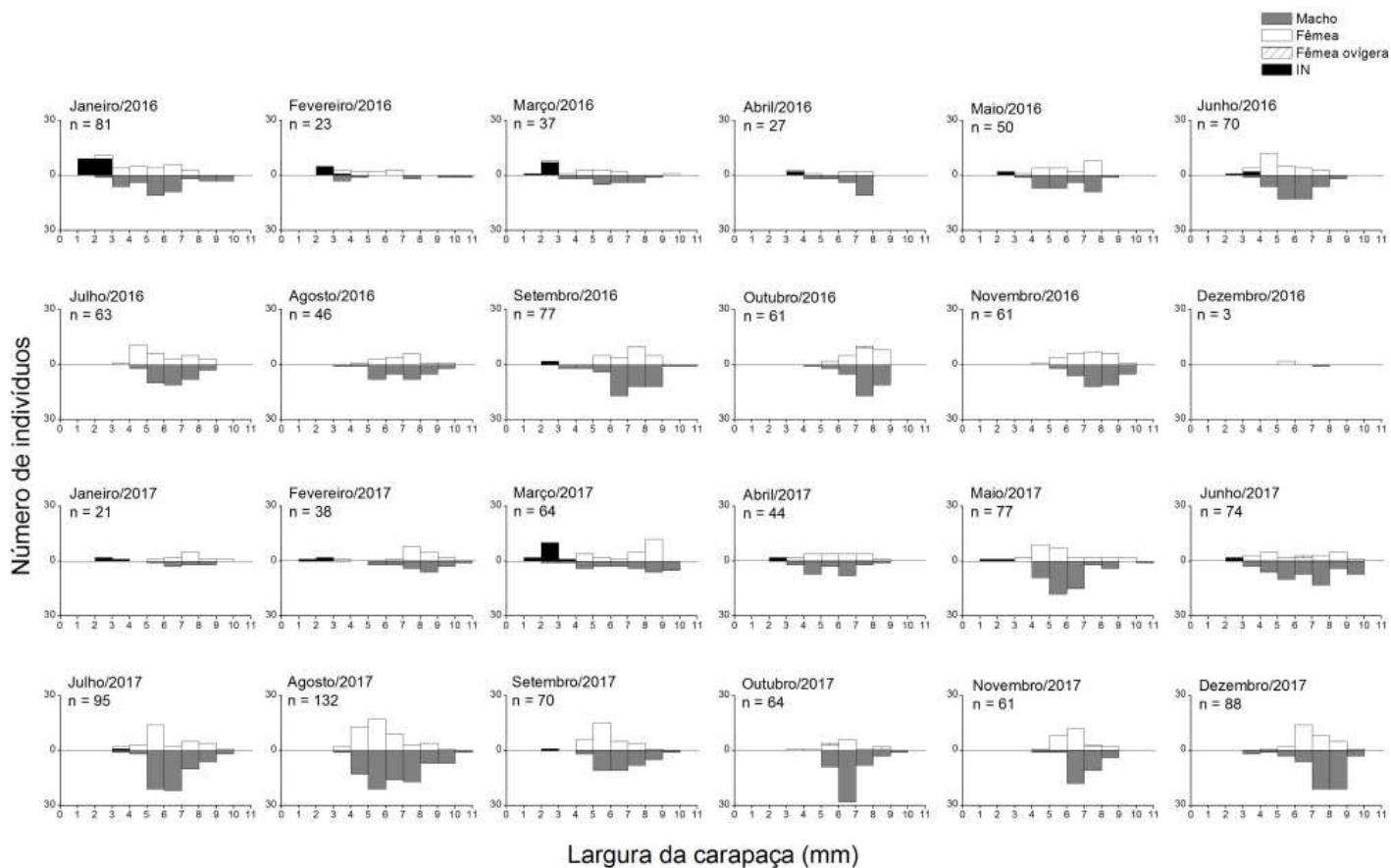


Figura 10. *Leptuca leptodactyla*. Abundância mensal por classe de tamanho (LC, mm) dos caranguejos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, no método CPUE (Captura por unidade de esforço) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. (NI: juvenis com sexo não identificado).

3.3. Razão sexual

3.3.1. *Minuca rapax*

A razão sexual (M:F) total obtida no método de TQA diferiu significativamente da esperada (1,4:1; $X^2 = 12,85$; $p < 0,05$). Mensalmente, apenas em outubro de 2017 a proporção foi desviada, com maior quantidade de indivíduos machos (Tabela 1).

Na CPUE a razão sexual (M:F) total diferiu significativamente da frequência esperada (1,5:1; $X^2 = 69,83$; $p < 0,05$). Os meses de setembro e novembro de 2016, janeiro, março, abril e de setembro a dezembro de 2017 registraram uma proporção desviada, com maior quantidade de indivíduos machos (Tabela 1).

3.3.2. *Leptuca leptodactyla*

A razão sexual (M:F) total obtida no método de TQA diferiu significativamente da esperada (1,1:1; $X^2 = 8,66$; $p < 0,05$), entretanto, no primeiro ano de coleta a razão não diferiu significativamente (Tabela 2). Os meses de março e abril de 2016 e março, setembro e outubro de 2017 apresentaram proporção desviada da esperada, com maior ocorrência de fêmeas apenas em março de 2016 (Tabela 2).

Na CPUE razão sexual (M:F) total diferiu significativamente da esperada (1,6:1; $X^2 = 78,68$; $p < 0,05$) e nos dois anos de coleta a proporção foi desviada em favor dos machos (Tabela 2). Os meses de abril, agosto e setembro de 2016, maio a agosto, outubro e dezembro de 2017 diferiram da proporção esperada, com maior quantidade de indivíduos machos (Tabela 2).

3.4. Maturidade sexual morfológica

3.4.1. *Minuca rapax*

No método de TQA, o tamanho da maturidade sexual morfológica $LC_{50\%}$ foi estimado em 11,16 mm para machos e 10,24 mm para fêmeas (Figura 11A, B). Na amostragem de CPUE, o $LC_{50\%}$ foi estimado em 13,37 mm para machos e 11,56 mm para fêmeas (Figura 11C, D).

3.4.2. *Leptuca leptodactyla*

Na amostragem de TQA, o tamanho da maturidade sexual morfológica $LC_{50\%}$ foi estimado em 5,37 mm para machos e 5,14 mm para fêmeas (Figura 12A, B). Na amostragem de CPUE, o $LC_{50\%}$ foi estimado em 6,28 mm para machos e 5,89 mm para fêmeas (Figura 12C, D), tamanhos um pouco maiores do que os calculados para TQA.

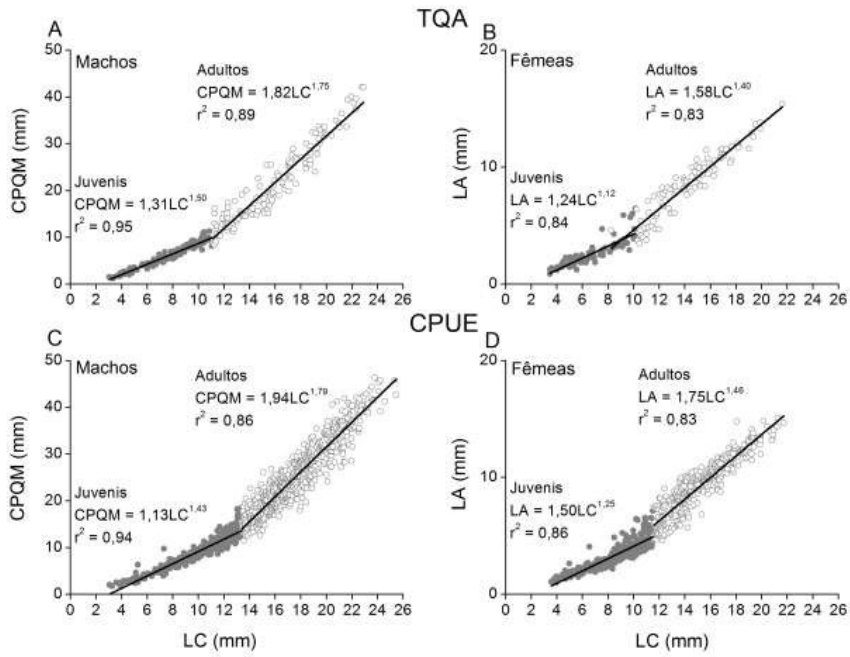


Figura 11. *Minuca rapax*. Dispersão de pontos e equações de crescimento das relações entre a largura da carapaça (LC) (A e C) e o comprimento do própodo do quelípodo maior (CPQM) para machos (B e D) e a largura do abdome (LA) para fêmeas dos caranguejos juvenis e adultos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, nos métodos TQA (Tranção com quadrados amostrais) e CPUE (Captura por unidade de esforço) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. (r^2 : coeficiente de determinação; juvenis: ponto cinza; adultos: ponto branco).

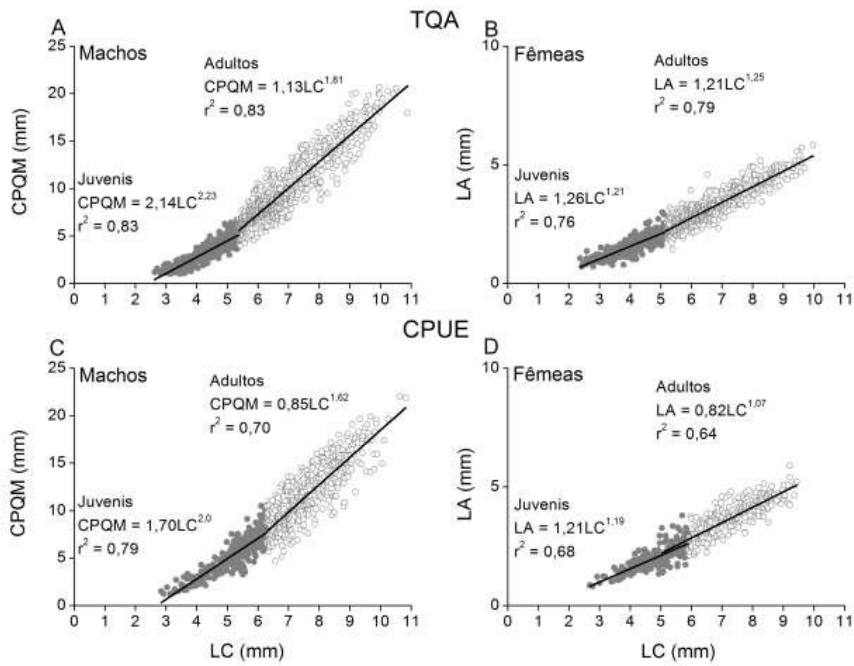


Figura 12. *Leptuca leptodactyla*. Dispersão de pontos e equações de crescimento das relações entre a largura da carapaça (LC) (A e C) e o comprimento do própodo do quelípodo maior (CPQM) para machos (B e D) e a largura do abdome (LA) para fêmeas dos caranguejos juvenis e adultos coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, nos métodos TQA (Transecção com quadrados amostrais) e CPUE (Captura por unidade de esforço) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. (r^2 : coeficiente de determinação; juvenis: ponto cinza; adultos: ponto branco).

3.5. Período de recrutamento

3.5.1 *Minuca rapax*

Por meio da estimativa do tamanho no alcance da maturidade sexual, foi possível separar indivíduos juvenis e adultos. Foram capturados 198 juvenis (41,78% do total) na TQA, sendo 112 machos (23,62%) e 86 fêmeas (18,14%). Somado aos NI, foram capturados 246 juvenis (51,90%). A maior frequência desses indivíduos foi em janeiro, de março a maio de 2016 e de fevereiro a julho de 2017 (Figura 13A).

Na CPUE foram capturados 698 juvenis (37,90% do total), sendo 418 machos (22,70%) e 280 fêmeas (15,20%). Somado aos NI, foram capturados 714 juvenis (38,77%). O maior número desses indivíduos foi registrado em março, maio e junho de 2016 e de maio a setembro de 2017 (Figura 13B).

3.5.2. *Leptuca leptodactyla*

Foram capturados 826 juvenis (32,20% do total) na TQA, sendo 423 machos (16,50%) e 403 fêmeas (15,70%). Somado aos NI, foram capturados 1.163 juvenis (45,33%). A maior frequência foi observada em janeiro, de março a maio de 2016 e de fevereiro a julho de 2017 (Figura 14A).

Na CPUE foram capturados 543 juvenis (38,05% do total), sendo 327 machos (22,90%) e 216 fêmeas (15,15%). Juntamente com os NI, foi capturado um total de 611 juvenis (42,82%). A maior frequência foi registrada em janeiro, junho e julho de 2016 e de maio a setembro de 2017 (Figura 14B).

3.6. Período reprodutivo

3.6.1. *Minuca rapax*

O método de CPUE, para esta espécie, permitiu coletar mais fêmeas ovígeras ($n = 16$) do que na TQA ($n = 10$) (Figura 13A, B). Na TQA as fêmeas ovígeras foram capturadas em janeiro e fevereiro de 2016 e em fevereiro e maio de 2017. A maior presença das fêmeas ovígeras ocorreu no mês de fevereiro de 2016 ($n = 5$) (Tabela 1, Figura 13A).

Na CPUE as fêmeas ovígeras foram registradas nos meses de fevereiro, março e junho de 2016 e maio de 2017. Maior número de fêmeas foi registrado em maio de 2017 ($n = 10$) (Tabela 1, Figura 13B).

3.6.2. *Leptuca leptodactyla*

O método de TQA, para esta espécie, permitiu coletar mais fêmeas ovígeras ($n = 42$) do que na CPUE ($n = 5$) (Figura 14A, B). Na TQA as fêmeas ovígeras foram capturadas em janeiro, agosto, outubro e dezembro de 2016 e em janeiro, fevereiro, julho e entre setembro e dezembro de 2017. A maior presença das fêmeas ovígeras ocorreu no mês de dezembro de 2016 ($n = 21$) (Tabela 2, Figura 14A).

Na CPUE as fêmeas ovígeras foram registradas nos meses de outubro de 2016 e junho, outubro e novembro de 2017 (Tabela 2, Figura 14B).

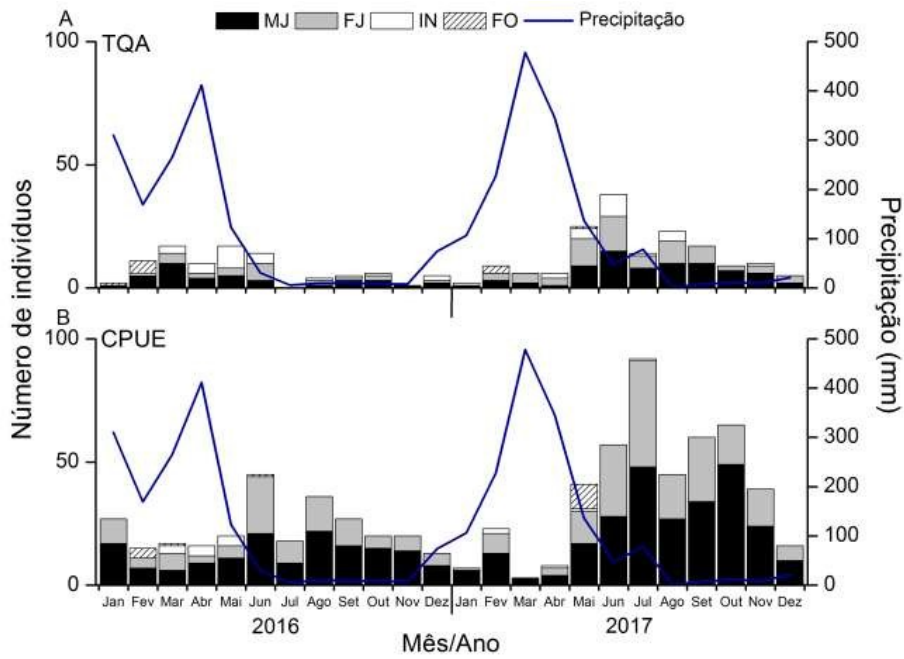


Figura 13. *Minuca rapax*. Frequência de juvenis e de fêmeas ovígeras coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, nos métodos (A) TQA (Tranção com uso de quadrados amostrais) e (B) CPUE (Captura por unidade de esforço) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. Tendência da precipitação também mostrada. (MJ: macho juvenil; FJ: fêmea juvenil; NI: juvenis com sexo não identificado; FO: fêmea ovígera).

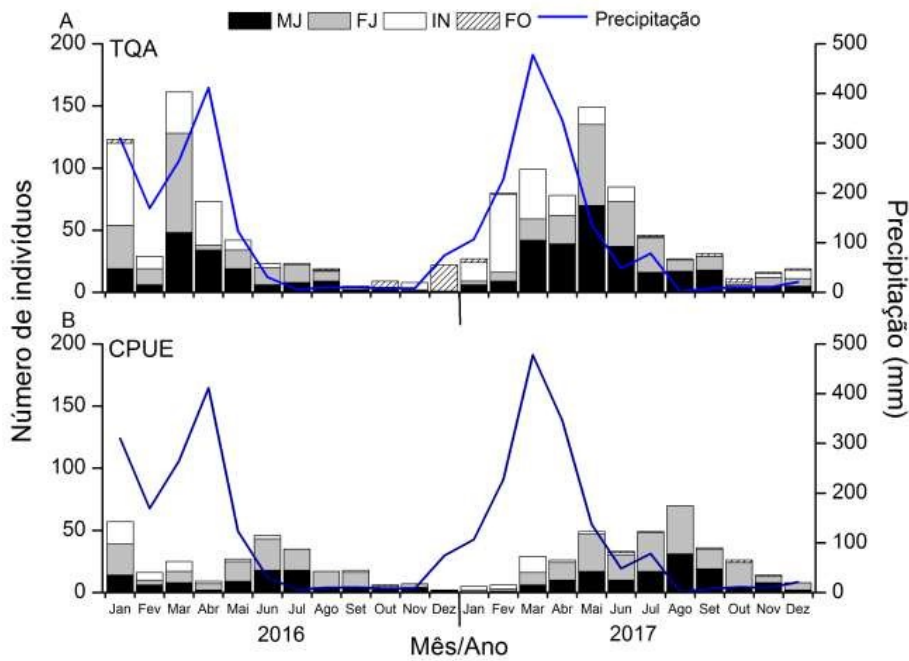


Figura 14. *Leptuca leptodactyla*. Frequência de juvenis e de fêmeas ovígeras coletados mensalmente, entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, nos métodos (A) TQA (Tranção com uso de quadrados amostrais) e (B) CPUE (Captura por unidade de esforço) no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. Tendência da precipitação também mostrada. (MJ: macho juvenil; FJ: fêmea juvenil; NI: juvenis com sexo não identificado; FO: fêmea ovígera).

4. Discussão

Os resultados deste estudo indicam que o procedimento de amostragem pode induzir diferenças nas estimativas da estrutura populacional dos caranguejos chamamaré. O número de indivíduos amostrados, a estimativa do tamanho corporal, a distribuição de frequência, a proporção de juvenis, adultos e de fêmeas ovígeras obtidas para cada procedimento variaram dentro das populações.

A abundância das espécies de caranguejos variou de acordo com o método. Enquanto mais indivíduos de *Minuca rapax* foram coletados na CPUE, *Leptuca leptodactyla* foram mais capturados na TQA. Estudos de comparação de métodos com

as espécies *Minuca vocator* (Colpo & Negreiros-Fransozo, 2016) e *Leptuca thayeri* (Costa & Negreiros-Fransozo, 2002) registraram maior abundância na CPUE. *Minuca rapax* atinge grandes amplitudes de tamanho, assim como as duas espécies citadas anteriormente. Já, *L. leptodactyla* é a menor registrada no Atlântico, desta forma, por exemplo, na amostragem com quadrados, mais indivíduos de *L. leptodactyla* são coletados do que das outras espécies. Peterson & Black (1994) reforçam sobre a importância da investigação das interações método-espécie e método-hábitat.

Em geral, as amostragens indicaram predomínio dos machos das duas espécies nos dois métodos indicados. A razão sexual com desvios significativos da proporção esperada de 1:1 é uma tendência amplamente aceita para os caranguejos chama-maré (Johnson, 2003). Os desvios podem resultar das diferenças entre os sexos no crescimento, migração, mortalidade, distribuição espaço-temporal, predação, tempo de exposição diferenciado ocasionado por aspectos comportamentais e métodos de amostragem (Montague, 1980; Salmon, 1987; Spivak et al., 1991; Emmerson, 1994; Costa & Negreiros-Fransozo, 2002; Johnson, 2003; Colpo & Negreiros-Fransozo, 2016). Com relação ao comportamento, os machos passam mais tempo na superfície do que as fêmeas, realizando comportamento defensivo e de corte para atrair parceiras, bem como alimentando-se por períodos mais longos, já que possuem apenas uma quela de alimentação e, conseqüentemente, são mais facilmente capturados e predados (Valiela et al., 1974; Christy & Salmon, 1984; Emmerson, 1994; Johnson, 2003). A variabilidade do comportamento dos machos pode ter sido responsável pelos resultados obtidos nas proporções entre machos e fêmeas do presente estudo. Além disso, de acordo com Johnson (2003) uma alta taxa de mortalidade das fêmeas, provavelmente devido ao seu alto investimento energético na reprodução, pode resultar na razão sexual a favor dos machos nas populações de caranguejos chama-maré.

