

EMANUELL FELIPE BESERRA DA SILVA

**DINÂMICA POPULACIONAL DOS CAMARÕES *Farfantepenaeus subtilis* E
Litopenaeus schimitti (DECAPODA, PENAEIDAE) NO LITORAL SUL DE
PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL**

**RECIFE,
2014**



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

**DINÂMICA POPULACIONAL DOS CAMARÕES *Farfantepenaeus subtilis* E
Litopenaeus schimitti (DECAPODA, PENAEIDAE) NO LITORAL SUL DE
PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL**

Emanuell Felipe Beserra da Silva

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Silvio Ricardo Maurano Peixoto
Orientador

Profa. Dra. Flávia Lucena Frédou
Co-orientadora

Recife,
Fevereiro/2014

Ficha Catalográfica

S586d Silva, Emanuell Felipe Beserra da
Dinâmica populacional dos camarões *Farfantepenaeus subtilis* e *Litopenaeus schimitti* (DECAPODA, PENAEIDAE) no litoral sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil / Emanuell Felipe Beserra da Silva. -- Recife, 2014.

194 f.: il.

Orientador (a): Silvio Ricardo Maurano Peixoto.
Tese (Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Recife, 2014.

Referências.

1. Reprodução animal 2. Sustentabilidade 3. Camarão
Peixoto, Silvio Ricardo Maurano, orientador II. Título

CDD 639.3

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

**DINÂMICA POPULACIONAL DOS CAMARÕES *Farfantepenaeus subtilis* E
Litopenaeus schimitti (DECAPODA, PENAEIDAE) NO LITORAL SUL DE
PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL**

Emanuel Felipe Beserra da Silva

Tese julgada adequada para obtenção do título de Doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Defendida e aprovada em 14/02/2014 pela seguinte Banca Examinadora.

Prof. Dr. Silvio Ricardo Maurano Peixoto

(Orientador)

[Departamento de Pesca e Aquicultura]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Profa. Dra. Roberta Borda Soares

[Departamento de Pesca e Aquicultura]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Prof. Dra. Rosângela Paula Teixeira Lessa

[Departamento de Pesca e Aquicultura]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Profa. Dra. Renata Akemi Shinozaki Mendes

[Unidade Acadêmica de Serra Talhada]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Prof. Dr. Fernando D’Incao

[Instituto de Oceanografia]

[Universidade Federal do Rio Grande]

Prof. Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira

[Departamento de Pesca e Aquicultura]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Prof. Dr. Humber Agrelli Andrade

[Departamento de Pesca e Aquicultura]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Dedicatória

Aos meus pais, Maria Iêda Beserra da Silva (*in memoriam*) e Manoel Luiz da Silva, dos quais tenho o maior orgulho de ser filho. Obrigado por tudo pai, eu não chegaria até aqui sem o seu apoio.

À minha irmã, Emanuella Fernanda, que apesar da distância, sei o quanto torce por mim.

Às minhas tias (mães), Margarida Luiz da Silva, Sueli dos Santos Mattos, Josefa Luiz da Silva e Sebastiana Luiz da Silva. Sem vocês, nada disso faria sentido. Obrigado simplesmente por existirem!

À minha noiva Morgana Moraes, por todo apoio e compreensão. Obrigado pela torcida e principalmente pelas palavras de incentivo, você foi essencial nessa caminhada.

Agradecimentos

- ✓ À Deus, por guiar meus passos e por me proporcionar mais essa vitória;
- ✓ À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, em especial ao prof. Paulo Travassos (coordenador) e Selma Santiago (secretária) pela enorme atenção e carinho;
- ✓ Aos professores do programa de pós-graduação que contribuíram na minha formação;
- ✓ Ao estimado orientador Prof. Dr. Silvio Peixoto, pela amizade, presteza, sabedoria e competência na orientação deste trabalho. Obrigado por todas as oportunidades que me foram dadas e pelos ensinamentos que serão eternos;
- ✓ À minha co-orientadora Profa. Dra. Flávia Fredóu, pela paciência em me apresentar esse “novo” universo da dinâmica populacional, sempre com muita dedicação e acima de tudo, me incentivando a cada conquista. Serei eternamente grato;
- ✓ À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado;
- ✓ Ao Professor Dr. Joaquim Evêncio e a técnica Edna Maria, pelos ensinamentos sobre as técnicas histológicas;
- ✓ A Professora Dra. Madalena Guerra e aos colegas Dr. André Mariano e Dra. Sildivane Valcácia, pelo apoio no Laboratório de Andrologia;
- ✓ Aos grandes amigos e companheiros de trabalho Nathalia Calazans, Leandro Nolé e Thaís Chaves pela total dedicação e competência na execução deste trabalho;
- ✓ A todos do Laboratório BIOIMPACT, pela dedicação e apoio durante os embarques;
- ✓ Aos pescadores Romero, Dedéu e Arlindo, por toda ajuda durante as coletas;
- ✓ À minha família do Laboratório de Tecnologia em Aquicultura, principalmente Joana Vogeley, Bruna Cáritas, Roberta Nery, Camila Brito, Marcelo Soares, Juliana Aguiar, Thaís Chaves e Nathalia Calazans, por todos os momentos vividos;
- ✓ Aos amigos de turma José Cláudio, Dijaci Araújo, Tatiane do Nascimento, João Paulo, Suzianny Cabral e Thales Ramon, pelos momentos de estudo e descontração;
- ✓ A todos da Estação Marinha de Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande, em especial ao professor Dr. Wilson Wasielesky, pelo apoio durante o estágio;
- ✓ À Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, pelo apoio durante o doutorado;
- ✓ Ao grande amigo Phelps (*in memoriam*), que apesar de não ter seguido comigo até o final, foi essencial nessa caminhada. Valeu Phelps.