Vale ressaltar que o quelípodo desenvolvido nos machos compreende quase metade da massa corporal do animal (Crane, 1975) e apesar das suas vantagens no comportamento de corte e em interações agonísticas (Christy & Salmon, 1984), sua presença mostrou-se energeticamente desfavorável. Machos exibem taxas metabólicas aproximadamente 17% mais altas do que as fêmeas (Matsumasa & Murai, 2005) e uma perda na eficiência do desempenho locomotor, tornando-se, portanto, presas mais fáceis (Jordão & Oliveira, 2001; Allen & Levinton, 2007; Gerald & Thiesen, 2014) e, além disso, caranguejos maiores são mais facilmente localizados. Todas essas características podem favorecer a coleta de mais indivíduos machos, principalmente na CPUE. Na

tabela 3 encontram-se estudos que abordam a razão sexual dos caranguejos *M. rapax* e *L. leptodactyla* na costa brasileira, com diferentes amostragens.

No presente estudo, para as duas espécies, em ambos os métodos, os machos foram maiores que as fêmeas. O dimorfismo sexual, com machos maiores que as fêmeas, foi observado em várias populações de chama-maré (Johnson, 2003; Litulo, 2005) e resulta das diferenças na taxa de mortalidade, migração, tolerância às variações ambientais, eficiência de forrageamento, aquisição ou assimilação de alimentos e padrões comportamentais entre os sexos (Crane, 1975; Johnson, 2003) (Tabela 3).

Os machos das duas espécies também maturaram com tamanhos superiores às fêmeas. A variação no tamanho da maturidade entre os sexos é geralmente explicada por exigências reprodutivas diferenciadas, sendo que as fêmeas gastam a maior parte de sua energia com a vitelogenese (Warner, 1967; Hartnoll, 2006). Tanto o crescimento como a reprodução são processos que competem pelos mesmos recursos, podendo ser considerados como uma relação de *trade-off* entre essas duas características da história de vida, em que aumentos de uma estão associados a decréscimos na outra (Begon et al., 2007). Essa diferença no tamanho da maturidade sexual entre os sexos é comum e pode variar dentro de uma mesma espécie em diferentes escalas espaciais (Hines, 1989). Geralmente as populações de braquiúros com distribuição nas áreas de menor latitude, onde as temperaturas são mais elevadas, apresentam uma maturidade sexual precoce, isto é, com menor tamanho corporal quando comparados aos de maiores latitudes (Hartnoll, 1982; Hines, 1989). A tabela 3 mostra uma comparação no tamanho da maturação sexual das espécies *M. rapax* e *L. leptodactyla* em diferentes latitudes da costa brasileira. Com exceção do tamanho baseado nas fêmeas ovígeras, o menor tamanho obtido para a maturidade sexual de *M. rapax* foi no presente estudo (3° latitude Sul) e o maior tamanho registrado para *L. leptodactyla* foi na região de maior latitude.

A proporção de juvenis obtidos com a TQA foi maior do que na CPUE para as duas espécies, sugerindo que as taxas de recrutamento estimadas pela TQA foram mais adequadas. Na TQA para *M. rapax*, mais de 50% da população foi representada por esse grupo etário, já a CPUE coletou mais caranguejos adultos, indicando que esses parâmetros populacionais foram influenciados pela técnica de amostragem. Estudos de comparação de métodos com a espécie *L. thayeri* (Costa & Negreiros-Fransozo, 2003) e *M. vocator* (Colpo & Negreiros-Fransozo, 2016) também obtiveram caranguejos com maior amplitude de tamanho usando o procedimento CPUE.

A distribuição de frequências de tamanho das populações é uma característica dinâmica que pode variar longo do ano, como resultado de eventos reprodutivos e rápido recrutamento larval (Thurman, 1985) e pode ser classificado como unimodal ou bimodal. A distribuição unimodal indica eventos reprodutivos ao longo do ano e taxas constantes de recrutamento e de mortalidade. É característica de crustáceos decápodos de regiões tropicais, provavelmente devido à constância das condições ambientais e à disponibilidade de recursos durante o ano (Litulo, 2005a; b; Bezerra & Matthews-Cascon, 2006; Bedê et al., 2008; Costa & Soares-Gomes, 2009; Martins & Masunari, 2013). A distribuição bimodal geralmente ocorre em regiões subtropicais e temperadas, revelando um período reprodutivo bem definido, possivelmente acompanhando a sazonalidade climática (Thurman, 1985; Spivak et al., 1991; Costa & Negreiros-Fransozo, 2002). No entanto, muitos caranguejos tropicais apresentam a atividade reprodutiva concentrada em uma determinada época do ano (Sastry, 1983; Litulo 2005a; b; Castiglioni et al., 2006; Bezerra & Matthews-Cascon, 2007; Nogueira, 2017), podendo estar relacionada à temperatura, intensidade da chuva, fotoperíodo e maior disponibilidade de alimentos para as larvas (Pillay & Ono, 1978; Sastry, 1983).

Analisando a população de *M. rapax* pelos dois métodos, juvenis ocorreram em todos os meses, com exceção de julho de 2016 na amostragem de transecto. Observa-se, principalmente no primeiro semestre de cada ano, a presença de duas coortes: uma com indivíduos juvenis e outra com adultos, indicando a entrada de jovens na população e um estoque reprodutivo. As fêmeas ovígeras foram registradas no primeiro semestre de cada ano (janeiro, fevereiro, março e junho de 2016 e fevereiro e maio de 2017), sendo a frequência de juvenis maior nos meses sucessivos à presença destas. Em maio e junho dos dois anos a coorte juvenil foi mais expressiva do que em outros meses, podendo indicar o final do período reprodutivo para esta espécie, evidenciado, principalmente, pelos dados obtidos no transecto. Observa-se também um deslocamento das modas em direção as maiores classes de tamanho e, à medida que ocorre o deslocamento, a frequência de juvenis reduz, refletindo na queda da abundância populacional, onde é possível que a mortalidade seja maior que o recrutamento.

Analisando os dados obtidos nos dois métodos para a população de *L. leptodactyla*, nota-se que de janeiro a abril dos dois anos a coorte juvenil foi mais expressiva e, a partir desses meses de maior recrutamento, observa-se o deslocamento das modas em direção as maiores classes de tamanho. À medida que ocorre o deslocamento, é possível ver os indivíduos chegando à idade reprodutiva, ao mesmo

tempo em que a frequência de juvenis reduz. O maior número de fêmeas ovígeras foi registrado no segundo semestre, porém os juvenis não foram tão abundantes nesses meses. Essa informação pode indicar que as larvas não tiveram sucesso por se tratar do período seco na região e, portanto, período com menos disponibilidade de recursos para a sobrevivência das larvas planctotróficas.

O recrutamento de ambas as espécies está associado ao período chuvoso, porém a maior frequência de juvenis *L. leptodactyla* ocorre de janeiro a abril, enquanto que de *M. rapax*, em maio e junho. É possível que exista algum mecanismo que evite a competição das larvas dessas espécies.

As populações de chama-maré no manguezal do Rio Pacoti, provavelmente apresentam um período de reprodução associado à época das chuvas. A área de estudo está inserida na região de clima semiárido do nordeste brasileiro, onde há pouca variação da temperatura durante o ano e um período de chuva fortemente marcado em alguns meses do ano. No período chuvoso há uma maior vazão dos rios e com isso o aumento da disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento das larvas planctotróficas (Christy & Morgan, 1998). Estudos na região nordeste com espécies de chama-maré também demonstraram uma atividade reprodutiva associada aos meses chuvosos (Bezerra & Matthews-Cascon, 2006; 2007; Nogueira, 2017). Trabalhos sobre o período reprodutivo de *M. rapax* e *L. leptodactyla* na costa brasileira são mostrados na tabela 3.

Em geral, a proporção de fêmeas ovígeras capturadas das duas espécies pelos métodos TQA e CPUE foi baixa, principalmente, levando-se em conta o longo período de amostragem. Essas duas espécies de frente larga geralmente incubam ovos dentro das tocas e não se alimentam durante a incubação (Crane, 1975; Christy & Salmon, 1984), o que dificulta a captura. A CPUE foi mais eficiente para fornecer informações sobre reprodução de *M. rapax*, enquanto TQA mostrou-se mais eficiente na amostragem de ovígeras de *L. leptodactyla*. Os estudos de *M. vocator* (Colpo & Negreiros-Fransozo, 2016) e *L. thayeri* (Costa & Negreiros-Fransozo, 2002) coletaram mais fêmeas ovígeras na amostragem com CPUE.

Em conclusão, a estimativa do tamanho corporal, a distribuição de frequência, a proporção de juvenis e de fêmeas ovígeras requer a combinação dos dados obtidos pelos procedimentos TQA e CPUE, principalmente para espécie *M. rapax*. A TQA mostrou resultados mais confiáveis sobre as taxas de recrutamento para as duas espécies, enquanto a CPUE foi mais eficiente na captura de ovígeras de *M. rapax*. Desta forma, a

escolha de um protocolo de amostragem depende dos objetivos do estudo, escala de trabalho, tempo de amostragem, existência de espécies simpátricas e tipo de ambiente.

Tabela 3. Aspectos populacionais dos caranguejos chama-marés em diferentes localidades do Brasil.

Espécie	Local	Método de coleta	Média tamanho dos machos (LC, mm)	Média tamanho das fêmeas (LC, mm)	Razão sexual (M:F)	Tamanho da maturidade sexual (LC, mm)	Período reprodutivo	Referência
<i>Minuca rapax</i> (Smith, 1870)	Rio Caeté, Bragança, PA (01°03'46"S/46°46'22"W)	Quadrado (0,49m ²)	-	-	1:1,56*	7,4±0,2 (média das 5 menores fêmeas ovígeras)	Contínuo (pico na estação seca)	Koch et al. (2005)
	Rio Pacoti, Eusébio, CE (3°55'0"S/38°22'30"W)	TQA (transecto com 15 quadrados, 0,25 m ²)	12,18 ± 4,95*	10,68 ± 4,48	1,4:1*	11,6 machos 10,24 fêmeas (crescimento relativo)	Contínuo (estação chuvosa)	Presente estudo
	Rio Pacoti, Eusébio, CE (3°55'0"S/38°22'30"W)	CPUE (1 hora/ 1 coletor)	14,78 ± 4,54*	12,76 ± 3,85	1,5:1	13,37 machos 11,56 fêmeas (crescimento relativo)	Contínuo (estação chuvosa)	Presente estudo
	Manguezal Itacuruçá, RJ (22°55'00"S/43°05'30"W)	CPUE (15 minutos/ dois coletores)	10,67 ± 2,96*	9,29 ± 2,72	1:0,65*	-	-	Bedê et al. (2008)
	Lagoa Itaipu, Niterói, RJ (22°55'S/43°03'W)	5 quadrados (0,25 m ²)	10,43 ± 2,64*	9,42 ± 2,45	1,37:1	6,1 (menor fêmea ovígera)	Contínuo (pico em março, abril e outubro)	Costa e Soares-Gomes (2009)
	Rio Paraty, Paraty, RJ (23°14'12.8"S/44°42'37.1" W)	CPUE (15 minutos/ dois coletores)	15,0 ± 3,38	13,1 ± 3,12	1:1	-	Contínuo (pico na primavera/inverno)	Castiglioni e Negreiros-Fransozo (2006a)
	Rio Paraty, Paraty, RJ (23°14'12.8"S/44°42'37.1" W)	CPUE (15 minutos/ dois coletores)	15,2 ± 3,4*	13,1 ± 3,11	1:1,25	14,1 machos 10,95 fêmeas (crescimento relativo) 13,2 machos 12,7 fêmeas (estágio gonadal)	Contínuo (pico no inverno)	Castiglioni et al. (2006)

Continuação

<i>Minuca rapax</i> (Smith, 1870)	Rio Ubatumirim, Ubatuba, SP (23°20'17,8"S/44°53'22"W)	CPUE (dois coletores)	13,5 ± 4,8*	12,9 ± 4,4	1:1	13,6 fêmeas 11,4 machos (estágio gonadal)	-	Castigioni e Negreiros-Fransozo (2006b)
	Itamambuca, Ubatuba, SP (23°24'43"S/45°00'73"W)	CPUE (dois coletores)	15,2 ± 4,6*	13,8 ± 4,6	1:1	14,8 machos 12,1 fêmeas (estágio gonadal)	-	Castigioni e Negreiros-Fransozo (2006b)
	Rio Ubatumirim, Ubatuba, SP (23°20'17,8"S/44°53'22"W)	CPUE (30 minutos/ dois coletores)	13,5 ± 4,8*	12,9 ± 4,4	1:1	13,5 machos 11,2 fêmeas (crescimento relativo)	-	Castigioni e Negreiros-Fransozo (2004a)
	Itamambuca, Ubatuba, SP (23°24'43"S/45°00'73"W)	CPUE (30 minutos/ dois coletores)	15,2 ± 4,6*	13,8 ± 4,6	1:1	15,2 machos 12,1 fêmeas (crescimento relativo)	-	Castigioni e Negreiros-Fransozo (2004a)
<i>Leptuca leptodactyla</i> (Rathbun, 1898)	Rio Pacoti, Aquiraz, CE (3°43'02"S/38°32'35"W)	TQA (transecto com 10 quadrados, 0,25 m ²)	6,58 ± 1,5	6,64 ± 1,43	1:1	-	Contínuo	Bezerra e Matthews-Cascon (2006)
	Rio Pacoti, Eusébio, CE (3°55'0"S/38°22'30"W)	TQA (transecto com 15 quadrados, 0,25 m ²)	6,03 ± 1,65*	5,68 ± 1,66	1,1:1*	5,37 machos 5,14 fêmeas (crescimento relativo)	Contínuo (final da estação seca)	Presente estudo
	Rio Pacoti, Eusébio, CE (3°55'0"S/38°22'30"W)	CPUE (1 hora/ 1 coletor)	6,70 ± 1,44*	6,31 ± 1,49	1,6:1*	6,28 machos 5,89 fêmeas (crescimento relativo)	Contínuo (final da estação seca)	Presente estudo
	Praia de Baixa Grande, RN (4°55'90"S/37°04'51"W)	TQA (transecto com 10 quadrados, 0,25 m ²)	6,56 ± 1,84	6,46 ± 1,81	1:1	-	Contínuo (estação chuvosa)	Nogueira (2017)

Continuação

	Manguezal Itacuruçá, RJ (22°55'00"S/ 43°05'30"W)	CPUE (15 minutos/ dois coletores)	8,74 ± 1,68	8,4± 1,55	1:1,14	-	-	Bedê et al. (2008)
<i>Leptuca leptodactyla</i> (Rathbun, 1898)	Rio Ubatumirim, Ubatuba, SP (23°20'18"S/ 44°53'02"W)	CPUE (20 minutos/ dois coletores)	-	-	-	4,6 machos 4,2 fêmeas (crescimento relativo)	-	Cardoso e Negreiros- Fransozo (2004)
	Rio Indaiá, Ubatuba, SP (23°24'58"S/ 45°43'13"W)	CPUE (20 minutos/ dois coletores)	-	-	-	5,3 machos 4,1 fêmeas (crescimento relativo)	-	Cardoso e Negreiros- Fransozo (2004)
	Rio Sai-Guaçu, Itapoá, SC (25°36'00"S/ 48°33'20"W)	-	-	-	-	8,35 machos 7,10 fêmeas (crescimento relativo)	-	Masunari e Swiech-Ayoub (2003)

TQA: Transeção com quadrados amostrais; CPUE: Captura por unidade de esforço; LC: Largura da carapaça; *diferença significativa entre a média de tamanho dos machos e fêmeas e diferença na razão sexual.

5. Referências

- Allen, B. J.; LEVINTON, J. S. Costs of bearing a sexually selected ornamental weapon in a fiddler crab. **Functional Ecology**, v. 21, p. 154–161, 2007.
- Araújo, M. S. L. C.; Coelho, P. A.; Castiglioni, D. S. Relative growth and determination of morphological sexual maturity of the fiddler crab *Uca thayeri* Rathbun (Crustacea, Ocypodidae) in two mangrove areas from Brazilian tropical coast. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 7, n. 3, p. 156–170, 2012.
- Azevedo, D. S.; Silva, J. V. C. L.; Castiglioni, D. S. Population Biology of *Uca maracoani* in a Tropical Mangrove. **Thalassas: An International Journal of Marine Sciences**, v. 33, n. 1, p. 1-13, 2017.
- Bedê, L. M.; Oshiro, L. M. Y.; Mendes, L. M. D.; Silva, A. A. Comparação da estrutura populacional das espécies de *Uca* (Crustacea: Decapoda: Ocypodidae) no manguezal de Itacuruça, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, n. 4, p. 601–607, 2008.
- Begon, M.; Townsend, C. R.; Harper, J. L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. Artmed, Porto Alegre. 740p. 2007.
- Beinlich, B.; von Hagen, H. O. Materials for a more stable subdivision of the genus *Uca* Leach. **Zoologische Mededelingen**, v. 80, n. 4, p. 9–32, 2006.
- Bezerra, L. E. A.; Dias, C. B.; Santana, G. X.; Matthews-Cascon, H. 2006. Spacial distribution of fiddler crabs (genus *Uca*) in a tropical mangrove of northeast Brazil. **Scientia Marina**, v. 70, n. 4, p. 759–766, 2006.
- Bezerra, L. E. A.; Matthews-Cascon, H. Population structure of the fidler crab *Uca leptodactyla* Rathbun, 1898 (Brachyura: Ocypodidae) in a tropical mangrove of northeast Brazil. **Thalassas**, v. 22, n. 1, p. 65–74, 2006.
- Bezerra, L. E. A.; Matthews-Cascon, H. Population and reproductive biology of the fiddler crab *Uca thayeri* Rathbun, 1900 (Crustacea: Ocypodidae) in a tropical mangrove from northeast Brazil. **Acta Oecologica**, v. 31, n. 3, p. 251–258, 2007.
- Bezerra, L. E. A. The fiddler crabs (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae: genus *Uca*) of the South Atlantic Ocean. **Nauplius**, v. 20, n. 2, p. 203–246, 2012.
- Cardoso, R. C. F.; Negreiros-Fransozo, M. L. A comparison of the allometric growth in *Uca leptodactyla* (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae) from two subtropical estuaries. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 84, n. 4, p. 733–735, 2004.
- Castiglioni, D. S.; Negreiros-Fransozo, M. L. Comparative analysis of the relative growth of *Uca rapax* (Smith) (Crustacea, Ocypodidae) from two mangroves in São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, n. 1, p. 137–144, 2004a.

Castiglioni, D. S.; Negreiros-Fransozo, M. L. Somatic growth of the mudflat fiddler crab *Uca rapax* (Smith, 1870) (Brachyura: Ocypodidae) from two subtropical mangroves in Brazil. **Universidade y Ciencia**, v. 20, n. 39, p. 15–22, 2004b.

Castiglioni, D. S.; Negreiros-Fransozo, M. L.. Ciclo reprodutivo do caranguejo violinista *Uca rapax* (Smith) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) habitante de um estuário degradado em Paraty, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, p. 331–339, 2006a.

Castiglioni, D. S.; Negreiros-Fransozo, M. L. Physiologic Sexual Maturity of the Fiddler Crab *Uca rapax* (Smith, 1870) (Crustacea, Ocypodidae) from Two Mangroves in Ubatuba, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 2, p. 239–248, 2006b.

Castiglioni, D. S.; Negreiros-Fransozo, M. L.; Mortari, R. C. Biologia populacional do caranguejo violinista *Uca rapax* (Smith, 1870) (Crustacea, Ocypodoidea), proveniente de uma área de manguezal degradado em Paraty, RJ, Brasil. **Atlântica**, v. 28, n. 2, p. 73–86, 2006.

Christy, J. H.; Morgan, S. G. Estuarine immigration by crab postlarvae: mechanisms, reliability and adaptative significance. **Marine Ecology Progress Series**, v. 74, p. 51–65, 1998.

Christy, J. H.; Salmon, M. Ecology and evolution of mating systems of fiddler crabs (Genus *Uca*). **Biological Review**, v. 59, p. 483–509, 1984.

Cleveland, W. S. **Visualizing data**. Summit (NJ): Hobart Press. 1993.

Colpo, K. D.; Negreiros-Fransozo, M. L. Sampling technique affects the population structure assessments of fiddler crab *Minuca vocator* (Herbst, 1804) (Ocypodidae: Gelasiminae). **Nauplius**, v. 24, 2016.

Costa, T. M.; Gomes, A. S. Population structure and reproductive biology of *Uca rapax* (Decapoda: Ocypodidae) in a tropical coastal lagoon, southeast Brazil. **Zoologia**, v. 26, n. 4, p. 647–657, 2009.