Resumo

O presente estudo descreve a dinâmica populacional dos camarões *Farfantepenaeus subtilis* e *Litopenaeus schimitti* enfocando a estrutura da população, crescimento, mortalidade, rendimento máximo por recruta e reprodução dessas espécies no litoral sul de Pernambuco, nordeste do Brasil. Um total de 1.246 espécimes de *F. subtilis* (545 machos e 701 fêmeas) e 1.169 de *L. schimitti* (491 machos e 678 fêmeas) foram capturados mensalmente de agosto de 2011 a julho de 2012. Essas espécies apresentaram crescimento alométrico negativo e as fêmeas foram maiores que os machos, dominando nas maiores classes de comprimento. Estimativas dos parâmetros da curva de crescimento de von Bertalanffy resultaram em L_{∞} de 19,0 a 19,74 cm e k de 0,90 a 1,06 ano⁻¹ para machos, e L_{∞} de 21,0 a 21,64 cm e k de 1,0 a 1,10 ano⁻¹ para fêmeas de *F. subtilis*. *L. schimitti* apresentou L_{∞} de 16,48 a 16,68 cm e k de 1,40 a 1,59 ano⁻¹ para machos, e L_{∞} de 20,60 a 21,63 cm e k de 1,20 a 1,38 ano⁻¹ para fêmeas. A mortalidade desses estoques foi maior para as fêmeas em relação aos machos. O rendimento máximo por recruta (E_{RMR}) do *F. subtilis* (0,67 a 0,70) ficou ligeiramente acima das taxas de exploração (0,40 a 0,64), que para o *L. schimitti* (machos: 0,53 a 0,80; fêmeas: 0,53 a 0,81) atingiu valores próximos ou superiores ao E_{RMR} (machos: 0,85 a 0,86; fêmeas: 0,72-0,78). Foram identificados quatro estágios de maturação ovariana do *F. subtilis* (I: imaturo, II: em desenvolvimento, III: maturo e IV: desovado), que apresentaram gônadas maduras durante todo ano, com maior intensidade nos meses mais quentes (outubro a março). O tamanho médio de primeira maturação das fêmeas desta espécie foi estimado em 11,91 cm de CT. A viabilidade espermática do *F. subtilis* e *L. schimitti* foi acima de 50% durante todo o período. Os estoques de *F. subtilis* e *L. schimitti* estão próximos ao rendimento máximo por recruta, mas as fêmeas do *L. schimitti* já estão sobrexploradas. Somado a isso, o comprimento de primeira captura das fêmeas de ambas as espécies é menor que o tamanho de primeira maturação, acarretando um risco potencial para a sustentabilidade desses estoques e manutenção da atividade pesqueira.

Palavras-chave: reprodução animal, sustentabilidade, camarão.

Abstract

The present study describes the population dynamics of shrimps *Litopenaeus schimitti* and *Farfantepenaeus subtilis* focusing on the population structure, growth, mortality, maximum recruitment yield and reproduction of these species on the southern coast of Pernambuco, northeastern Brazil. A total of 1,246 specimens of *F. subtilis* (545 males and 701 females) and 1,169 of *L. schimitti* (491 males and 678 females) were monthly collected from august 2011 to july 2012. These species showed negative allometric growth and females were higher than males, dominating in the largest length classes. Estimation of von Bertalanffy growth curve parameters resulted in L_{∞} from 19.0 to 19.74 cm and k from 0.90 to 1.06 year⁻¹ for males, and L_{∞} from 21.0 to 21.64 cm and k from 1.0 to 1.10 year⁻¹ for females of *F. subtilis*. *L. schimitti* showed L_{∞} from 16.48 to 16.68 cm and k from 1.40 to 1.59 year⁻¹ for males, and L_{∞} from 20.60 to 21.63 cm and k from 1.20 to 1.38 year⁻¹ for females. Mortality of these stocks was higher for females compared to males. The maximum recruitment yield (E_{RMR}) of *F. subtilis* (0.67 to 0.70) was slightly higher than exploitation rates (0.40 to 0.64), which for *L. schimitti* (males: 0.53 to 0.80; females: 0.53 to 0.81) reached values near or above the E_{RMR} (males: 0.85 to 0.86, females: 0.72 to 0.78). Four stages of *F. subtilis* ovarian maturation were identified (I: immature, II: developing, III: mature and IV: spawned), which showed mature gonads throughout the year, with higher intensity in the warmer months (october to march). The average size at first maturity of females of this species was estimated at 11.91 cm CT. The sperm viability of *F. subtilis* and *L. schimitti* was above 50% throughout the period. *F. subtilis* and *L. schimitti* stocks are close to the maximum recruitment yield, but *L. schimitti* females are already overexploited. In addition, the length at first capture of both female species is less than the size at first maturity, resulting in a potential risk to the sustainability of these stocks and maintenance of fishing activity.

Keywords: animal reproduction, sustainability, shrimp.

Lista de figuras

	Página
Revisão de literatura	
Figura 1. Exemplos de indivíduos adultos de <i>Farfantepenaeus subtilis</i> (Pérez-Farfante, 1967) (A) e <i>Litopenaeus schimitti</i> (Burkenroad, 1936) (B)	16
Figura 2. Localização geográfica de Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil	18
Artigo 1	
Fig. 1. Geographical location of the study site in the coast of Barra de Sirinhaém, Pernambuco state, northeastern Brazil	58
Fig. 2. Absolute frequency distribution per length classes of males, females and pooled sexes for pink shrimp <i>Farfantepenaeus subtilis</i> , captured in the period of august 2011 to july 2012, in Barra de Sirinhaém, Pernambuco state, northeastern Brazil	59
Fig. 3. Monthly average (\pm S.D) of the total length (TL) (cm) of males, females and pooled sexes for pink shrimp <i>Farfantepenaeus subtilis</i> , captured in the period of august 2011 to july 2012, in Barra de Sirinhaém, Pernambuco state, northeastern Brazil	60
Fig. 4. Growth curve of male, females and pooled sexes estimated by length-at-age for pink shrimp <i>Farfantepenaeus subtilis</i> , captured in the period of august 2011 to july 2012, in Barra de Sirinhaém, Pernambuco state, northeastern Brazil	61
Fig. 5. Growth curve of male, females and pooled sexes estimated by ELEFAN-I for pink shrimp <i>Farfantepenaeus subtilis</i> , captured in the period of august 2011 to july 2012, in Barra de Sirinhaém, Pernambuco state, northeastern Brazil	62
Artigo 2	
Fig. 1. Localização geográfica da área de estudo na costa de Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil	104
Fig. 2. Cortes histológicos (10x) e cores representativas dos estágios de desenvolvimento ovariano do camarão-rosa <i>Farfantepenaeus subtilis</i> . (A) Estágio I (imaturo): ovócitos basófilos (OB), coloração do ovário translúcida (Catálogo Pantone 607 PC); (B) Estágio II (em desenvolvimento): ovócitos vitelogênicos (OV), coloração	