Costa, T. M.; Negreiros-Fransozo, M. L. Population Biology of *Uca thayeri* Rathbun, 1900 (Brachyura, Ocypodidae) in a subtropical south american mangrove area: results from transect and catch-per-unit-effort techniques. **Crustaceana**, v. 75, n. 10, p. 1201–1218, 2002.

Crane, J. **Fiddler crabs of the world. Ocypodidae: genus Uca**. New Jersey: Princeton University Press, 736p. 1975.

Emmerson, W. D. Seasonal breeding cycles and sex ratio of eight species of crabs from Magazana, a mangrove estuary in Transkei, southern Africa. **Journal of Crustacean Biology**, v. 14, n. 3, p. 568–578, 1994.

Freire, G. S. S. **Etude hydrologique et sedimentologique de l'estuarie du Rio Pacoti (Fortaleza - Ceará - Brésil)**. Tese de doutorado. France: Université de Nantes. 1989.

Funceme. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.funceme.br/>. Acessado em: 07 de março de 2019.

Genoni, G. P. Increased burrowing by fiddler crabs *Uca rapax* (Smith) (Decapoda: Ocypodidae) in response to low food supply. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 147, n. 2, p. 267–285. 1991.

Gerald, G.W.; Thiesen, K. E. Locomotor hindrance of carrying an enlarged sexually selected structure on inclines for male fiddler crabs. **Journal of Zoology**, v. 294, n. 2, p. 129–138, 2014.

Hartnoll, R. G. **The biology of Crustacea, Embryology, Morphology, and Genetics**. 2. ed. New York: Academic Press, p. 11–196, 1982.

Hartnoll, R. G. Reproductive investment in Brachyura. **Hydrobiologia**, v. 557, p. 31–40. 2006.

Hines, A. H. Geographic variation in size at maturity in brachyuran crabs. **Bulletin of Marine Science**, v. 45, p. 356–368, 1989.

Hockett, J. C.; Kritzler, H. 1972. Capture-recapture techniques with *Uca*. **The Biological Bulletin**, v. 142, n. 1, p. 49–56, 1972.

Johnson, P. Biased sex ratios in fiddler crabs (Brachyura, Ocypodidae): a review and evaluation of the influence of sampling method, size class, and sex-specific mortality. **Crustaceana**, v. 76, n. 5, p. 559–580, 2003.

Jordão, J. M.; Oliveira, R. F. Major claws make fiddler crabs more conspicuous to visual predators: a test using human observers. **Hydrobiologia**, v. 449, p. 241–247, 2001.

Jordão, J. M.; Oliveira, R. F. Comparison of non-invasive methods for quantifying population density of the fiddler crab *Uca tangeri*. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 83, n. 5, p. 981–982, 2003.

Koch, V.; Wolff, M.; Diele, k. Comparative population dynamics of four fiddler crabs (Ocypodidae, genus *Uca*) from a North Brazilian mangrove ecosystem. **Marine Ecology Progress Series**, v. 291, p. 177–188. 2005.

Kristensen, E. Mangrove crabs as ecosystem engineers; with emphasis on sediment processes. **Journal of sea Research**, v. 59, n. 1-2, p. 30–43, 2008.

Landstorfer, R. B.; Schubart, C. D. A phylogeny of Pacific fiddler crabs of the subgenus *Minuca* (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae: *Uca*) with the description of a new species from a tropical gulf in Pacific Costa Rica. **Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research**, v. 48, n. 3, p. 213–218, 2010.

Litulo, C. Population structure and reproductive biology of the fiddler crab *Uca inversa* (Hoffman, 1874) (Brachyura: Ocypodidae). **Acta Oecologica**, v. 27, n.3, p. 135–141, 2005a.

- Litulo, C. Population structure and reproductive biology of the fiddler crab *Uca urvillei* (Brachyura: Ocypodidae) in Maputo Bay (south Mozambique). **Journal of Natural History**, v. 39, n. 25, p. 2307–2318, 2005b.
- Martins, S. B.; Masunari, S. Temporal distribution in the abundance of the fiddler crab *Uca (Leptuca) uruguayensis* Nobili, 1901 (Decapoda: Ocypodidae) from Garças River mangrove, Guaratuba Bay, southern Brazil. **Nauplius**, v. 21, n. 2, p. 151–159, 2013.
- Masunari, S.; Swiech-Ayoub, B. P. Crescimento relativo em *Uca leptodactyla* Rathbun (Crustacea Decapoda Ocypodidae). **Revista Brasileira De Zoologia**, v. 20, n. 3, p. 487–491, 2003.
- Matsumasa, M.; M. Murai. Changes in blood glucose and lactase levles of male fiddler crabs: effects of aggression and claw waving. **Animal Behaviour**, v. 69, n. 3, p. 569–577, 2005.
- Montague, C. L. A natural history of temperate western Atlantic fiddler crabs (genus *Uca*) with reference at their impact on the salt marsh. **Contributions in Marine Science**, v. 23, p.25–55. 1980.
- Naderloo, R.; Türkay, M.; Chen, H. L. Taxonomic revision of the wide front fiddler crabs of the *Uca lactea* group (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Ocypodidae) in the Indo West-Pacific. **Zootaxa**, v. 2500, p. 1–38, 2010.
- Nobbs, M.; McGuinness, K. A. Developing techniques for quantifying the apparent abundance of fiddler crabs (Ocypodidae: *Uca*) in mangrove habitats. **Australian Journal of Ecology**, v. 24, n. 1, p. 43–49, 1999.
- Nogueira, R. S. A. **Distribuição espacial e biologia populacional de *Leptuca Leptodactyla* (Rathbun, 1898) (Decapoda: Ocypodidae: Gelasiminae) em um manguezal do nordeste semiárido brasileiro**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais - Instituto de Ciências do Mar. 2017.
- Peterson, C. H.; Black, R. An experimentalist's challenge: when artefacts of intervention interact with treatments. **Marine Ecology Progress Series**, v. 111, p. 289–297, 1994.
- Pillay, K. K.; Ono, Y. The breeding cycles of two species of grapsid crabs (Crustacea: Decapoda) from the north coast of Kyushu, Japan. **Marine Biology**, v. 45, p. 237–248, 1978.
- Quinn, G. P.; Keough, M. J. **Experimental design and data analysis for biologists**. Cambridge University Press, 2002.
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2018.

Salmon, M. On the reproductive behavior of the fiddler crab *Uca thayeri*, with comparisons to *U. pugilator* and *U. vocans*: evidence for behavioral convergence. **Journal of Crustacean Biology**, v. 7, n.1, p. 25–44, 1987.

Sampedro, M. P.; González-Gurriarán, E.; Freire, J.; Muiño, R. Morphometry and sexual maturity in the spider crab *Maja squinado* (Decapoda: Majidae) in Galicia, Spain. **Journal of Crustacean Biology**, v. 19, n. 3, p. 578–592, 1999.

Sastry, A. N. Ecological aspects of reproduction. **The biology of Crustacea**, v. 8, p. 179–270, 1983.

Schlacher, T. A.; Lucrezi, S.; Peterson, C. H.; Connolly, R. M.; Olds, A. D.; Althaus, F.; Hyndes, G. A.; Maslo, B.; Gilbya, B. L.; Leon, J. X.; Weston, M. A.; Lastra, M.; Williams, A.; Schoeman, D. S. Estimating animal populations and body sizes from burrows: Marine ecologists have their heads buried in the sand. **Journal of Sea Research**, v. 112, p. 55–64, 2016.

Shih, H. T.; Kamrani, E.; Davie, P. J. F.; Liu, M. Y. Genetic evidence for the recognition of two fiddler crabs, *Uca iranica* and *U. albimana* (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae), from the northwestern Indian Ocean, with notes on the *U. lactea* species-complex. **Hydrobiologia**, v. 635, n. 1, p. 373–382, 2009.

Shih, H. T.; Naruse, T.; Ng, P. K. L. *Uca jocelynae* sp. nov., a new species of fiddler crab (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae) from the Western Pacific. **Zootaxa**, v. 2337, p.47–62, 2010.

Shih, H. T.; Ng, P. K. L.; Davie, P. J. F.; Schubart, C. D.; Türkay, M.; Naderloo, R.; Jones, D.; Liu, M. Y. Systematics of the family Ocypodidae Rafinesque, 1815 (Crustacea: Brachyura), based on phylogenetic relationships, with a reorganization of subfamily rankings and a review of the taxonomic status of *Uca* Leach, 1814, *sensu lato* and its subgenera. **Raffles Bulletin of Zoology**, v. 64, p.139–175, 2016.

Skov, M. W.; Hartnoll, R. G. Comparative suitability of binocular observation, burrow counting and excavation for the quantification of the mangrove fiddler crab *Uca annulipes* (H. Milne Edwards). In: Paula, J. P. M.; Flores, A. A. V.; Fransen C. H. J. M. (eds), **Advances in Decapod Crustacean Research**, Hydrobiologia, v. 449, 201–212, 2001.

Silva, F. M. R. O.; Ribeiro, F. B.; Bezerra, L. E. A. Population biology and morphometric sexual maturity of the fiddler crab *Uca (Uca) maracoani* (Latreille, 1802) (Crustacea: Decapoda: Ocypodidae) in a semi-arid tropical estuary of northeastern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 44, n. 4, p. 671–682, 2016.

Spivak, E. D.; Gavio, M. A.; Navarro, C. E. Life history and structure of the world's southernmost *Uca* population: *Uca uruguayensis* (Crustacea, Brachyura) in Mar Chiquita lagoon (Argentina). **Bulletin of Marine Science**, v. 48, n. 3, p. 679–688, 1991.

Thurman, C. L. Reproductive biology and population structure of the fiddler crab *Uca subcylindrica* (Stimpson). **Biological Bulletin**, v. 169, p. 215–229, 1985.

Underwood, A. J. **Experiments in ecology**. Cambridge: Cambridge University Press. 1997.

Valiela, J. M.; Babiec, D. E.; Atherton, W.; Seitzinger, S.; Krebs, C. Some consequences of sexual dimorphism: feeding in male and female fiddler crabs *Uca pugnax* (Smith). **Biological Bulletin**, v. 147, p. 652–660, 1974.

Vermeiren, P.; Sheaves, M. A remote photographic technique for high replication, large scale understanding of spatial distribution patterns of intertidal crabs. **Hydrobiologia**, v. 724, n. 1, p. 79–89, 2014.

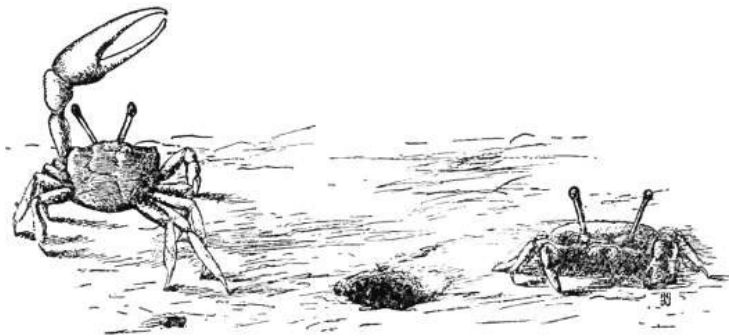
Warner, G. F. The life history of the mangrove tree crab, *Aratus pisonii*. **Journal of Zoology**, v. 153, n. 3, p. 321-335, 1967.

Zar, J. H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall. 2010.

Zuur, A. F.; Ieno, E. N.; Elphick, C. S. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. **Methods in ecology and evolution**, v. 1, p. 3–14, 2010.

CAPÍTULO 2

Distribuição espaço-temporal e abundância dos caranguejos chama-marés *Minuca rapax* e *Leptuca leptodactyla* (Decapoda: Ocypodidae) em um manguezal hipersalino do nordeste do Brasil



Capítulo 2. Distribuição espaço-temporal e abundância dos caranguejos chama-marés *Minuca rapax* e *Leptuca leptodactyla* (Decapoda: Ocypodidae) em um manguezal hipersalino do nordeste do Brasil

Resumo

Os caranguejos chama-marés desempenham importante papel como engenheiros do ecossistema. Portanto, identificar os fatores que influenciam a variabilidade espacial e temporal em sua distribuição é fundamental para entender seu impacto na funcionalidade dos manguezais. Este estudo analisou a influência dos fatores ambientais na abundância e distribuição espaço-temporal das espécies *Minuca rapax* e *Leptuca leptodactyla* em um manguezal do nordeste do Brasil. No manguezal do Rio Pacoti - CE foi delimitado um transecto com 15 quadrados amostrais equidistantes de 50 x 50 cm na zona entremarés, perpendicular à linha d'água, iniciando na região do supralitoral e terminando na linha da maré baixa de sizígia. As coletas foram mensais, durante dois anos e, os caranguejos chama-marés presentes no transecto foram capturados e sua abundância registrada. As medidas de temperatura do solo e salinidade foram aferidas e o sedimento coletado para análise granulométrica e teor de matéria orgânica. Para as análises, o transecto foi dividido em três áreas (superior, intermediária e inferior) e os meses agrupados em períodos chuvoso e seco. Todas as variáveis ambientais variaram significativamente entre as áreas nos dois anos amostrados e apenas salinidade apresentou diferença significativa em relação aos períodos. A área superior apresentou médias altas de temperatura do solo e salinidade, baixo teor de matéria orgânica e sedimento caracterizado pelo predomínio de areia fina. A área intermediária também apresentou médias altas de temperatura do solo e salinidade, porém foram registradas as maiores porcentagens de matéria orgânica e sedimento com predomínio de areia muito fina e silte grosso. A área inferior, mais próxima à linha d'água, apresentou as menores médias de temperatura do solo, salinidade, teor de matéria orgânica e diâmetro médio do sedimento com predomínio de areia média e fina. As duas espécies ocorreram nas três áreas, mas *M. rapax* foi mais abundante na área superior e *L. leptodactyla* na inferior. O tamanho do grão do sedimento e a salinidade foram as variáveis que mais explicaram a distribuição dessas espécies.

Palavras-chave: ecologia de comunidades, *Leptuca*, *Minuca*, salinas, semiárido.

Abstract

Fiddler crabs play an important role as engineers of the ecosystem. Therefore, identifying the factors that influence spatial and temporal variability in their distribution is critical to understanding their impact on mangrove functionality. This study analyzed the influence of environmental factors (soil temperature, salinity, organic matter, mean grain diameter and precipitation) on the abundance and spatio-temporal distribution of the species *Minuca rapax* and *Leptuca leptodactyla* in a mangrove in northeastern Brazil. In the Pacoti River mangrove, a transect with 15 equidistant sample squares of 50 x 50 cm was delimited in the intertidal zone, perpendicular to the water line, starting in the supralittoral region and ending at the low tide line. The collections were monthly for two years and the fiddler crabs present on the transect were captured and their abundance recorded. The measurements of soil temperature and salinity were measured and the sediment collected for particle size analysis and organic matter content. For analyzes, the transect was divided into three areas (upper, intermediate and lower) and the months grouped in rainy and dry seasons. All environmental variables varied significantly between the areas in the two years sampled and only salinity showed a significant difference in relation to the seasons. The upper area presented high averages of soil temperature and salinity, low organic matter content and sediment characterized by the predominance of fine sand. The intermediate area also presented high averages of soil temperature and salinity, but the highest percentages of organic matter and sediment with predominance of very fine sand and thick silt were recorded. The lower area, closer to the water line, presented the lowest averages of soil temperature, salinity, organic matter content and average sediment diameter with predominance of medium and fine sand. The two species occurred in the three areas, but *M. rapax* was more abundant in the upper area and *L. leptodactyla* in the lower area. Sediment grain size and salinity were the variables that most explained the distribution of these species.

Keywords: ecology of communities, *Leptuca*, *Minuca*, saline, semiarid.

1. Introdução

As características ambientais afetam a distribuição de organismos bentônicos diretamente, permitindo que se estabeleçam e sobrevivam (Bradshaw & Scoffin, 1999) e indiretamente, modificando as interações ecológicas (Nomann & Pennings, 1998).

Os caranguejos chama-marés estão entre os organismos mais representativos da macrofauna bentônica do ambiente estuarino (Crane, 1975). Estes caranguejos constroem tocas para se protegerem de temperaturas e salinidades extremas, dessecação, predadores, agressão de caranguejos vizinhos, além de serem utilizadas para atividades de reprodução, alimentação e muda e, na maré baixa, saem de suas tocas para se alimentar e cortejar as fêmeas (Crane, 1975). Esses organismos desempenham importante papel no funcionamento do habitat, atuando como engenheiros do ecossistema (Kristensen, 2008), de modo que suas atividades são fundamentais para a recuperação de manguezais degradados (Ferreira et al., 2019).

Estudos ecológicos com esses caranguejos têm sido realizados para uma melhor compreensão dos fatores que influenciam sua distribuição e ocorrência nos manguezais (Thurman, 1998; Costa & Negreiros-Fransozo, 2001; Nobbs, 2003; Ribeiro et al., 2005; Bezerra et al., 2006; Mokhtari et al., 2015; Nobbs & Blamires, 2015, 2016; Checon & Costa, 2017; 2018; Nogueira, 2017; Grande et al., 2018; Saeedi et al., 2018). Esses trabalhos têm revelado a ocorrência e a distribuição dos caranguejos chama-marés relacionada a uma série de variáveis ecológicas, como predação, competição e recrutamento e fatores ambientais, como temperatura, salinidade, umidade, presença ou ausência de vegetação, nível de maré, teores de matéria orgânica e granulometria.

Atualmente, existem cerca de 104 espécies de caranguejos chama-maré (Beinlich & Von Hagen, 2006; Landstofer e Schubart, 2010; Shih et al., 2009, 2010; 2016; Naderloo et al., 2010). No Brasil, dez espécies de três gêneros são conhecidas (*Uca*, Ocypodinae; *Leptuca* e *Minuca*, Gelasiminae), das quais nove são encontradas no nordeste do Brasil (Bezerra, 2012). No manguezal do Rio Pacoti, Ceará, são encontradas quatro espécies desses caranguejos: *Uca maracoani* (Latreille, 1803), *Leptuca thayeri* (Rathbun, 1900), *Leptuca leptodactyla* (Rathbun, 1898) e *Minuca rapax* (Smith, 1870) (Bezerra et al., 2006), sendo que *M. rapax* e *L. leptodactyla* vivem em simpatria em áreas com predomínio de sedimentos arenosos e apresentam várias cerdas bucais modificadas em formato de colher, que possuem a função de selecionar a matéria orgânica dos sedimentos grosseiros (Bezerra et al., 2006).

Dada a importância destes organismos como engenheiros do ecossistema, identificar os fatores que influenciam a variabilidade espacial e temporal em sua distribuição e abundância é fundamental para entender seu impacto na funcionalidade dos manguezais. Este estudo teve como objetivo analisar a relação dos fatores ambientais na distribuição espacial e temporal das espécies *M. rapax* e *L. leptodactyla* no manguezal do Rio Pacoti.

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no manguezal hipersalino do Rio Pacoti, Eusébio, Ceará (3°49'3''S, 38°25'13,4''W) (Figura 1A). A região estuarina do Rio Pacoti localiza-se no limite sul do município de Fortaleza, pertencendo também aos municípios de Eusébio e Aquiraz, entre as latitudes 3°53'15"S e 3°55'0"S e longitudes 38°22'30"W e 38°26'5"W. A maior parte do estuário é situada na Área de Proteção Ambiental do Estuário Pacoti. Até o início da década de 1980, a região abrigava tanques de produção de sal (Lacerda et al., 2007), que gerou impactos relacionados ao desmatamento, impermeabilização e hipersalinização do solo e rebaixamento do relevo (Menezes, 2006).

Desde 2014, é desenvolvido na área de estudo um projeto de recuperação de manguezal na área da antiga salina, com abertura de canais para reestabelecer as condições hidrológicas, plantio de espécies e estudos sobre a influência de grupos funcionais, tais como herbáceas facilitadoras e caranguejos braquiúros, na recuperação do ecossistema (Freitas, 2018; Rodrigues, 2018).

O Rio Pacoti nasce na vertente-oriental da Serra de Baturité, no município de Guaramiranga, percorre por cerca de 150 km até desaguar no mar. Sua bacia hidrográfica é a maior da Região Metropolitana de Fortaleza e em seu curso médio, encontram-se as barragens Pacoti e Riachão, cujos reservatórios constituem a principal fonte de abastecimento de água de Fortaleza (Sudec, 1976). O barramento do rio tem resultado na diminuição do fluxo de água doce à jusante, provocando um aumento da intrusão salina na água do rio, diminuição do aporte de sedimentos argilo-siltosos e deposição de sedimentos devido à diminuição da vazão (Menezes, 2006; Lacerda et al., 2007). Estima-se uma descarga fluvial média de 19 m³/s na estação chuvosa e uma vazão média de 1 m³/s na estação seca, sendo controlada pela afluência do açude Pacoti durante o período de chuvas (Molisani et al., 2006). Há ainda, uma diminuição da velocidade da água, agravada pelo movimento das dunas na região de sua foz (Maia et

al., 2001).

O estuário do Rio Pacoti, definido em função dos níveis médios de penetração da maré e ocorrência de vegetação de mangue, abrange uma extensão de 16,4 km, entre um ponto próximo à cidade de Aquiraz e a desembocadura, a sudeste de Fortaleza. Neste trecho o rio apresenta uma predominância de sedimentos areno-lodosos, em função da elevada taxa de sedimentação e da presença de extensos cordões de dunas paralelos, próximos à desembocadura, e uma profundidade média de cerca de 5 m (Irving et al., 1988). É estimada uma área de 150 ha de manguezal, sendo a vegetação dominada por *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman, *Avicennia germinans* Linnaeus, *Laguncularia racemosa* Gaerth e *Rhizophora mangle* Linnaeus (Miranda et al., 1988).

A região estudada possui um fotoperíodo bem distribuído durante o ano e temperatura média alta com pouca variação anual (Funceme, 2019), com temperatura máxima de 34 °C e mínima de 22 °C (Freire, 1989). Os meses mais quentes são janeiro e fevereiro e os meses com temperaturas mais amenas são julho e agosto, quando o regime de ventos é maior, embora seja no período seco (Rocha, 2013). O regime de pluviosidade possui duas estações: uma chuvosa, no primeiro semestre do ano (principalmente entre fevereiro e maio, devido à Zona de Convergência Intertropical) e uma seca, no segundo semestre (Funceme, 2019). No município de Eusébio a precipitação média anual é de 1.433 mm (Funceme, 2019). No primeiro semestre, no qual é caracterizada a quadra chuvosa, os ventos são mais amenos com média 6,5 m/s, no período de estiagem a média é em torno dos 9,3 m/s (Rocha, 2013). As marés são semidiurnais, com amplitude máxima de cerca de 3,1 m e mínima de 0,9 m (Freire, 1989), sendo classificadas como mesomarés.

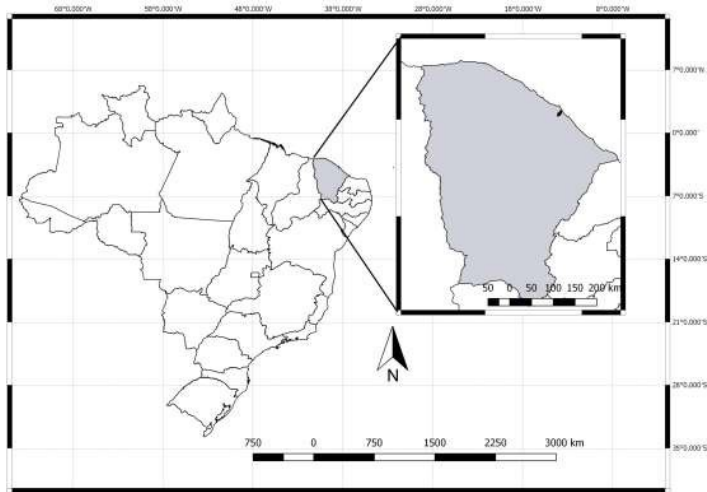


Figura 1. Manguezal do Rio Pacoti, Eusébio, Ceará, Brasil.

2.2. Procedimentos de campo

Foi delimitado um transecto com 15 quadrados amostrais equidistantes de 50 x 50 cm (0,25 m²) na zona entremarés, perpendicular à linha d'água, iniciando na região do supralitoral e terminando na linha da maré baixa de sizígia. O transecto foi visitado mensalmente, durante dois anos (janeiro/2016 a dezembro/2017) (Figura 2A).

O transecto se iniciou na parte superior do manguezal, compreendendo a região onde existia o tanque de evaporação da antiga salina (Figura 2A, C) com a presença de mangue *Avicennia* spp. Na sua porção central, o transecto foi dividido pelo que restou do dique do tanque de evaporação da salina. Nessa região é possível observar mais facilmente os impactos da salina desativada, com solo mais compactado e ausência de árvores de mangue. Esse dique apresenta aproximadamente 1m de altura, de modo que sua região superior não sofre influência da maré. Nessa porção, se desenvolve uma vegetação típica da mata de tabuleiro existente no entorno da área (Figura 2A, C). Já na região inferior (após o dique) ocorre uma densa vegetação formada por *R. mangle*, com sedimento lamoso e porções de sedimento arenoso, provavelmente provenientes do aporte das dunas que existem na outra margem do rio (Figura 2 A, B).



Figura 2. (A) Transecto dividido nas áreas (a) superior, (b) intermediária e (c) inferior no Manguezal do Rio Pacoti, Eusébio, Ceará, Brasil. (B) Área inferior. (C) Área superior e intermediária. (barreira: dique do tanque de evaporação da antiga salina) (Imagem: Marcus Vinicus, 2018).

As tocas presentes nos quadrados foram escavadas e os caranguejos chamamarrés coletados manualmente, sendo acondicionados em sacos plásticos, devidamente etiquetados. Após a coleta, os indivíduos foram transportados para o laboratório, congelados e depois conservados em álcool 70% para posterior processamento. Todas as amostragens neste estudo foram conduzidas em conformidade com as leis federais e estaduais vigentes (ICMBio 52067-1). Os espécimes serão depositados na Coleção de Carcinologia do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, Ceará, Brasil.

Nas áreas superior, intermediária e inferior foram avaliadas as variáveis ambientais. Mensalmente, a temperatura do solo foi obtida com auxílio de um termômetro digital, a salinidade com um refratômetro portátil e o sedimento coletado para a análise do teor de matéria orgânica e diâmetro médio do grão.

2.3. Procedimentos de laboratório

No laboratório, as espécies foram identificadas seguindo a chave proposta por Bezerra (2012). O número de indivíduos de cada espécie coletada mensalmente em cada quadrado amostrado foi anotado. A separação dos indivíduos em juvenis e adultos se deu pela análise da maturidade sexual morfológica calculada pela técnica de alometria descrita no capítulo anterior.

As amostras de sedimento foram submetidas à secagem em estufa a 60°C até obtenção de peso constante. Para determinar o teor de matéria orgânica, 2 g de cada amostra foi calcinada em forno mufla a 550°C durante uma hora (Dean, 1974) conforme sugerido por Couto (1984). A porcentagem de matéria orgânica foi estimada através da diferença entre o peso inicial e o peso livre das cinzas. Para análise granulométrica, 100 g de sedimento das amostras secas foram pesadas em balança analítica. A fração lamosa foi separada por meio de peneiramento úmido em malha de 0,062 mm (4 ϕ). As partículas maiores que 0,062 mm foram submetidas ao peneiramento seco em uma bateria de 13 peneiras, com malhas variando de 0,062 a 4 mm, passando por um agitador mecânico por 15 minutos (Suguio, 1973). Todas as frações obtidas foram pesadas e analisadas no programa SysGran 3.0 que forneceu a classificação das amostras.

2.4. Análises dos dados

Inicialmente, os dados foram inspecionados por um protocolo para análise exploratória dos dados (Zuur et al., 2010) para verificar a suposição de normalidade e de homocedasticidade. Quando esses pressupostos foram atendidos, foi utilizado o nível de significância tradicional de 0,05 para todos os testes (Zar, 2010). Quando a violação das premissas ocorreu, os dados foram transformados, porém quando nenhuma transformação levou a atender as premissas, foram realizados os testes nos dados brutos utilizando um nível de significância conservador (0,01) (Underwood, 1997). Todas as análises foram realizadas com o uso do software R (versão 3.5.1) (R Core Team, 2018).

O transecto foi dividido em três áreas de acordo com a composição granulométrica e abundância de indivíduos de cada espécie: A- superior: quadrados 1 ao 6; B- intermediária: quadrados 7 ao 11 e; C- inferior: quadrados 12 ao 15. Os meses foram agrupados em período chuvoso (primeiro semestre) e seco (segundo semestre).

Análise de Variância (ANOVA - dois fatores) foi utilizada para testar as diferenças significativas das variáveis ambientais (temperatura do solo, salinidade,

matéria orgânica e diâmetro médio do grão) e abundância dos indivíduos entre as áreas e os períodos. Quando a ANOVA revelou um efeito de interação significativo, foram investigadas comparações pareadas entre os níveis de fator usando testes de HSD de *Tukey* (Quinn & Keough, 2002). A correlação de Spearman foi utilizada para verificar o tipo de correlação (positiva ou negativa) entre as variáveis ambientais.

A relação entre distribuições de espécies e variáveis ambientais foi avaliada por meio de uma análise de redundância (RDA). Os dados ambientais foram transformados pela função *Standardize* e de abundância transformados pela função de *Hellinger* (Legendre & Legendre, 1998). O fator de inflação da variância (Vif) foi calculado para identificar a colinearidade multivariada, considerando $Vif > 3$ como valor limite para colinearidade forte (Zuur et al., 2010). A significância do modelo, eixos e variáveis foi avaliada por meio da ANOVA, com testes de permutação. A seleção das variáveis que melhor explicaram a distribuição das espécies foi baseada no nível de significância obtido e uma nova ordenação foi gerada usando somente as variáveis selecionadas.

3. Resultados

A área A, situada na parte superior do manguezal, durante os dois anos de estudo, apresentou médias altas de temperatura do solo ($30,2 \pm 2,0$ °C; média \pm DP) e salinidade ($57,54 \pm 14,56$). O teor de matéria orgânica foi baixo ($2,941 \pm 1,241$ %) e a composição granulométrica caracterizada pelo predomínio de areia fina ($2,579 \pm 0,135$ ϕ) (Tabela 1). A área B, localizada na parte intermediária do manguezal também apresentou médias altas de temperatura do solo ($33,2 \pm 3,5$ °C) e salinidade ($54,67 \pm 19,76$). Nessa área foram registradas as maiores porcentagens de matéria orgânica ($5,804 \pm 2,591$ %) e o sedimento apresentou predomínio de areia muito fina e silte grosso ($3,812 \pm 0,248$ ϕ) (Tabela 1). A área C, mais próxima à linha d'água apresentou as menores médias de temperatura do solo ($28,1 \pm 2,3$ °C), salinidade ($35,54 \pm 9,78$), teor de matéria orgânica ($2,278 \pm 1,457$ %) e diâmetro médio do sedimento ($2,234 \pm 0,355$ ϕ), com predomínio de areia média e fina (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios das variáveis ambientais no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil.

Variáveis abióticas	Ano I			Ano II		
	Média ± DP		Média total ± DP	Média ± DP		Média total ± DP
	Chuvoso	Seco		Chuvoso	Seco	
Temperatura so solo (°C)						
A	30,2 ± 2,5	30,5 ± 1,9	30,3 ± 2,1	28,8 ± 1,3	31,1 ± 2,0	30,0 ± 2,0
B	33,7 ± 4,2	33,3 ± 4,4	33,5 ± 4,1	32,0 ± 2,2	33,9 ± 3,3	33,0 ± 2,8
C	30,2 ± 2,5	28,3 ± 3,0	29,3 ± 2,8	27,2 ± 0,4	26,9 ± 1,1	27,0 ± 0,8
Salinidade						
A	53,83 ± 8,26	67,50 ± 18,91	60,67 ± 15,63	44,17 ± 7,36	64,67 ± 9,20	54,42 ± 13,33
B	45,17 ± 14,44	63,33 ± 19,41	54,25 ± 18,87	42,33 ± 22,53	67,83 ± 10,67	55,08 ± 21,44
C	29,83 ± 9,28	41,50 ± 4,04	35,67 ± 9,15	29,00 ± 11,93	41,83 ± 3,76	35,42 ± 10,77
Matéria orgânica (%)						
A	3,102 ± 2,020	2,854 ± 0,935	2,978 ± 1,506	3,318 ± 1,168	2,490 ± 0,557	2,904 ± 0,974
B	5,926 ± 4,259	6,873 ± 1,678	6,400 ± 3,126	5,871 ± 1,628	4,544 ± 1,996	5,207 ± 1,870
C	1,720 ± 0,995	3,365 ± 2,584	2,543 ± 2,055	2,023 ± 0,317	2,002 ± 0,198	2,013 ± 0,252
Diâmetro médio (φ)						
A	2,527 ± 0,055	2,613 ± 0,196	2,570 ± 0,144	2,536 ± 0,042	2,641 ± 0,172	2,588 ± 0,131
B	3,898 ± 0,279	3,872 ± 0,141	3,885 ± 0,211	3,824 ± 0,237	3,652 ± 0,291	3,738 ± 0,269
C	1,868 ± 0,303	2,492 ± 0,462	2,180 ± 0,495	2,256 ± 0,129	2,319 ± 0,084	2,287 ± 0,109

DP: desvio padrão; A: área A; B: área B; C: área C.

Temperatura do solo, salinidade, teor de matéria orgânica e diâmetro médio do sedimento variaram significativamente entre as áreas nos dois anos amostrados e apenas a salinidade apresentou diferença significativa em relação aos períodos chuvoso e seco (Tabela 2). No ano II no período chuvoso, a temperatura em B foi significativamente maior que em C e no período seco, tanto A quanto B registraram temperaturas significativamente maiores que C (Tabelas 1 e 2; Figura 3). Os maiores registros de salinidade foram no período seco, embora as diferenças não tenham sido significativas quando comparadas dentro da mesma área. No ano I, tanto no período chuvoso como no seco, a área A registrou valores significativamente maiores do que na área C. No ano II, durante o período seco, as áreas A e B foram significativamente mais salinas do que a área C (Tabelas 1 e 2; Figura 3).

De forma geral, o teor de matéria orgânica nas áreas foi baixo durante todo o estudo. A área B, com predomínio de areia muito fina e silte grosso, foi o local que apresentou a maior porcentagem. No ano I no período chuvoso, a área B apresentou um teor de matéria orgânica significativamente maior do que na área C e no ano II na área B o teor foi significativamente maior do que em A e C no período chuvoso e maior que

C no período no seco (Tabelas 1 e 2; Figura 3). As diferenças estatísticas do diâmetro médio do sedimento também foram verificadas entre as áreas e períodos. De modo geral, a área B é o local com presença de sedimento mais fino e a área C, com sedimento mais grosso (Tabelas 1 e 2; Figura 3).

Tabela 2. Valores das ANOVAs (dois fatores) das variáveis ambientais e abundância das espécies *Minuca rapax* e *Leptuca leptodactyla* no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil.

	Ano I				Ano II			
	SQ	GL	F-valor	P	SQ	GL	F-valor	P
Temperatura do solo (°C)								
Área	117,0	2	5,67	0,008*	210,0	2	27,83	< 0,001*
Período	3,3	1	0,32	0,572	15,6	1	4,43	0,050
Área x Período	7,3	2	0,35	0,701	11,2	2	1,49	0,241
Resíduos	309,1	30			113,1	30		
Salinidade								
Área	4046,1	2	10,90	< 0,001*	2992,9	2	9,79	< 0,001*
Período	1892,2	1	10,19	0,003*	3461,4	1	22,65	< 0,001*
Área x Período	66,5	2	0,17	0,836	224,2	2	0,79	0,458
Resíduos	5566,8	30			4583,2	30		
Matéria Orgânica (%)								
Área	107,0	2	9,56	< 0,001*	32,6	2	23,16	< 0,001*
Período	5,4	1	0,98	0,329	4,7	1	3,36	0,076
Área x Período	5,4	2	0,49	0,616	1,3	2	0,92	0,407
Resíduos	167,8	30			1,4	30		
Diâmetro médio (φ)								
Área	19,1	2	129,27	< 0,001*	14,0	2	215,68	< 0,001*
Período	0,4	1	6,32	0,017	0,0	1	0,00	0,980
Área x Período	0,7	2	4,88	0,014	0,1	2	2,06	0,144
Resíduos	2,2	30			0,9	30		
<i>Minuca rapax</i>								
Área	484,2	2	22,39	< 0,001*	1538,7	2	33,27	< 0,001*
Período	136,1	1	12,58	0,001*	53,78	1	2,35	0,137
Área x Período	117,5	2	5,43	0,009*	290,3	2	6,27	0,005*
Resíduos	324,3	30			693,6	30		
<i>Leptuca leptodactyla</i>								
Área	39491	2	33,41	< 0,001*	69235	2	74,84	< 0,001*
Período	2288	1	3,87	0,058	367	1	0,79	0,379
Área x Período	3680	2	3,11	0,059	789	2	0,85	0,436
Resíduos	17727	30			13875	30		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; F-valor: valor estatístico; p: valor p; * diferença significativa ($p < 0,01$).

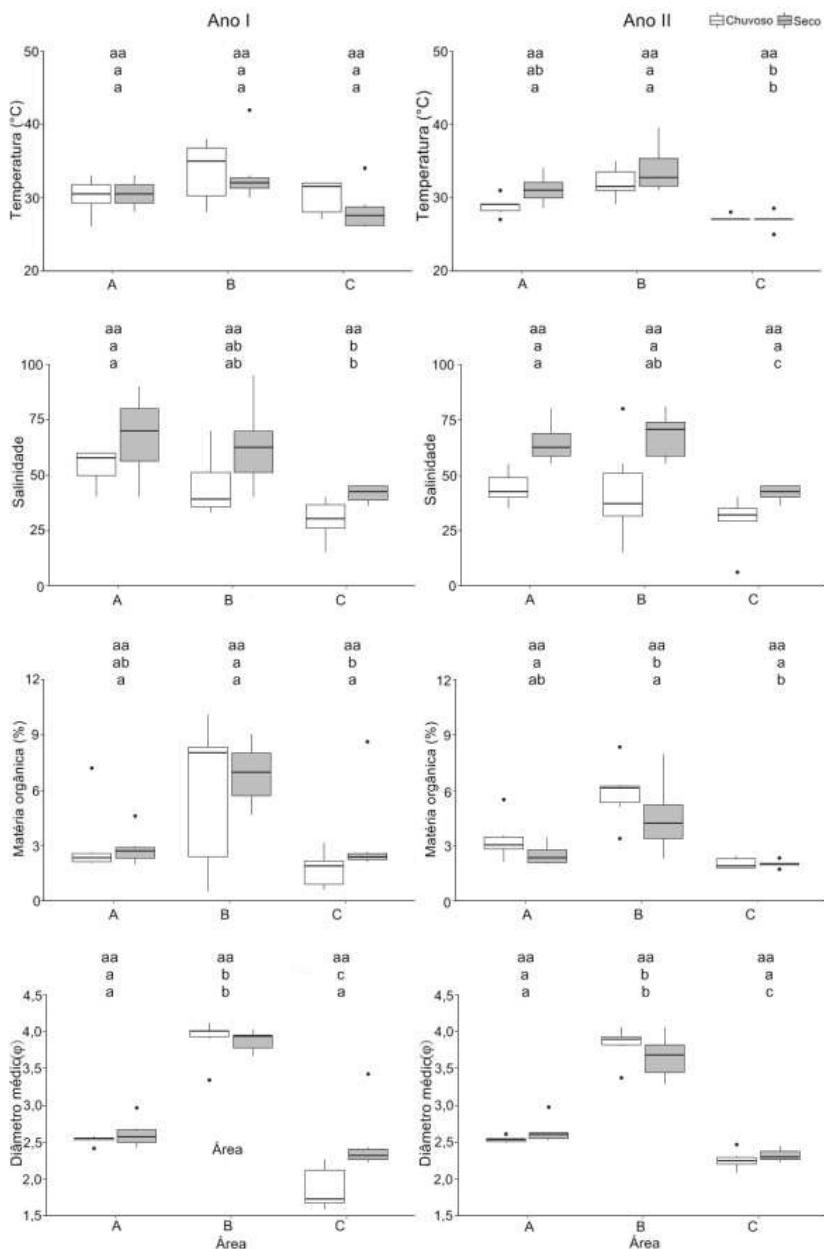


Figura 3. Comparações das variáveis ambientais (temperatura do solo (°C), salinidade, teor de matéria orgânica (%) e diâmetro médio do sedimento (φ)) entre as áreas e os períodos no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. Diferenças significativas entre médias são indicadas por letras diferentes ($p < 0,05$). A primeira linha de letras compara as médias das áreas entre os períodos, a segunda linha compara as médias entre as áreas no período chuvoso e a terceira linha compara as médias entre as áreas no período seco. (mediana, 25-75%, mín-máx, pontos pretos: outliers).

A matriz de correlação de Spearman calculada para as variáveis ambientais registrou correlação significativa entre todas as variáveis, sendo a relação mais forte entre o diâmetro médio e a matéria orgânica ($r_s = 0,74$; $p < 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficientes resultantes da correlação de Spearman entre as variáveis ambientais no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil.

	Temperatura do solo	Salinidade	Matéria Orgânica
Salinidade	0,45*		
Matéria Orgânica	0,42*	0,26*	
Diâmetro médio	0,57*	0,41*	0,74*

* correlação significativa ($p < 0,05$).

Com relação ao número de indivíduos capturados, a espécie *M. rapax* (N = 474) ocorreu nas três áreas e foi mais abundante no segundo ano de coleta (Tabela 4). No período chuvoso, na área A, o número de indivíduos foi significativamente maior que nas demais áreas, já no período seco, no primeiro ano de coleta, não foram observadas diferenças entre as áreas e no segundo ano, as áreas A e C apresentaram significativamente mais indivíduos que a B. Entre os períodos, dentro de uma mesma área, nos dois anos, *M. rapax* foi mais abundante na época de chuvas (Tabelas 2 e 4; Figura 4).

Leptuca leptodactyla (N = 2566) também ocorreu nas três áreas e foi mais abundante no segundo ano de coleta (Tabela 4). O número de indivíduos foi significativamente maior na área C, tanto no período chuvoso, como no seco. Entre os períodos, dentro de uma mesma área, *L. leptodactyla* foi significativamente mais abundante na área C durante a época de chuvas, no segundo ano de coleta (Tabelas 2 e 4; Figura 4).

Tabela 4. Abundância das espécies *Minuca rapax* e *Leptuca leptodactyla* no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil.

Espécie	Ano	Área	Abundância de indivíduos								
			Chuvoso			Total Chuvoso	Seco			Total Seco	Total Geral
			Adulto	Juvenil	FO		Adulto	Juvenil	FO		
<i>Minuca rapax</i>	Ano I	A	44	35	6	85	24	7	0	31	116
		B	0	9	0	9	1	0	0	1	10
		C	6	21	0	27	5	14	0	19	46
		Total Ano	50	65	6	121	30	21	0	51	172
	Ano II	A	73	53	4	130	40	29	0	69	199
		B	4	1	0	5	0	2	0	2	7
		C	10	28	0	38	11	47	0	58	96
Total Ano	87	82	4	173	51	78	0	129	302		
Total Geral	137	147	10	294	81	99	0	180	474		
<i>Leptuca leptodactyla</i>	Ano I	A	25	35	0	60	33	9	0	42	102
		B	0	4	0	4	2	0	0	2	6
		C	168	409	3	580	236	50	27	313	893
		Total Ano	193	448	3	644	271	59	27	357	1001
	Ano II	A	74	68	0	142	132	24	1	157	299
		B	6	10	0	16	2	0	0	2	18
		C	242	436	4	682	441	118	7	566	1248
Total Ano	322	514	4	840	575	142	8	725	1565		
Total Geral	515	962	7	1484	846	201	35	1082	2566		

A: área A; B: área B; C: área C; FO: fêmea ovígera.

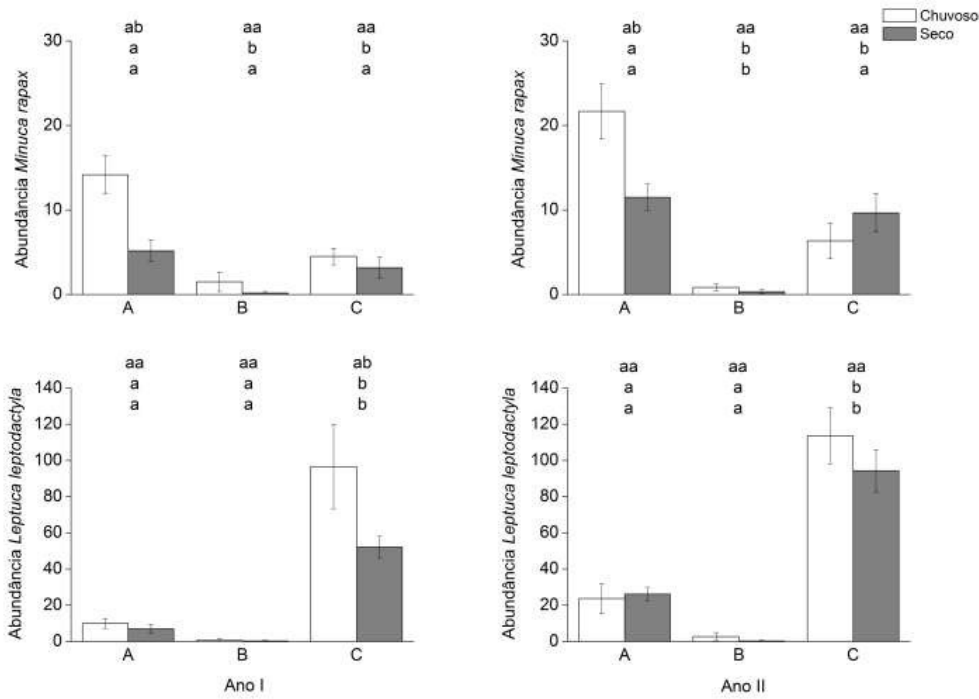


Figura 4. Comparações das abundâncias (média \pm erro padrão) das espécies *Minuca rapax* e *Leptuca leptodactyla* entre as áreas e os períodos no manguezal do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. Diferenças significativas entre médias são indicadas por letras diferentes ($p < 0,05$). A primeira linha de letras compara as médias das áreas entre os períodos, a segunda linha compara as médias entre as áreas no período chuvoso e a terceira linha compara as médias entre as áreas no período seco.

A análise da redundância foi realizada primeiramente com todas as variáveis ambientais. O fator de inflação da variância calculado para identificar a colinearidade multivariada se manteve abaixo do valor limite ($Vif > 3$) para todas as variáveis (temperatura do solo = 1,32; salinidade = 1,15; matéria orgânica = 2,08; diâmetro médio do grão = 2,10). Mesmo com esses valores para o fator de inflação da variância, as variáveis temperatura do solo e matéria orgânica foram excluídas por não serem estatisticamente significativas e uma segunda análise foi realizada apenas com as

variáveis selecionadas (Tabela 5, Figura 5). O agrupamento de *M. rapax* e *L. leptodactyla* inversamente ao diâmetro médio do grão indica a ocorrência das duas espécies nas regiões com predomínio de sedimentos mais arenosos. Observa-se também, que a espécie *M. rapax* foi mais associada às maiores salinidades (Figura 5).

Tabela 5. Resumo dos resultados da análise de redundância (RDA) com todas as variáveis incluídas e com variáveis selecionadas.

RDA (Total)			RDA (Selecionada)		
Modelo	F = 5,9 p = 0,001*		Modelo	F = 9,6 p = 0,002*	
R ² ajustado	0,25		R ² ajustado	0,23	
	RDA1	RDA2		RDA1	RDA2
Autovalor	0,05166	0,00276	Autovalor	0,04292	0,002643
Proporção explicativa	0,94927	0,05073	Proporção explicativa	0,94200	0,058004
ANOVA	F = 23,4	F = 1,2	ANOVA	F = 18,1	F = 1,1
(perm = 999)	p = 0,002*	p = 0,797	(perm = 999)	p = 0,002*	p = 0,293
	F (perm = 999)	p		F (perm = 999)	p
Temperatura do solo	2,0	0,135	Salinidade	6,5	0,016*
Salinidade	4,9	0,022*	Diâmetro médio	12,7	0,003*
Matéria Orgânica	1,2	0,257			
Diâmetro médio	15,4	0,001*			

F: valor estatístico; perm: permutação; p: valor p; * diferença significativa ($p < 0,05$).

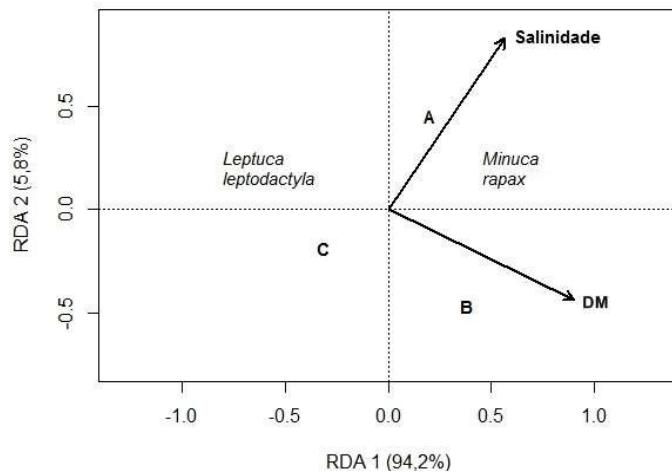


Figura 5. Diagrama de ordenação da análise de redundância (RDA). Áreas, espécies de caranguejos chama-marés e variáveis ambientais foram plotados. (A: área A; B: área B; C: área C; DM: diâmetro médio do grão (ϕ)).

4. Discussão

4.1. Variáveis ambientais

As variações locais da temperatura do solo, com maior registro nas áreas A e B, provavelmente se dão pela baixa densidade de árvores de mangue e ausência das mesmas, respectivamente. Embora a umidade não tenha sido medida diretamente, a área C, mais próxima à linha d'água, é a área mais submersa durante a maré alta, sendo que áreas com maior umidade têm menor variabilidade na temperatura com a variação da maré.

As áreas A e B também foram as mais salinas. A correlação positiva significativa observada entre a salinidade e a temperatura, indica que essas variáveis estão intimamente relacionadas, sendo que altas temperaturas proporcionam maiores taxas de evaporação, aumentando assim as concentrações de sais na água remanescente (Mokhtari et al., 2015). Na área C, com menor registro de salinidade, além da maior proximidade com a linha d'água, foi a região com menores temperaturas do solo. Com relação aos períodos, a diferença significativa nos valores de salinidade entre as áreas, principalmente na estação seca, provavelmente está relacionada ao regime de pluviosidade da região, concentrado em alguns meses do ano.

Mesmo com ausência de vegetação e baixa abundância de indivíduos na região intermediária do manguezal, esta foi a área com maior porcentagem de matéria orgânica. No presente estudo, os metais pesados não foram analisados, mas podem ajudar em investigações futuras sobre os valores obtidos para a essa área. Pode-se também inferir que o resultado esteja associado à proximidade com a vegetação de tabuleiro acima do dique.

Com relação ao predomínio de sedimentos mais arenosos na região estudada, é possível que esteja relacionada com aporte de sedimentos das dunas próximas ao manguezal do Rio Pacoti, trazidos pela ação dos ventos e chuvas. Além da barragem no rio, que diminui o aporte de sedimentos argilo-siltosos e deposita sedimentos devido à diminuição da vazão.

4.2. Variáveis ambientais x chama-maré

No presente estudo, a abordagem multivariada indicou que o diâmetro médio do grão do sedimento, juntamente com a salinidade, foram as variáveis que melhor explicaram a distribuição das espécies. A granulometria do sedimento é considerada uma das variáveis mais importantes para a distribuição dos caranguejos chama-marés,

demonstrado em estudos com comunidades usando abordagens univariadas (Costa & Negreiros-Fransozo, 2001; Bezerra et al., 2006) e também em multivariadas (Mokhtari et al., 2015; Checon & Costa, 2017). O tamanho das partículas que compõem o substrato é particularmente importante para esses caranguejos, pois esses animais obtêm o alimento, diretamente do sedimento, em um processo no qual as partículas selecionadas são suspensas dentro da cavidade bucal e peneiradas por estruturas bucais para extrair a matéria orgânica (Miller, 1961; Robertson & Newell, 1982) e, vivem em tocas, portanto, o tipo de grão também influencia na capacidade desses caranguejos de escavar e manter suas tocas no interior do sedimento (Bertness & Miller, 1984). Além da granulometria, outros estudos com comunidades usando abordagens univariadas também consideraram a umidade do solo e matéria orgânica correlacionados com a distribuição das espécies (Costa & Negreiros-Fransozo, 2001; Bezerra et al., 2006).

Minuca rapax e *L. leptodactyla* possuem relações bem definidas com tipo de sedimento, ocorrendo em simpatria em áreas com predomínio de sedimentos arenosos e apresentam várias cerdas bucais modificadas em formato de colher (Bezerra et al., 2006; Thurman et al., 2013). A maioria dos trabalhos aborda a importância do tamanho do grão de sedimento para a distribuição das espécies de chama-marés relacionando diretamente com a morfologia do apêndice bucal. Nesses caranguejos, o 2º e o 3º maxilípedes apresentam cerdas especializadas. Espécies que habitam substratos lamosos apresentam cerdas plumosas, enquanto as que habitam sedimentos grosseiros, as cerdas plumosas são substituídas por cerdas em forma de colher (Maitland, 1990). Entretanto, Checon & Costa (2017) não encontraram uma relação entre a ocupação do habitat e a morfologia dos apêndices bucais, tanto para o tipo de cerdas como para a curvatura, o que indica que essas adaptações não devem ser usadas como única explicação para o complexo padrão de distribuição exibido pelas espécies de chama-marés nos manguezais.

É difícil de estabelecer um mecanismo que governe a relação animal-sedimento, sendo importante considerar as associações indiretas com variáveis relacionadas ao sedimento (Gray, 1974; Checon & Costa, 2017). Checon & Costa (2017) mostraram uma correlação positiva significativa entre o diâmetro médio do grão com a umidade do solo e uma forte correlação negativa com o coeficiente de classificação. A umidade do solo influencia diretamente a temperatura do sedimento e, juntamente com o coeficiente de classificação, pode influenciar as atividades de escavação, uma vez que é mais provável que os sedimentos mais secos e mais pobres sejam compactados e dificultem a

escavação (Brenchley, 1982). Embora a umidade não tenha sido medida no presente estudo, nas regiões superior e intermediária foram registradas as maiores temperaturas do solo, o que torna essas regiões menos úmidas. Além disso, a região intermediária não sofre influência da maré cheia, desta forma, mesmo a área B apresentando solo com sedimento mais fino, que geralmente permite a construção de tocas mais profundas (Morrissey et al., 1999), essa área foi pouco ocupada.

A salinidade foi outra variável significativa na explicação da distribuição dos indivíduos. As duas espécies estudadas vivem em áreas com predomínio de sedimentos arenosos e habitats com salinidade meso a euhalina (valores entre 1 a 42 de salinidade) (Thurman et al., 2013). No entanto, no manguezal estudado, estas espécies apresentaram uma amplitude de tolerância à salinidade muito maior. Estudos com comunidades de chama-marés também amostraram ambientes com diferentes salinidades; entretanto, não foi considerada uma das variáveis mais importantes na ocupação e ocorrência dos chama-marés (Mokhtari et al., 2015; Checon & Costa, 2017).

O manguezal estudado é um ambiente hipersalino e antropizado, em processo de recuperação, possui aporte de sedimento arenoso das dunas próximas e sofre influência do clima semiárido, com temperatura média alta durante todo o ano e regime de chuvas concentrados em alguns meses. Desta forma, dadas às características específicas deste ambiente, o tamanho do grão do sedimento e a salinidade foram as variáveis que mais explicaram a distribuição de *M. rapax* e *L. leptodactyla*.

5. Referências

- Beinlich, B.; von Hagen, H. O. Materials for a more stable subdivision of the genus *Uca* Leach. **Zoologische Mededelingen**, v. 80, n. 4, p. 9–32, 2006.
- Bertness, M. D.; Miller, T. The distribution and dynamics of *Uca pugnax* (smith) burrows in a New England salt marsh. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 83, p. 211–237, 1984.
- Bezerra, L. E. A.; Dias, C. B.; Santana, G. X.; Matthews-Cascon, H. Spatial distribution of fiddler crabs (genus *Uca*) in a tropical mangrove of northeast Brazil. **Scientia marina**, v. 70, n. 4, p. 759–766, 2006.
- Bezerra, L. E. A. The fiddler crabs (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae: genus *Uca*) of the South Atlantic Ocean. **Nauplius**, v. 20, n. 2, p. 203–246, 2012.
- Bradshaw, C.; Scoffin, T. P. Factors limiting distribution and activity patterns of the soldier crab *Dotilla myctiroidensis* Phuket, South Thailand. **Marine Biology**, v. 135, p. 83–87, 1999.
- Brenchley, G. A. Mechanisms of spatial competition in marine soft-bottom communities. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 60, p. 17–33, 1982.
- Checon, H. H.; Costa, T. M. Fiddler crab (Crustacea: Ocypodidae) distribution and the relationship between habitat occupancy and mouth appendages. **Marine Biology Research**, v. 13, n. 6, p. 618–629, 2017.
- Checon, H. H.; Costa, T. M. The importance of considering small-scale variability in macrobenthic distribution: spatial segregation between two fiddler crab species (genus *Leptuca*) (Decapoda, Ocypodidae). **Iheringia. Série Zoologia**, v. 108, 2018.
- Costa, T. M.; Negreiros-Fransozo, M. L. Morphological adaptation of the 2nd maxilliped in semiterrestrial crabs of the genus *Uca* from a subtropical Brazilian mangrove. **Nauplius**, v. 9, p. 123–31, 2001.
- Couto, E. C. G. Comparação entre métodos para obtenção do teor de matéria orgânica em sedimentos estuarinos e costeiros através de ignição. **Archives of Biology and Technology**, v. 37, n. 2, p. 443–448, 1994.
- Crane, J. **Fiddler crabs of the world. Ocypodidae: genus Uca**. New Jersey: Princeton University Press, 736p. 1975.
- Dean, W. E. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. **Journal of Sedimentary Research**, v. 44, p. 242–248, 1974.
- Ferreira, A. C.; Bezerra, L. E. A.; Matthews-Cascon, H. Aboveground carbon stock in a restored neotropical mangrove: influence of management and brachyuran crab assemblage. **Wetlands Ecology and Management**, v. 27, p. 1–20, 2019.

Freire, G. S. S. **Etude hydrologique et sedimentologique de l'estuarie du Rio Pacoti (Fortaleza - Ceará - Brésil)**. Tese de doutorado. France: Université de Nantes. 1989.

Freitas, C. V. C. **Influência da herbácea facilitadora *Sesuvium portulacastrum* L. (Aizoceacea) no recrutamento e desenvolvimento de *Avicennia* spp. L. (Avicenniaceae) em uma área degradada no manguezal do Rio Pacoti - Ceará**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia). Universidade Federal do Ceará, 2018.

Funceme. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.funceme.br/>. Acessado em: 07 de março de 2019.

Grande, F. R.; Granado, P.; Sanches, F. H. C.; Costa, T. M. Organic matter affects fiddler crab distribution? Results from field and laboratorial trials. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 212, p. 138–145, 2018.

Gray, J. S. Animal-sediment relationships. **Oceanography and Marine Biology: An Annual Review**, v. 12, p. 223–261, 1974.

Irving, M. A.; Oliveira A. M. E.; Lima, H. H. Aspectos bioecológicos do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. **Arquivo Ciências do Mar**, v. 27, p. 91–100, 1988.

Kristensen, E. Mangrove crabs as ecosystem engineers; with emphasis on sediment processes. **Journal of sea Research**, v. 59, n. 1-2, p. 30–43, 2008.

Lacerda, L. D.; Menezes, M. O. T.; Molisani, M. M. Changes in mangrove extension at the Pacoti River estuary, CE, NE Brazil due to regional environmental changes between 1958 and 2004. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 3, p. 67–72, 2007.

Landstorfer, R. B.; Schubart, C. D. A phylogeny of Pacific fiddler crabs of the subgenus *Minuca* (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae: *Uca*) with the description of a new species from a tropical gulf in Pacific Costa Rica. **Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research**, v. 48, n. 3, p. 213–218, 2010.

Legendre, P.; Legendre, L. **Numerical Ecology**. Second English Edition. Elsevier, Amsterda, 1998.

Maia, L. P.; Freire, G. S.; Morais, J. O.; Rodrigues, A. C.; Pessoa, P. R.; Magalhães, S. H. O. Dynamics of coastal dunes at Ceará State, Northeastern Brazil: Dimensions and migration rate. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 34, p. 11–22, 2001.

Maitland, D. P. Feeding and mouthpart morphology in the semaphore crab *Heloecius cordiformis* (Decapoda: Brachyura: Ocypodidae). **Marine Biology**, v. 105, n. 2, p. 287–296, 1990.

Menezes, M. O. T. **Análise do crescimento da floresta de mangue da planície flúvio-marinha do Rio Pacoti, Ceará, entre os anos de 1958 e 2004**. Monografia. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará. 2006.

- Miller, D. C. The feeding mechanism of fiddler crabs, with ecological considerations of feeding adaptations. **Zoologica: New York Zoological Society**, v. 46, n. 8, p. 89–101, 1961.
- Miranda, P. T. C.; Martins, M. L. R.; Soares, Z. M. L. Levantamento e quantificação das áreas de manguezais no Estado do Ceará (Brasil) através de sensoriamento remoto. **Anais do V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, p. 90–94, 1988.
- Mokhtari, M.; Ghaffar, M. A.; Usup, G.; Cob, Z. C. Determination of key environmental factors responsible for distribution patterns of fiddler crabs in a tropical mangrove ecosystem. **PLoS One**, 10(1):e117467. 17 p., 2015.
- Molisani, M. M.; Cruz, A. L. C.; Maia, L. P. Estimativa da descarga fluvial para os estuários do Estado do Ceará, Brasil. **Arquivo Ciências do Mar**, v. 39, p. 53–60, 2006.
- Morrisey, D. J.; DeWitt, T. H.; Roper, D. S.; Williamson, R. B. Variation in the depth and morphology of burrows of the mud crab *Helice crassa* among different types of intertidal sediment in New Zealand. **Marine Ecology Progress Series**, v. 182, p. 231–42, 1999.
- Naderloo, R.; Türkay, M.; Chen, H. L. Taxonomic revision of the wide front fiddler crabs of the *Uca lactea* group (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Ocypodidae) in the Indo West-Pacific. **Zootaxa**, v. 2500, p. 1–38, 2010.
- Nobbs, M. Effects of vegetation differ among three species of fiddler crabs (*Uca* spp.). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 284, p. 41–50, 2003.
- Nobbs, M.; Blamires, S. J. Spatiotemporal distribution and abundance of mangrove ecosystem engineers: burrowing crabs around canopy gaps. **Ecosphere**, v. 6, n. 5, p. 1–13, 2015.
- Nobbs, M.; Blamires, S. J. Making up for lost time: biophysical constraints on the temporal abundance of two fiddler crabs in wet-dry tropical mangroves. **Austral Ecology**, v. 41, p. 791–796, 2016.
- Nogueira, R. S. A. **Distribuição espacial e biologia populacional de *Leptuca Leptodactyla* (Rathbun, 1898) (Decapoda: Ocypodidae: Gelasiminae) em um manguezal do nordeste semiárido brasileiro**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais - Instituto de Ciências do Mar. 2017.
- Nomann, B. E.; Pennings, S. C. Fiddler crab-vegetation interactions in hypersaline habitats. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 225, p. 53–68, 1998.
- Quinn, G. P.; Keough, M. J. **Experimental design and data analysis for biologists**. Cambridge University Press, 2002.
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2018.

Ribeiro, P. D.; Iribarne, O. O.; Daleo, P. The relative importance of substratum and recruitment in determining the spatial distribution of the fiddler crab *Uca uruguayensis* Nobili. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 314, p. 99–111, 2005.

Robertson, J. R.; Newell, S. Y. Experimental studies of particle ingestion by the sand fiddler crab *Uca pugilator*. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 59, p. 1–21, 1982.

Rocha, G. H. M. **Morfodinâmica de desembocaduras de sistemas estuarinos barrados: o caso do Rio Pacoti - Ceará**. Dissertação de mestrado. Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará. 2013.

Rodrigues, J. V. M. **Influência de *Batis maritima* L. (Bataceae) no recrutamento e crescimento de *Avicennia* spp. L. (Avicenniaceae) em uma área degradada do Rio Pacoti, Ceará. 2018**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia). Universidade Federal do Ceará, 2018.

Saeedi, H.; Kamrani, E.; Nordhaus, I.; Diele, K. Sediment Temperature Impact on Population Structure and Dynamics of the Crab *Austruca iranica* Pretzmann, 1971 (Crustacea: Ocypodidae) in Subtropical Mangroves of the Persian Gulf. **Wetlands**, v. 38, n. 3, p. 539–549, 2018.

Shih, H. T.; Kamrani, E.; Davie, P. J. F.; Liu, M. Y. Genetic evidence for the recognition of two fiddler crabs, *Uca iranica* and *U. albimana* (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae), from the northwestern Indian Ocean, with notes on the *U. lactea* species-complex. **Hydrobiologia**, v. 635, n. 1, p. 373–382, 2009.

Shih, H. T.; Naruse, T.; Ng, P. K. L. *Uca jocelynae* sp. nov., a new species of fiddler crab (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae) from the Western Pacific. **Zootaxa**, v. 2337, p.47–62, 2010.

Shih, H. T.; Ng, P. K. L.; Davie, P. J. F.; Schubart, C. D.; Türkay, M.; Naderloo, R.; Jones, D.; Liu, M. Y. Systematics of the family Ocypodidae Rafinesque, 1815 (Crustacea: Brachyura), based on phylogenetic relationships, with a reorganization of subfamily rankings and a review of the taxonomic status of *Uca* Leach, 1814, *sensu lato* and its subgenera. **Raffles Bulletin of Zoology**, v. 64, p.139–175, 2016.

Sudec. **Programa de avaliação de potencial dos recursos naturais e áreas do litoral cearense**. Governo do Estado do Ceará, Fortaleza, 109p., 1976.

Suguio, K. **Introdução a sedimentologia**. Edgard Blucher, New York, 1973.

Thurman, C. L. Osmoregulation by six species of fiddler crabs (*Uca*) from the Mississippi delta area in the northern Gulf of Mexico. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 291, p. 233–252, 1998.

Thurman, C. L.; Faria, S. C.; McNamara, J. C. The distribution of fiddler crabs (*Uca*) along the coast of Brazil: implications for biogeography of the western Atlantic Ocean. **Marine Biodiversity Records**, v. 6, p. 1–21, 2013.

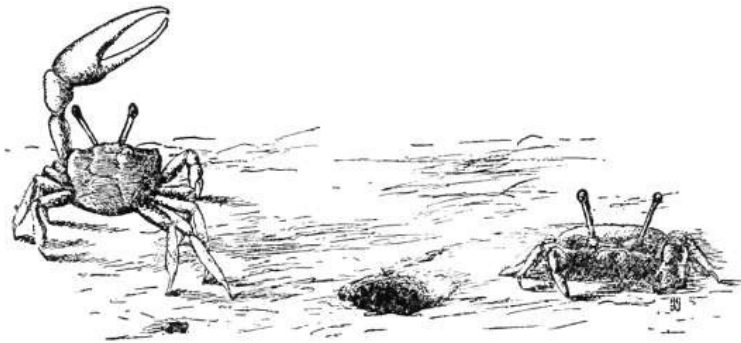
Underwood, A. J. **Experiments in ecology**. Cambridge: Cambridge University Press. 1997.

Zar, J. H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall. 2010.

Zuur, A. F.; Ieno, E. N.; Elphick, C. S. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. **Methods in ecology and evolution**, v. 1, p. 3–14, 2010.

CAPÍTULO 3

Reproductive plasticity of the fiddler crab *Leptuca thayeri*: a comparison between two latitudes of Brazil



Capítulo 3. Reproductive plasticity of the fiddler crab *Leptuca thayeri*: a comparison between two latitudes of Brazil

Poliana Salve Guizardi*, Luis Ernesto Arruda Bezerra

Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), Universidade Federal do Ceará, Av. da Abolição, 3207, 60165-081, Fortaleza-Ceará, Brazil

* Corresponding author: polianasalve@gmail.com

Abstract

The fiddler crab *Leptuca thayeri* presents a wide geographic distribution and was selected for a comparative study on egg production and reproductive output (RO) in two regions of the Brazilian coast, separated by 17 degrees of latitude. Ovigerous females were collected in the northeastern (n = 49) and southeastern (n = 57) of the Brazil in 2016, during the rainy and dry seasons of each region. The size of females, relative fecundity and egg volume were significantly different among studied regions. The females of the northeastern region were larger, produced more eggs; but these eggs were of smaller size and had a greater rate of loss during embryonic development. The RO index was the same in the two studied locations; females invested the same amount of biomass in egg production. Regarding the rainy and dry seasons of each region, significant differences were observed in the size of females, egg volume and RO between the dry seasons of the two regions. Smaller females produced larger eggs and had higher RO in the dry season (lower mean temperature) in the southeastern region. The results demonstrate an intraspecific plasticity of reproductive traits, where the observed variability may be related to local environmental conditions.

Key words: Egg volume, fecundity, intraspecific variability, reproductive output, seasonality

Introduction

Reproductive patterns are considered strategic adaptations of individuals to different environmental conditions, with fecundity, egg size, and reproductive effort being important characteristics in their evolution (Hadfield and Strathmann 1996).

Reproductive effort (RE) can be defined as a fraction of the total energy destined for reproduction (Clarke 1987). This reproductive parameter is difficult to determine and can be estimated through the reproductive output (RO), which is the biomass invested in egg production by females (Tinkle and Hadley 1975; Clarke 1987). According to this author, the RO index decreases with increasing latitude and (consequently) with decreasing temperature.

Studies have demonstrated intraspecific differences along the latitudinal gradient in the reproductive biology of decapod crustaceans. Some examples include the study with grapsid crab in regions separated by approximately 11 degrees of latitude (Jones and Simons 1983), comparing caridean shrimp in the polar and temperate regions (Clarke 1987), study alpheid shrimps on the Chilean coast in regions separated by 12 degrees (Lardies and Wehrmann 2001) and 19 degrees of latitude (Lardies et al. 2008), working with porcelain crab in regions separated by 13 degrees of latitude (Wehrmann et al. 2012) and studying hermit crabs in two regions of the Brazilian coast separated by approximately 20 degrees of latitude (Ribeiro 2013). These studies provide important information on the development of intraspecific adaptations under different environmental conditions (Wehrmann and Kattner 1998).

Among the inhabitants of the estuary and mangrove area are the crabs popularly known as fiddler crabs (family Ocypodidae). Currently, there are about 104 species of these crabs in the tropical and temperate regions of the world. In Brazil, ten species of three genera are known (*Uca*, Ocypodinae; *Leptuca* and *Minuca*, Gelasiminae) (Shih et al. 2016), being nine of which are found in the northeastern and ten in southeastern and southern Brazil (Bezerra 2012). The fiddler crab *Leptuca thayeri* (Rathbun 1900) is one of the most abundant species, with distribution in Florida, Gulf of Mexico, Central America, Venezuela and Brazil (from Pará to Santa Catarina) (Coelho et al. 2008). It is found in the intertidal region, in areas with a predominance of fine sediment and high organic content (Bezerra et al. 2006) and ovigerous females occupy burrows with chimneys near river margins (Salmon 1987; Costa and Negreiros-Fransozo 2003).

Considering the wide geographical distribution of fiddler crabs, there are still relatively few reproductive studies on the *L. thayeri*. Some authors have studied their

reproductive behavior, the relationship between the morphology of mouth pieces, ecological distribution, and allometric relationships (Salmon 1987; Thurman 1987; Costa and Negreiros-Fransozo 2001, 2003; Negreiros-Fransozo et al. 2003; Bezerra et al. 2006; Costa et al. 2006; Bezerra and Matthews-Cascon 2007; Araújo et al. 2012; Farias et al. 2014).

The aim of this study was to compare fecundity of *L. thayeri* in two Brazilian mangroves separated by about 17 degrees of latitude. Egg production, the variation in the number and volume of developing eggs during the different stages of the incubation period, RO, and seasonal variation of these characteristics were analyzed in order to evaluate if latitude and local environmental conditions influence the reproductive characteristics of these crabs.

Materials and methods

Study area and sampling

Ovigerous females of *Leptuca thayeri* were collected manually during low tides in two different areas of the Brazilian coast (Figure 1). The crabs were collected in the rainy and dry seasons of each region in 2016.

The first area is the Pacoti River hypersaline mangrove (3°49'3" S, 38°25'13.4" W), municipality of Eusébio, state of Ceará, northeastern Brazil (Figure 1). The climate is tropical, with a minimum temperature of 22°C and a maximum of 34°C. The rainy season is concentrated in the first half of the year (mainly between February and May), with an average annual precipitation of 600 to 1433 mm. The tides are semidiurnal with maximum amplitude of about 3.1 m and minimum of 0.9 m (Freire 1989; Funceme 2019).

The second area is the Itapemirim River mangrove (20°59'48.5" S, 40°48'52.2" W), municipality of Marataízes, state of Espírito Santo, southeastern Brazil (Figure 1). The region studied is in the intertropical zone of the South Atlantic, which has a tropical coastal climate. The minimum temperature varies around 15°C and maximum varies between 28°C and 30°C (Albino 1999). The average annual precipitation is approximately 1270 mm in the south and southeastern regions of the state of Espírito Santo; the rain varies seasonally and can be separated into two specific periods: the rainy season (between October and March) and the dry season (between April and September) (Mello et al. 2012). The Espírito Santo coast has a micro tidal regime, whose amplitude varies between 1.40 m and 1.50 m (Albino 1999).

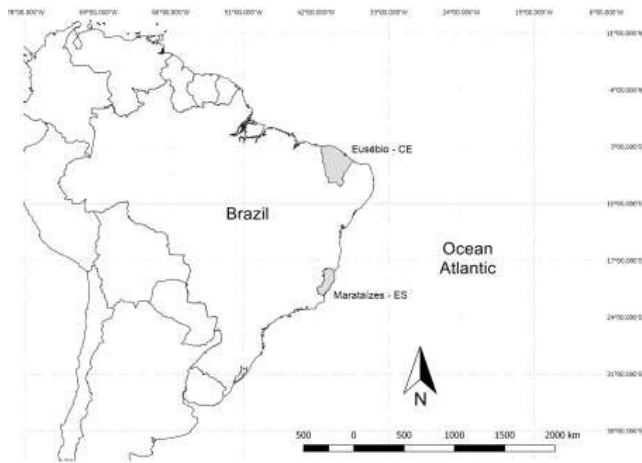


Figure 1. Location map of study areas located in the northeastern (Pacoti River mangrove, Eusébio, Ceará) and southeastern (Itapemirim River mangrove, Marataízes, Espírito Santo) Brazil.

In the Western Atlantic, the two ocean currents that determine the distribution of marine intertidal and shallow water species at higher latitudes are the Northern and Southern Brazil Currents (Briggs 1974). Thurman et al. (2013), based on the distribution of species of fiddler crab, divides the coast into five coastal biomes. The studied areas are included in biomes II (northeastern) and III (southeastern). Biome II receives the northwestern flow of the North Brazil Current; the climate is dry, and the geomorphology includes the sandy tropical coastal plain. Biome III receives the southwest flow of the South Brazil Current; the climate is humid, and the geomorphology includes the tropical coast of the Atlantic rainforest.

The data of total precipitation and average of the minimum and maximum temperatures for the year 2016 (Table 1) were obtained from the automatic stations of the Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

The specimens collected were deposited in Carcinological Collection of Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) of Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brazil (catalogue numbers: 705–714).

Table 1. Total precipitation, mean minimum temperature and mean maximum temperature obtained for northeastern (Pacoti River mangrove) and southeastern (Itapemirim River mangrove) Brazil by means of automatic stations of the Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), closer to the study areas between the months from January to December 2016.

Local	Precipitation (mm)		Total precipitation	Minimum temperature (°C)		Total Mean ± SD	Maximum temperature (°C)		Total Mean ± SD
	Rainy	Dry		Mean ± SD			Mean ± SD		
				Rainy	Dry	Rainy	Dry		
Northeastern	1308.6	114.4	1423	24.21 ± 0.27	24.69 ± 0.79	24.45 ± 0.61	31.49 ± 0.37	32.11 ± 0.40	31.80 ± 0.49
Southeastern	1167	118.4	1285.4	23.91 ± 1.57	21.27 ± 1.73	22.59 ± 2.09	30.98 ± 2.43	28.83 ± 2.04	29.90 ± 2.41

Ovigerous females and egg production

The carapace width (CW) of the females was measured using a digital caliper (± 0.01 mm accuracy) and the egg mass of each female was carefully removed from its pleopods with the aid of a brush on a Petri dish. Embryonic development was classified in three stages according to the criteria proposed by Boolootian et al. (1959), modified by Mantelatto and Garcia (1999): Stage I (initial): no evidence of compound eyes developed. Yolk occupying 75-100% of the volume of each egg; Stage II (intermediary): presence of small, elongated eyes. Yolk occupying 50-75% of the volume of each egg; Stage III (final): compound eyes well developed. Yolk occupying 25-50% of the volume of each egg.

The egg count was performed according to the methodology proposed by Litulo (2004), with modifications. The eggs were placed in a beaker with 50 mL of alcohol 70%. The sample was homogenized, and five 1 mL sub-samples were pipetted and placed on a Petri dish, in which the number of eggs from each sub-sample was counted under a stereomicroscope. The total number of eggs per female was estimated by extrapolating the average value obtained from the five subsamples. The ovigerous females had their carapace width (CW) measured with a digital caliper (± 0.01 mm) after removal of the egg mass.

A sub-sample of 30 eggs of each female had the minimum and maximum diameters measured using ImageJ software, to calculate the average volume, using the formula: $V = \frac{d1^2 \times d2 \times \pi}{6}$ (Turner and Lawrence 1979), where V = embryo volume (mm³), d1 = smallest egg diameter, and d2 = largest egg diameter. These procedures were applied to the eggs at the three stages of development to verify a possible change in the number and volume of eggs during the incubation period.

Relative fecundity (RF) was calculated in order to rule out the effect of the size of the individual on fecundity using the formula: $RF = \frac{\text{eggs stage I}}{CW}$ (González-Pisani and Greco-López 2014).

Reproductive Output - RO

To obtain the dry weight of egg mass and females, a modified version of the method proposed by Lardies and Werthmann (1996) was followed. The eggs were dried for 24 hours at 60°C until reaching a constant dry weight, and then weighed with an analytical balance to an accuracy of 0.0001 g. These same procedures were applied to the ovigerous females that had their eggs removed from the pleopods, except that the dry weight was obtained after 48 hours. The RO was calculated only for females in initial stage using the formula: $RO = \frac{\text{dry weight of the egg mass}}{\text{dry weight of the female without eggs}}$ (Clarke et al. 1991).

Data analysis

Analysis of Variance (ANOVA - two factors) was used to test the significant differences in the size of ovigerous females, relative fecundity, eggs volume and RO between the regions and season for each location - only eggs in the initial stage were used in the analysis of the relative fecundity, eggs volume and RO. When an ANOVA revealed a significant interaction effect, were investigated pairwise comparisons between factor levels using Tukey HSD tests (Quinn and Keough 2002).

Analysis of Variance (ANOVA - one factor) with Tukey's *a posteriori* test (Quinn and Keough 2002) was applied to detect the changes in the number and volume of eggs during embryonic development.

Linear regressions were used to describe the relationships between carapace width and fecundity (eggs Stage I).

The Shapiro-Wilk test was used to verify the normality assumption and Levene test the homoscedasticity assumption (Quinn and Keough 2002). When these assumptions were met, was used the traditional significance level of 0.05 for the tests (Zar 2010). When violation of assumptions occurred, the data were transformed, however when no transformation led to meeting the assumptions, were performed the tests on the raw data using a conservative significance level (0.01) (Underwood 1997).

All analyses were carried out with the use of the R software (version 3.5.1) (R Core Team 2018), using the packages stats (R Core Team 2018) and car (Fox and Weisberg 2011).

Results

Ovigerous females and egg production

In the northeastern, the size of the ovigerous females collected during the study period ($n = 49$) ranged from 14.71 to 25.0 mm CW (mean \pm SD: 20.11 ± 2.52 mm). Individuals in the size range between 16 and 22 mm CW ($n = 35$) comprised 71% of all ovigerous females collected (Figure 2). In the rainy season ($n = 33$), the size ranged from 14.71 to 24.47 mm CW (19.73 ± 2.50 mm), while the dry season ($n = 16$) ranged from 16.04 to 25.00 mm CW (20.89 ± 2.46 mm).

In the southeastern, the size of ovigerous females ($n = 57$) ranged from 13.40 to 23.16 mm CW (17.96 ± 2.15 mm). Most of the specimens (79% of the total) ranged from 16 to 22 mm CW ($n = 45$) (Figure 2). During the rainy season ($n = 25$) the size range varied between 15.80 and 20.62 mm CW (18.58 ± 1.44 mm), while in the dry season ($n = 32$) they varied between 13.40 and 23.16 (17.48 ± 2.49 mm).

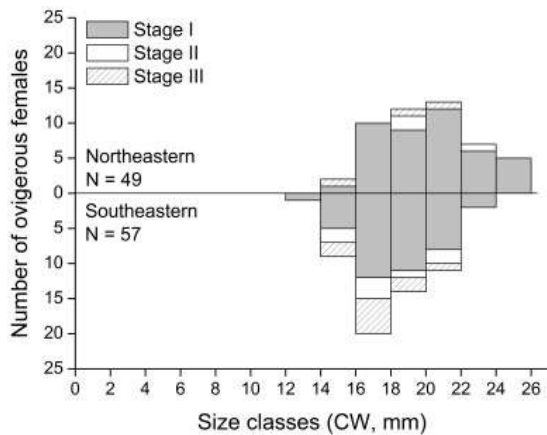


Figure 2. Frequency distribution by size class (CW, mm) of the ovigerous females of *Leptuca thayeri* collected in the northeastern (Pacoti River mangrove) and southeastern (Itapemirim River mangrove) Brazil. N: number of ovigerous females.

The average size of the ovigerous females varied significantly between the studied areas; however there was no difference between the seasons (Table 2). The local x season interaction showed variation in the size of ovigerous females between the two regions in the dry season (Table 2, Figure 3(a, b)).

Table 2. Summary tables for the ANOVAs (two factors) done separately for carapace width, relative fecundity, egg volume and reproductive output of ovigerous females of *Leptuca thayeri* collected in the northeastern (Pacoti River mangrove) and southeastern (Itapemirim River mangrove) Brazil. The significance level used for each test is indicated between parentheses.

	SS	DF	F-value	P
Carapace Width (0.05)				
Local	112.13	1	21.45	< 0.001*
Season	0.33	1	0.06	0.801
Local x Season	30.97	1	5.92	0.017*
Residuals	533.23	102		
Relative fecundity (0.05)				
Local	229944	1	5.30	0.025*
Season	315823	1	7.30	0.008*
Local x Season	62120	1	1.50	0.233
Residuals	3354249	78		
Egg volume (0.05)				
Local	0.0001	1	24.32	< 0.001*
Season	0.000003	1	0.50	0.490
Local x Season	0.00004	1	6.77	0.011*
Residuals	0.0004	78		
Reproductive Output (0.01)				
Local	0.004	1	4.187	0.044
Season	0.000	1	0.001	0.980
Local x Season	0.012	1	12.543	< 0.001*
Residuals	0.077	78		

SS: sum of squares; DF: degrees of freedom; F-value: statistic value; P: p value; * significant difference.

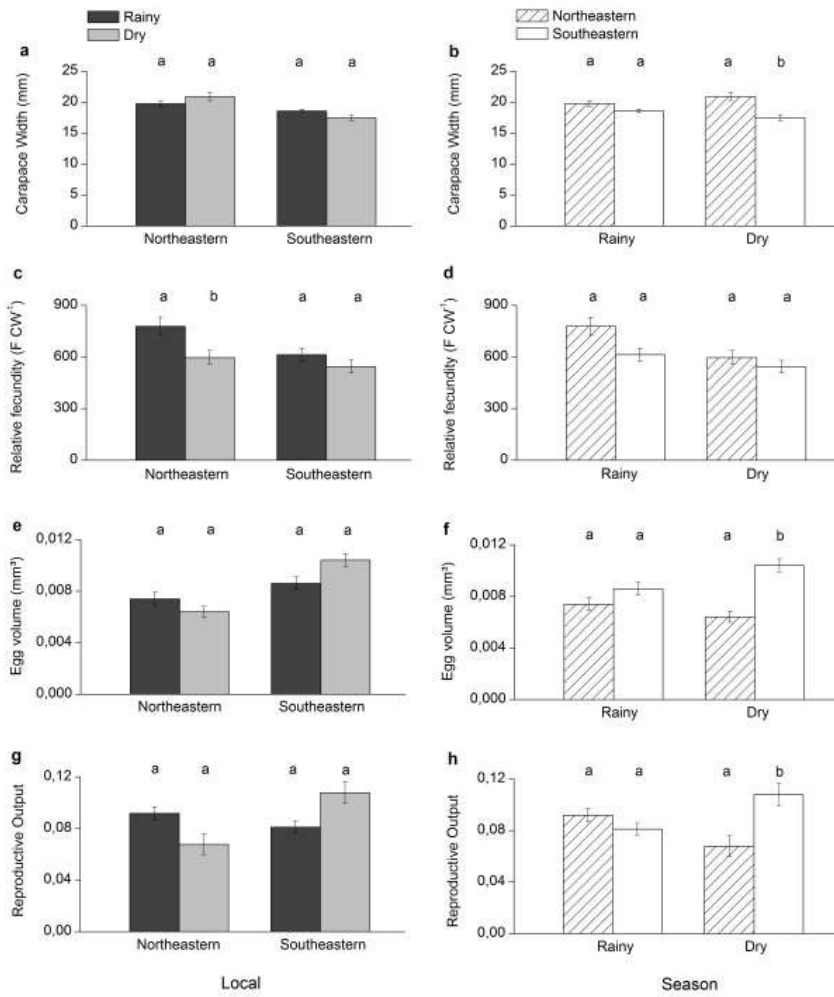


Figure 3. Comparisons of the carapace width (a,b), relative fecundity (c,d), egg volume (e,f) and reproductive output (g,h) (means \pm SE) between the regions and season for each location of ovigerous females of *Leptuca thayeri* collected in the northeastern (Pacoti River mangrove) and southeastern (Itapemirim River mangrove) Brazil. Only females in initial stage were included for the analysis of relative fecundity, egg volume and reproductive output. Significant differences between means are indicated with different letters.

The number of eggs of the females collected in the northeastern, varied from 2,180 (CW = 18.05 mm) to 31,410 (CW = 24.04 mm). The average number of eggs in the stage I was $14,645 \pm 6,004$ (n = 43) and decreased to $2,647 \pm 84$ (n = 3) in stage II and to $2,277 \pm 100$ (n = 3) in stage III (Table 3). Egg production increased significantly with the size of females in the two periods studied (Rainy season: $R^2 = 0.50$, $p < 0.05$; Dry season: $R^2 = 0.52$, $p < 0.05$) (Table 4, Figure 4(a, b)). The number of eggs of the larger females (24–26 mm CW; n = 5; $23,560 \pm 7,201$) was approximately 3.4 times higher than the smaller females (14–16 mm CW; n = 1; 2,240, 16–18 mm CW, n = 10; $11,615 \pm 4,823$) (Table 4).

In the southeastern, the number of eggs ranged from 650 (CW = 15.94 mm) to 20,830 (CW = 23.16 mm). The average number of eggs in the stage I was $10,599 \pm 4,038$ (n = 39) and decreased to $6,141 \pm 3,458$ (n = 8) in stage II and to $5,047 \pm 4,165$ (n = 10) in stage III (Table 3). Egg production increased significantly with the size of females in the two studied periods (Rainy season: $R^2 = 0.51$, $p < 0.05$; Dry season: $R^2 = 0.72$, $p < 0.05$) (Table 4, Figure 4(c, d)). The number of eggs of the larger females (22–24 mm CW, n = 2; $17,975 \pm 4,038$) was approximately 3.3 times higher than the smaller females (12–14 mm CW; n = 1; 5,350; 14–16 mm CW; n = 5; $5,582 \pm 2,482$) (Table 4).

Relative fecundity varied significantly between areas and seasons, but did not present significant local x season interaction (Table 2, Figure 3(c, d)). In the northeastern the average relative fecundity was 711 ± 251 eggs mm^{-1} CW (Rainy season = 779 ± 272 eggs mm^{-1} CW, Dry season = 597 ± 161 eggs mm^{-1} CW). In the southeastern the average was 571 ± 169 eggs mm^{-1} CW (Rainy season = 613 ± 151 eggs mm^{-1} CW, Dry season = 544 ± 178 eggs mm^{-1} CW).

Table 3. Fecundity and egg volume in the three stages of egg development of the ovigerous females of *Leptuca thayeri* collected in the northeastern (Pacoti River mangrove) and southeastern (Itapemirim River mangrove) Brazil.

Stage	Fecundity										Egg volume (mm ³)								
	N			Min		Max		Mean ± SD		Total Mean ± SD	Min		Max		Mean ± SD		Total Mean ± SD		
	Rainy	Dry	N Total	Rainy	Dry	Rainy	Dry	Rainy	Dry		Rainy	Dry	Rainy	Dry	Rainy	Dry			
Northeastern																			
Stage I	27	16	43	2240	5530	31410	24730	15820 ± 6582		12663 ± 4380	14645 ± 6004	0.0040	0.0044	0.0143	0.0112	0.0074 ± 0.0025		0.0064 ± 0.0018	0.0070 ± 0.0023
Stage II	3	0	3	2550	-	2700	-	2647 ± 84		-	2647 ± 84	0.0091	-	0.0098	-	0.0096 ± 0.0004		-	0.0096 ± 0.0004
Stage III	3	0	3	2180	-	2380	-	2277 ± 100		-	2277 ± 100	0.0076	-	0.0114	-	0.0101 ± 0.0021		-	0.0101 ± 0.0021
Southeastern																			
Stage I	15	24	39	5490	3090	17970	20830	11393 ± 3328		10104 ± 4420	10599 ± 4038	0.0057	0.0059	0.0129	0.0166	0.0086 ± 0.0019		0.0104 ± 0.0026	0.0097 ± 0.0025
Stage II	5	3	8	6350	1180	10200	2910	8484 ± 1483		2237 ± 927	6141 ± 3458	0.0110	0.0124	0.0136	0.0132	0.0124 ± 0.0012		0.0127 ± 0.0005	0.0125 ± 0.0010
Stage III	5	5	10	3920	650	12400	3770	8134 ± 3707		1960 ± 1208	5047 ± 4165	0.0083	0.0120	0.0166	0.0164	0.0137 ± 0.0034		0.0147 ± 0.0018	0.0142 ± 0.0026

N: number of ovigerous females; SD: standard deviation.

Table 4. Mean fecundity (number of eggs \pm SD; Stage I) and mean egg volume (mm^3) (egg volume \pm SD; Stage I) by size class of ovigerous females of *Leptuca thayeri* collected in the northeastern (Pacoti River mangrove) and southeastern (Itapemirim River mangrove) Brazil.

CW (mm)	N			Fecundity			Egg volume (mm^3)		
				Mean \pm SD		Total Mean \pm SD	Mean \pm SD		Total Mean \pm SD
	Rainy	Dry	N Total	Rainy	Dry		Rainy	Dry	
Northeastern									
12-14	0	0	0	-	-	-	-	-	-
14-16	1	0	1	2240	-	2240	0.0049	-	0.0049
16-18	8	2	10	12754 \pm 4672	7060 \pm 2164	11615 \pm 4823	0.0066 \pm 0.0010	0.0066 \pm 0.0005	0.0066 \pm 0.0009
18-20	5	4	9	14676 \pm 5078	11343 \pm 3387	13194 \pm 4503	0.0068 \pm 0.0018	0.0061 \pm 0.0010	0.0065 \pm 0.0015
20-22	7	5	12	16839 \pm 4042	11974 \pm 1668	14812 \pm 4025	0.0079 \pm 0.0038	0.0060 \pm 0.0014	0.0071 \pm 0.0031
22-24	3	3	6	17677 \pm 5603	14673 \pm 1467	16175 \pm 4015	0.0100 \pm 0.0023	0.0064 \pm 0.0023	0.0082 \pm 0.0029
24-26	3	2	5	26193 \pm 7176	19610 \pm 7241	23560 \pm 7201	0.0072 \pm 0.0019	0.0080 \pm 0.0045	0.0075 \pm 0.0027
Total	27	16	43	15820 \pm 6582	12663 \pm 4380	14645 \pm 6004	0.0074 \pm 0.0025	0.0064 \pm 0.0018	0.0070 \pm 0.0023
Southeastern									
12-14	0	1	1	-	5350	5350	-	0.0111	0.0111
14-16	1	4	5	8360	4888 \pm 2236	5582 \pm 2482	0.0096	0.0092 \pm 0.0027	0.0093 \pm 0.0024
16-18	4	8	12	8635 \pm 3171	8728 \pm 1834	8697 \pm 2210	0.0085 \pm 0.0030	0.0087 \pm 0.0019	0.0086 \pm 0.0022
18-20	7	4	11	11717 \pm 1763	10148 \pm 3192	11146 \pm 2356	0.0081 \pm 0.0017	0.0109 \pm 0.0022	0.0091 \pm 0.0022
20-22	3	5	8	15323 \pm 3122	14246 \pm 1383	14650 \pm 2047	0.0096 \pm 0.0008	0.0130 \pm 0.0024	0.0117 \pm 0.0026
22-24	0	2	2	-	17975 \pm 4038	17975 \pm 4038	-	0.0120 \pm 0.0016	0.0120 \pm 0.0016
24-26	0	0	0	-	-	-	-	-	-
Total	15	24	39	11393 \pm 3328	10104 \pm 44206	10599 \pm 4038	0.0086 \pm 0.0019	0.0104 \pm 0.0026	0.0097 \pm 0.0025

CW: carapace width; N: number of ovigerous females; SD: standard deviation.

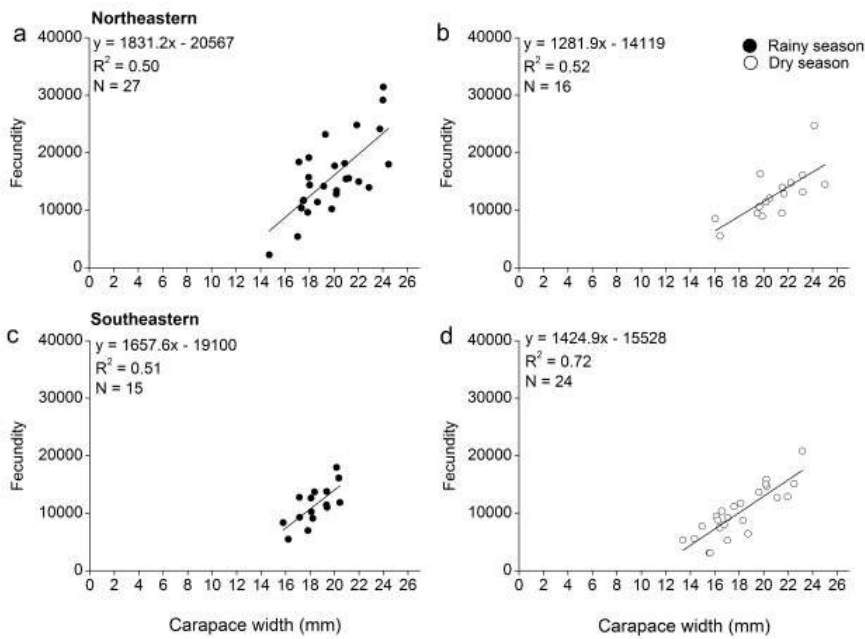


Figure 4. Relationship between the fecundity (number of eggs at the stage I) and the size of ovigerous females of *Leptuca thayeri* (CW, mm) collected during rainy (a) and dry (b) season in the northeastern (Pacoti River mangrove) and during rainy (c) and dry (d) season in the southeastern (Itapemirim River mangrove). R^2 : coefficient of determination; N: number of ovigerous females.

The average egg size increased during embryonic development (stage I to III) in the females of the two studied locations, being more pronounced in the southeastern (highest latitude) (Table 5). The average volume of eggs in the northeastern increased from $0.0070 \pm 0.0023 \text{ mm}^3$ (stage I) to $0.0096 \pm 0.0004 \text{ mm}^3$ (stage II) and $0.0101 \pm 0.0021 \text{ mm}^3$ (stage III), showing a significant increase of 43.76% between stages I and III (F-value = 4.35, $p < 0.05$; Tukey's *a posteriori* test, $p < 0.05$) (Table 3 and 5). Egg volume did not vary significantly between stages in the rainy season (F-value = 2.80, $p > 0.05$) (Table 3 and 5).

The egg volume in the southeastern increased from $0.0097 \pm 0.0025 \text{ mm}^3$ (stage I) to $0.0125 \pm 0.0010 \text{ mm}^3$ (stage II) and $0.0142 \pm 0.0026 \text{ mm}^3$ (stage III), increasing 45.96% of its volume during embryonic development. The significant changes in egg volume were observed between stages I and II and between I and III (F-value = 16.09, $p < 0.05$; Tukey's *a posteriori* test, $p < 0.05$) (Table 3 and 5). Comparing the rainy season (F = 13.30, $p < 0.05$; Tukey's *a posteriori* test, $p < 0.05$) and dry season (F = 6.80, $p < 0.05$; Tukey's *a posteriori* test, $p < 0.05$), the highest increase was observed in the rainy season (Table 3 and 5).

Table 5. Egg loss numbers and increase in egg volume (mm^3) during the incubation period (stages I to III) of the ovigerous females of *Leptuca thayeri* collected in the northeastern (Pacoti River mangrove) and southeastern (Itapemirim River mangrove) Brazil.

Local	Stage	Loss of eggs (%)			Egg volume increase (%)		
		Rainy	Dry	% Total	Rainy	Dry	% Total
Northeastern	I - II	83,27*	-	81,93*	29,75	-	36,27
	II - III	13,98	-	13,98	5,50	-	5,50
	I - III	85,61*	-	84,45*	36,89	-	43,76*
Southeastern	I - II	25,53	77,86*	42,06*	43,93*	21,68	28,51*
	II - III	4,13	12,37	17,82	10,92	15,51	13,58
	I - III	28,60	80,60*	52,38*	59,64*	40,56*	45,96*

I: Stage I; II: Stage II; III: Stage III; * significant difference: $p < 0.05$.

Considering eggs in the stage I, the eggs produced by females in the northeastern were significantly smaller ($0.0070 \pm 0.0023 \text{ mm}^3$) than the southeastern ($0.0097 \pm 0.0025 \text{ mm}^3$) (Table 2 and 3). The egg volume was not influenced by the factor season, but the local x season interaction was significant, with larger eggs in the dry season in the southeastern than in the northeastern (Table 2, Figure 3(e, f)).

The loss of eggs during embryonic development (stage I to III) was detected in the females of the two studied locations, being more pronounced in the northeastern (Table 5). During the incubation period, females of the northeastern lost about 84.45% of the embryos produced initially. Egg loss was higher and statistically significant between stages I and II (81.93%) and I and III (84.45%) (F = 11.90, $p < 0.01$; Tukey's *a posteriori* test, $p < 0.01$) (Table 3 and 5). Egg loss varied significantly between stages in the rainy season (F-value = 11.66, $p < 0.05$; Tukey's *a posteriori* test, $p < 0.05$) (Table 3 and 5).

In the southeastern, females lost on average 52.38% of the embryos initially produced during egg development. The percentage of loss was statistically significant between stages I and II (42.06%) and I and III (52.38%) ($F = 10.10$, $p < 0.05$; Tukey's *a posteriori* test, $p < 0.05$). Comparing the rainy season ($F = 2.90$, $p > 0.05$) and dry season ($F = 20.01$, $p < 0.05$; Tukey's *a posteriori* test, $p < 0.05$), a greater loss is observed in the dry season (Table 3 and 5).

Reproductive Output - RO

The average reproductive output in the northeastern was 0.083 ± 0.031 (rainy season = 0.092 ± 0.027 , dry season = 0.068 ± 0.032) and 0.098 ± 0.036 in the southeastern (rainy season = 0.081 ± 0.018 , dry season = 0.108 ± 0.041). This index did not differ significantly between the studied areas (Table 2). The egg mass comprised an average of 7.28% and 8.60% of the dry weight of the females in their respective areas.

The RO showing no significant difference between seasons, but local x season interaction was significant (Table 2, Figure 3(g, h)). Females invest significantly more in reproduction in the dry season in the southeastern than in the northeastern (Figure 3(h)).

Discussion

The reproductive characteristics related to egg production play an important role in the evolution of life strategies, since egg production is a process that requires a great amount of energy in decapod crustaceans. The number of eggs produced is species-specific and may vary widely according to latitude, environmental conditions, food availability, stage of embryonic development of the egg, female size (Hines 1982; Sastry 1983; Thurman 1985; Clarke et al. 1991; Gardner 1997; Mantelatto and Fransozo 1997; Henmi 2003; Colpo and López-Greco 2017). The female size influences the physical space available for egg mass in the pleon and cephalothorax (which influences ovarian development), both of which are limiting factors for egg production in decapods (Bauer 1991; Corey and Reid 1991).

The largest ovigerous females of *Leptuca thayeri* were recorded in the northeastern (lowest latitude) and the lowest in the southeastern (highest latitude). In this way, ovigerous females of the northeastern produced more eggs. Other studies have also reported an increase in the number of eggs according to carapace size (Mantelatto and Fransozo 1997; Costa et al. 2006; Bezerra and Matthews-Cascon 2007; Farias et al.

2014; Gonz ales-Pisani and López-Greco 2014). The difference in females size between two regions may be due to factors influencing growth, such as temperature (Kinne 1970) and food availability (Harrison 1990), which are different at each location.

Table 6 shows the average fecundity in mangroves of different latitudes of the Brazilian coast. The estimated fecundity for *L. thayeri* in the two regions of the present study is almost three times lower than the estimated average for the region of greater latitude (Ubatuba - SP). The lowest fecundity for species was recorded in Pernambuco - PE. The differences observed in the reproductive potential of the *L. thayeri* population in these studies suggest a phenotypic plasticity, possibly due to the adaptive strategy of latitudinal variation.

Table 6. Carapace width (CW, mm) and fecundity of ovigerous females of *Leptuca thayeri* at the initial stage (Stage I) in different latitudes on the coast of Brazil.

Reference	Local	Latitude	CW (mm)			Fecundity		
			Min	Max	Mean \pm SD	Min	Max	Mean \pm SD
Costa et al. (2006)	Ubatuba - SP	23° 29'S	12.7	25.5	-	-	-	31068 \pm 11186
Present study	Marataizes - ES	20°59'48,5"S	13.4	23.16	18.15 \pm 2.24	3090	20830	10599.49 \pm 4038.40
Farias et al. (2014)	Pernambuco - PE	8°41'00,68"S	9.71	23.7	16.2 \pm 2.2	1400	23850	8859 \pm 4607
Present study	Eusébio - CE	3°49'3"S	14.71	25.0	20.25 \pm 2.54	2240	31410	14644.88 \pm 6004
Bezerra e Matthews-Cascon (2007)	Aquiraz - CE	3°43'02"S	-	-	22.08 \pm 2.35	19120	25012	-

In relation to egg volume, the increase in egg size during embryogenic development is common in crustaceans, and has been reported for several species of decapods (Lardies and Wehrtmann 1996, 1997; Wehrtmann and Kattner 1998; Pavanelli et al. 2008; Wehrtmann et al. 2012; Ribeiro 2013). In addition to the increase in their volume, during the incubation period the eggs also changed shape, ranging from almost spherical to ellipsoid. This change in egg shape was observed by Pavanelli et al. (2008) in *Alpheus armilatus* (Alpheidae).

In general, recently extruded decapod eggs are spherical (Yamaguchi 2001; García-Guerrero and Hendrickx 2004), and become ellipsoidal by the end of development. Benthic decapod eggs that release planktonic larvae increase their initial water content by approximately 50–60% to approximately 70–80% at the end of the incubation period (Pandian 1970). During the final stage of development, eggs absorb water faster due to a change in membrane permeability, regulating osmotic pressure and

facilitating membrane rupture during hatching (Pandian 1970; Hernández and Palma 2003).

The relation between the egg volume and latitude showed that the larger eggs are found in higher latitudes. This increase in volume may be an adaptation to the protection of embryos against the decrease in temperature. The yolk directs the energy supply to the embryos in case there are long periods of incubation (Thorson 1950). The dry season in the southeastern corresponds to the time when the lowest temperatures are recorded. This was the period during which the highest egg volume averages were recorded.

In general, species of lower latitudes were less fertile than species of higher latitudes (Levin and Bridges 1995). This statement was not applied in the comparison of females' fecundity in the two studied locations. What happens is the inverse relationship between fecundity and egg volume; if the same amount of energy is invested in egg production at all latitudes, the theory predicts that a female can produce a large quantity of small eggs or a smaller amount of large eggs (Christiansen and Fenchel 1979). This trade-off has also been reported for alpheid shrimps in Chile (Lardies and Wehrtmann 2001).

One of the causes of the loss of eggs in decapod crustaceans is justified by the increase in egg volume during embryonic development, generating a physical restriction of space (Corey and Reid 1991; Lardies and Wehrtmann 1997). The relatively lower egg loss in southeastern compared to northeastern may be a reproductive strategy to compensate for the lower fecundity recorded for females in this region or because they produce eggs richer in yolk. These reproductive strategies are related to different selective pressures acting on these populations (Cody 1966).

The dry mass of the egg mass obtained in this study (7.28% and 8.60%) is within the values recorded for other brachyuran crabs, which corresponds on average 10% of the female's weight, ranging from 3 to 22% (Hines 1982, 1988, 1991, 1992). The total biomass invested in egg production has great variation within marine invertebrate populations, reflecting the species' adaptive characteristics in relation to environmental conditions (Thorson 1950; Sastry 1983; Clarke 1993). The reproductive output obtained in the present study was the same in the two studied locations; the females of *L. thayeri* invested the same amount of biomass (dry weight) into egg production, even though they were separated by about 17 degrees of latitude.

Even though they are in different biomes on the Brazilian coast (Thurman et al. 2013) and separated by 2000 km, both areas are in the same biogeographic zone (Boschi 2000) and it has been demonstrated that both populations have gene flow between them (Buranelli 2016). On the other side, the highest RO value in the dry season in the southeastern area (0.108 ± 0.041) may have increased the total average, meaning that there was no statistical difference between the studied areas.

Most of contributions on reproduction reports an intraspecific reduction of reproductive output with increased latitude (Clarke 1987; Clarke et al. 1991; Clarke and Gore 1992; Lardies and Wehrtmann 1997; Wehrtmann et al. 2012). Lardies and Wehrtmann (2001), López-Greco and Rodríguez (2004) when comparing RO with the study by Luppi et al. (1997) for the same species and Ribeiro (2013) observed an increase in reproductive output with increasing latitude. According to the latter author, the greater reproductive output of the hermit crabs in subtropical populations suggests that individuals located in the lower latitudes, where they are subjected to high temperatures, utilize a greater amount of energy for a fast growth, and allocate less energy for reproduction, thus generating a conflicting demand (trade-off) between growth and reproduction (Diaz 1980).

According to Sastry (1983), the production of gametes and the size of egg mass are positively correlated with the quantity of food available. A study with *L. thayeri* in the Brazilian northeastern showed the occurrence of ovigerous females only in the rainy season, suggesting that the reproduction of this species is closely associated with this season in this region (Bezerra and Matthews-Cascon 2007). This period is also when the largest discharges occur in the rivers, evidencing a relationship between the increase of nutrient availability and the success of the development of the planktotrophic larvae (Christy and Morgan 1998).

Another study demonstrated that reproduction of *L. thayeri* in a subtropical mangrove (southeastern Brazil) is seasonal (Costa and Negreiros-Fransozo 2003), with a more pronounced reproductive intensity in the hottest months of the year, consequently more rainy, attributed to the greater availability of food resources during the months.

The reproductive output observed in the present study in the southeastern was higher in the dry season. The two studied regions have heavily marked rainy and dry periods, but the southeast region also shows a temperature variation during these periods. As already mentioned, the increase in egg volume may be an adaptation to the

protection of embryos against the decrease of temperature (Thorson 1950), consequently, the larger eggs present larger mass.

Taking into account that this is the first report on the latitudinal and seasonal differences of the mechanisms of egg production of *L. thayeri*, we conclude that reproductive strategies may vary at different times in response to local adaptation. This may explain the broad geographic distribution of this species and its ability to adapt to environmental conditions that vary between regions.

Acknowledgements

This study was completed by P.S.G in order to partially fulfill the requirements for a PhD degree in Tropical Marine Science at the Federal University of Ceará. The authors thank CAPES (“Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior”) for providing a PhD Grant to P.S.G. Special thanks to lab friends for their assistance during fieldwork. All sampling in this study was conducted in compliance with current applicable state and federal laws (ICMBio 52067-1).

References

- Albino J. 1999. Morfodinâmica e processo de sedimentação atual das praias de Bicanga à Povoação, ES [dissertation]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo.
- Araújo MSLC, Coelho PA, Castiglioni DS. 2012. Relative growth and determination of morphological sexual maturity of the fiddler crab *Uca thayeri* Rathbun (Crustacea, Ocypodidae) in two mangrove areas from Brazilian tropical coast. *PanamJas.* 7:156–170.
- Bauer RT. 1991. Analysis of embryo production in a caridean shrimp guild from a tropical seagrass meadow. In: Wenner A, Kuris K, editors. *Crustacean Egg Production. Crustacean Issues 7*. Rotterdam: A. A. Balkema; p. 181–191.
- Bezerra LEA, Dias CB, Santana GX, Matthews-Cascon H. 2006. Spacial distribution of fiddler crabs (genus *Uca*) in a tropical mangrove of northeast Brazil. *Sci Mar.* 70:759–766.

- Bezerra LEA, Matthews-Cascon H. 2007. Population and reproductive biology of the fiddler crab *Uca thayeri* Rathbun, 1900 (Crustacea: Ocypodidae) in a tropical mangrove from northeast Brazil. *Acta Oecol.* 31:251–258.
- Bezerra LEA. 2012. The fiddler crabs (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae: genus *Uca*) of the South Atlantic Ocean. *Nauplius.* 20:203–246.
- Booolootian RA, Giese AC, Farmanfarman A, Tucker J. 1959. Reproductive cycles of five west coast crabs. *Physiol Zool.* 32:213–220.
- Boschi EE. 2000. Species of decapod crustaceans and their distribution in the American marine zoogeographic provinces. *Rev Invest Desarr Pesq.* 13:7–136.
- Briggs JC. 1974. Marine zoogeography. New York: McGraw-Hill.
- Buranelli RC. 2016. Variabilidade populacional em manguezais: análises moleculares e morfológicas em caranguejos Brachyura (Crustacea: Decapoda) [dissertation]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo.
- Clarke A 1987. Temperature, latitude and reproductive output. *Mar Ecol Prog Ser.* 38:89–99.
- Clarke A. 1993. Reproductive trade-offs in caridean shrimps. *Funct Ecol.* 7:411–419.
- Clarke A, Gore DJ. 1992. Egg size and composition in *Ceratoserolis* (Crustacea: Isopoda) from the Weddell Sea. *Pol Biol.* 12:129–134.
- Clarke A, Hopkins C, Nilssen M. 1991. Egg size and reproductive output in the deepwater prawn *Pandalus borealis* Krøyer, 1838. *Funct Ecol.* 5:724–730.
- Christiansen FB, Fenchel TM. 1979. Evolution of marine invertebrate reproductive patterns. *Theor Popul Biol.* 16:267–282.

Christy JH, Morgan SG. 1998. Estuarine immigration by crab postlarvae: mechanisms, reliability and adaptive significance. *Mar Ecol Prog Ser.* 74:51–65.

Cody ML. 1966. A general theory of clutch size. *Evolution.* 20:174–84

Coelho PA, Almeida AO, Bezerra LEA. 2008. Checklist of the Marine and Estuarine Brachyura (Crustacea: Decapoda) of Northern and Northeastern Brazil. *Zootaxa.* 1956:1–58.

Colpo KD, López-Greco LS. 2017. Temperature influences the reproduction of fiddler crabs at the southern edge of their distribution. *Invertebr Biol.* 136:171–183.

Corey S, Reid DM. 1991. Comparative fecundity of decapod crustaceans. I. The fecundity of thirty-three species of nine families of caridean shrimp. *Crustaceana.* 60:270–294.

Costa TM, Negreiros-Fransozo ML. 2001. Morphological adaptation of the second maxilliped in semiterrestrial crabs of the genus *Uca* Leach, 1814 (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) from a subtropical Brazilian mangrove. *Nauplius.* 9:123–131.

Costa TM, Negreiros-Fransozo ML. 2003. Population Biology of *Uca thayeri* Rathbun, 1900 (Brachyura, Ocypodidae) in a subtropical south american mangrove area: results from transect and catch-per-unit-effort techniques. *Crustaceana.* 75:1201–1218.

Costa TM, Silva SMJ, Negreiros-Fransozo ML. 2006. Reproductive pattern comparison of *Uca thayeri* Rathbun, 1900 and *U. uruguayensis* Nobili, 1901 (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae). *Braz Arch Biol Technol.* 49:117–123.

Diaz H. 1980. The mole crab *Emerita talpoida* (Say): a case of changing life history pattern. *Ecol Monogr.* 50:437–456.

Farias ACA, Castiglioni DS, Garcia JE. 2014. Population structure of the fiddler crab *Uca thayeri* Rathbun, 1900 (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) in a tropical mangrove. *Thalassas.* 30:21–37.

- Fox J, Weisberg S. 2011. An {R} Companion to Applied Regression, Second Edition, Thousand Oaks CA, Sage. URL: <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/~jfox/Books/Companion>.
- Freire GSS. 1989. Etude hydrologique et sedimentologique de l'estuarie du Rio Pacoti (Fortaleza - Ceará - Brésil)[dissertation]. Nantes (FR): Université de Nantes.
- Funceme: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. 2019. [accessed 2019 Marc 07]. <http://www.funceme.br/>.
- García-Guerrero M, Hendrickx ME. 2004. Embryology of decapod crustaceans I. Embryonic development of the mangrove crabs *Goniopsis pulchra* and *Aratus pisonii* (Decapoda: Brachyura). *J Crust Biol.* 24:666–672.
- Gardner C. 1997. Effect of size on reproductive output of giant crabs *Pseudocarcinus gigas* (Lamarck): Oziidae. *Mar Freshw Res.* 48:581–587.
- González-Pisani X, López-Greco L. 2014. Comparative reproductive effort and fecundity in the spider crabs, *Leurocyclus tuberculatus* and *Libinia spinosa* (Majoidea, Brachyura). *Zool Sci.* 31:244–250.
- Hadfield MG, Strathmann MF. 1996. Variability, flexibility and plasticity in life histories of marine invertebrates. *Oceanol Acta.* 19:189–475.
- Harrison KE. 1990. The role of nutrition in maturation reproduction and embryonic development of decapod crustaceans: a review. *Jour Shelf Res.* 9:1–28.
- Henmi Y. 2003. Trade-off between brood size and brood interval and the evolution of underground incubation in three fiddler crab (*Uca perplexa*, *U. vocans*, *U. dussumieri*). *J Crust Biol.* 23:46–54.
- Hernández P, Palma S. 2003. Fecundidad, volumen del huevo y rendimiento reproductivo de cinco especies de porcelánidos intermareales del norte de Chile (Decapoda, Porcellanidae). *Invest Mar.* 31:35–46.

Hines AH. 1982. Allometric constraints and variables of reproductive effort in brachyuran crabs. *Mar Biol.* 69:309–320.

Hines AH. 1988. Fecundity and reproductive output in two species of deep-sea crabs, *Geryon fenteri* and *G. quinquedens* (Decapoda, Brachyura). *J Crust Biol.* 8:557–562.

Hines AH. 1991. Fecundity and reproductive output in nine species of Cancer crabs (Crustacea, Brachyura, Cancridae). *Can J Fish Aquat Sci.* 48:267–275.

Hines AH. 1992. Constraint on reproductive output in brachyuran crabs: pinnotherids test the rule. *Am Zool.* 32:503–511.

Instituto Nacional de Meteorologia. 1909–2019. [accessed 2017 Nov 22].
<http://www.inmet.gov.br/>.

Jones MB, Simons MJ. 1983. Latitudinal variation in reproductive characteristics of a mud crab, *Helice crassa* (Grapsidae). *Bull Mar Sci.* 33:656–670.

Kinne O. 1970. Temperature, animals, invertebrates. In: Kinne O, editor. *Environmental factors. Marine ecology.* Vol.1. London: Wiley-Interscience; p. 407–514.

Lardies MA, Medina MH, Correa JA. 2008. Intraspecific biogeographic pattern breakage in the snapping shrimp *Betaeus emarginatus* caused by coastal copper mine tailings. *Mar Ecol Prog Ser.* 358:203–210.

Lardies MA, Wehrmann IS. 1996. Aspects of the reproductive biology of *Petrolisthes laevigatus* (Guérin, 1835) (Decapoda: Anomura: Porcellanidae). Part I. Reproductive output and chemical composition of eggs during embryonic development. *Arch Fish Mar Res.* 43:121–135.

Lardies MA, Wehrmann IS. 1997. Egg production in *Betaeus emarginatus* (H. Milne Edwards, 1837) (Decapoda: Alpheidae): fecundity, reproductive output and chemical composition of eggs. *Ophelia.* 46:165–174.

- Lardies MA, Wehrmann IS. 2001. Latitudinal variation in the reproductive biology of *Betaeus truncatus* (Decapoda: Alpheidae) along the Chilean coast. *Ophelia*. 55:55–67.
- Litulo C. 2004. Fecundity of the Pantropical fiddler crab *Uca annulipes* (H. Milne Edwards, 1837) (Brachyura: Ocypodidae) at Costa do Sol mangrove, Maputo Bay, southern Mozambique. *Western Indian Ocean J Mar Sci*. 3:87–91.
- Levin LA, Bridges TS. 1995. Pattern and diversity in reproduction and development. In: McEdward L, editor. *Ecology of Marine Invertebrate Larvae*. New York: CRC Press; p. 1–48.
- Mantelatto FL, Fransozo A. 1997. Fecundity of the crab *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (Decapoda, Brachyura, Portunidae) from the Ubatuba region, São Paulo, Brazil. *Crustaceana*. 70:214–226.
- Mantelatto FL, Garcia RB. 1999. Reproductive potential of the hermit crab *Calcinus tibicen* (Anomura) from Ubatuba, São Paulo, Brazil. *J Crust Biol*. 19:268–275.
- Mello CR, Viola MR, Curi N, Silva AM. 2012. Distribuição espacial da precipitação e da erosividade da chuva mensal e anual no estado do Espírito Santo. *Rev Bras Ciênc Solo*. 36:1878–1891.
- Negreiros-Fransozo ML, Colpo KD, Costa TM. 2003. Allometric growth in the fiddler crab *Uca thayeri* (Rathbun, 1900) (Brachyura, Ocypodidae) from a subtropical mangrove. *J Crust Biol*. 23:273–279.
- Pandian TJ. 1970. Ecophysiological studies on the developing eggs and embryos of the European lobster *Homarus gammarus*. *Mar Biol*. 5:154–167.
- Pavanelli CAM, Mossolin EC, Mantelatto FL. 2008. Reproductive strategy of the snapping shrimp *Alpheus armillatus* H. Milne-Edwards, 1837 in the South Atlantic: fecundity, egg features, and reproductive output. *Invertebr Reprod Dev*. 52:123–130.

Quinn G P, Keough MJ. 2002. Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge: Cambridge University Press.

R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Ribeiro FB. 2013. Ecologia e biologia reprodutiva de duas espécies de caranguejos-ermitões (Decapoda: Anomura: Diogenidae): uma abordagem latitudinal [master's thesis]. Fortaleza (CE): Universidade Federal do Ceará.

Salmon M. 1987. On the reproductive behavior of the fiddler crab *Uca thayeri*, with comparisons to *U. pugnator* and *U. vocans*: evidence for behavioral convergence. J Crust Biol. 7:25–44.

Sastry AN. 1983. Ecological aspects of reproduction. In: Vernberg FJ, Vernberg WB editors. Biology of Crustacea. Environmental Adaptations. Vol. 8. New York: Academic Press; p. 179–270.

Shapiro SS, Wilk MB. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika. 52:591–611.

Shih HT, Ng PKL, Davie PJF, Schubart CD, Türkay M, Naderloo R, Jones D, Liu MY. 2016. Systematics of the family Ocypodidae Rafinesque, 1815 (Crustacea: Brachyura), based on phylogenetic relationships, with a reorganization of subfamily rankings and a review of the taxonomic status of *Uca* Leach, 1814, *sensu lato* and its subgenera. Raffles Bull Zool. 64:139–175.

Thorson G. 1950. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. Biol Rev Camb Philos Soc. 25:1–45.

Thurman CL. 1985. Reproductive biology and population structure of the fiddler crab *Uca subcylindrica* (Stimpson). Biol Bull. 169:215–229.

Thurman CL. 1987. Fiddler crabs (genus *Uca*) of eastern Mexico (Decapoda, Brachyura, Ocypodidae). *Crustaceana*. 53:94–105.

Thurman CL, Faria SC, McNamara JC. 2013. The distribution of fiddler crabs (*Uca*) along the coast of Brazil: implications for biogeography of the western Atlantic Ocean. *Mar Biodivers Rec*. 6:1–21.

Tinkle DW, Hadley NF. 1975. Lizard reproductive effort; caloric estimates and comments on its evolution. *Ecology*. 56: 427–434.

Turner RL, Lawrence JM. 1979. Volume and composition of echinoderm eggs: implications for the use of egg size in life-history models. In: Stancyk WE, editor. *Reproductive ecology of marine invertebrates*. Library Marine Science. Vol. 9. Columbia: University South Carolina Press; p. 25–40.

Underwood AJ. 1997. *Experiments in ecology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Wehrtmann IS, Kattner G. 1998. Changes in volume, biomass, and fatty acids of developing eggs in *Nauticariss magellanica* (Decapoda: Caridea): a latitudinal comparison. *J Crust Biol*. 18:413–422.

Wehrtmann IS, Miranda I, Lizana-Moreno CA, Hernández P, Barrantes-Echandi V, Mantelatto FL. 2012. Reproductive plasticity in *Petrolisthes armatus* (Anomura, Porcellanidae): a comparison between a Pacific and an Atlantic population. *Helgol Mar Res*. 66:87–96.

Yamaguchi T. 2001. Incubation of eggs and embryonic development of the fiddler crab *Uca lactea* (Decapoda, Brachyura, Ocypodidae). *Crustaceana*. 74:449–458.

Zar JH. 2010. *Biostatistical analysis*. New Jersey: Prentice Hall.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os manguezais são importantes ecossistemas costeiros que, atualmente, se encontram ameaçados pelos mais diversos tipos de atividades antrópicas, como a expansão urbana, portuária, turística e industrial. Esses ecossistemas apresentam grande importância ambiental e socioeconômica e podem render múltiplos serviços à sociedade se forem adequadamente gerenciados. Entretanto, para que isso ocorra, é necessário mais conhecimento sobre os fatores ambientais que os influenciam, e suas relações com a biota local.

Neste trabalho, as análises populacionais dos caranguejos chama-marés, além de trazer mais conhecimento sobre a vida desses organismos no ecossistema manguezal, mostra a importância de métodos de amostragens adequados para respostas da estrutura populacional.

Vale ressaltar que o manguezal do Rio Pacoti, no nordeste do Brasil, apresenta características específicas por ser um ambiente hipersalino e antropizado, que recebe aporte arenoso de dunas e sofre influência do clima semiárido. Entretanto, apesar dessas condições, as espécies estudadas demonstraram-se adaptadas às condições locais, por exemplo, a atividade reprodutiva foi fortemente associada ao regime pluviométrico da região. Esses resultados reforçam a importância desse tipo de estudo, sobre como as espécies se comportam com as diferentes amplitudes das condições ambientais.

Em uma escala maior, a fecundidade comparada latitudinalmente, também trouxe resultados que demonstram uma plasticidade dos organismos em relação as características reprodutivas, onde a variabilidade observada provavelmente está relacionada às condições ambientais de cada local.