do ovário amarelo claro (Catálogo Pantone 386 PC); (C) Estágio III (Mature): ovócitos maduros (OM), ovário com coloração verde escuro (Catálogo Pantone 350 PC); (D) Estágio IV (Desovado): ovócitos atrésicos (OA), coloração do ovário com mesmo padrão do estágio I. Escala da barra: 100µm	105
Fig. 3. Frequência dos estágios de desenvolvimento ovariano de <i>Farfantepenaeus subtilis</i> , capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil	106
Fig. 4. Comprimento de primeira maturação sexual (CT, cm) de fêmeas do camarão-rosa <i>Farfantepenaeus subtilis</i> , capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil	107
Fig. 5. Média (\pm E.P) da concentração espermática do camarão-rosa <i>Farfantepenaeus subtilis</i> , capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil	108
Fig. 6. Proporção da viabilidade espermática do camarão-rosa <i>Farfantepenaeus subtilis</i> , capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil	109
 Artigo 3	
Figura 1. Localização geográfica da área de estudo na costa de Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil	149
Figura 2. Distribuição de frequência absoluta por classes de comprimento total de machos, fêmeas e sexos agrupados para o camarão branco <i>Litopenaeus schimitti</i> , capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil	150
Figura 3. Média mensal (\pm DP) do comprimento total (CT) (cm) de machos, fêmeas e sexos agrupados do camarão branco <i>Litopenaeus schimitti</i> , capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil	151
Figura 4. Curva de crescimento de machos, fêmeas e sexos agrupados estimada pelo método Length-at-age para o camarão branco <i>Litopenaeus schimitti</i> , capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil	152
Figura 5. Curva de crescimento de machos, fêmeas e sexos agrupados estimada pelo método ELEFAN para o camarão branco <i>Litopenaeus schimitti</i> , capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do	

Brasil	153
--------------	-----

Artigo 4

Figure 1. Proportion of sperm viability for wild-caught <i>Farfantepenaeus subtilis</i> , from august 2011 to july 2012 in northeastern Brazil	186
---	-----

Figure 2. Proportion of sperm viability for wild-caught <i>Litopenaeus schimitti</i> , from august 2011 to july 2012 in northeastern Brazil	187
--	-----

Lista de tabelas

	Página
Artigo 1	
Table I. Descriptive statistics and <i>TL-CL</i> and <i>BW-TL</i> relationship parameters for pink shrimp <i>Farfantepenaeus subtilis</i> , captured in the period of august 2011 to july 2012, in Barra de Sirinhaém, Pernambuco state, northeastern Brazil	63
Table II. Mean of growth per cohort and growth rate estimated for males, females and pooled sexes from the results of the Battacharya method for pink shrimp <i>Farfantepenaeus subtilis</i> , captured in the period of august 2011 to july 2012, in Barra de Sirinhaém, Pernambuco state, northeastern Brazil	64
Table III. Estimation of growth parameters L_{∞} (cm) and k (year^{-1}) (\pm S.E) through different methods for males, females and pooled sexes for pink shrimp <i>Farfantepenaeus subtilis</i> , captured in the period of august 2011 to july 2012, in Barra de Sirinhaém, Pernambuco state, northeastern Brazil	66
Table IV. Estimates of total mortality ($Z\text{-year}^{-1}$), natural mortality ($M\text{-year}^{-1}$), fishery mortality ($F\text{-year}^{-1}$), exploitation rates (E), length at first catch ($L_C\text{-cm}$), longevity (Long. year^{-1}) and maximum recruitment yield (E_{MRY}) through both the Length-Converted Catch Curve and the Beverton and Holt method of males, females and pooled sexes for pink shrimp <i>Farfantepenaeus subtilis</i> , captured in the period of august 2011 to july 2012, in Barra de Sirinhaém, Pernambuco state, northeastern Brazil	67
Artigo 2	
Tabela 1. Frequência e diâmetro (média \pm DP) dos ovócitos basófilos (OB), vitelogênicos (OV) e atrésicos (OA) em cada estágio maturacional (Estágio I – imaturo; Estágio II – em maturação; Estágio III – maturo; Estágio IV - desovado) do camarão-rosa <i>Farfantepenaeus subtilis</i> capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil	110
Tabela 2. Média (\pm DP) do comprimento total (CT), comprimento de cefalotórax (CC), peso total (PT), peso do ovário (PO) e índice gonadossomático (IGS) nos quatro estágios de maturação ovariana do camarão-rosa <i>Farfantepenaeus subtilis</i> capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil	111

Artigo 3

Tabela 1. Estatística descritiva e parâmetros das relações biométricas (<i>CT-CC</i> e <i>PT-CT</i>) do camarão branco <i>Litopenaeus schmitti</i> capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil	154
Tabela 2. Média do crescimento por coorte e taxa de crescimento estimado para machos, fêmeas e sexos agrupados para o camarão branco <i>Litopenaeus schmitti</i> , capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil	155
Tabela 3. Estimativa dos parâmetros de crescimento L_{∞} (cm) e k (ano^{-1}) (\pm E.P) e índice do desempenho de crescimento (ϕ') através de diferentes métodos para machos, fêmeas e sexos agrupados para o camarão branco <i>Litopenaeus schmitti</i> , capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil	156
Tabela 4. Estimativas da mortalidade total ($Z\text{-ano}^{-1}$), mortalidade natural ($M\text{-ano}^{-1}$), mortalidade por pesca ($F\text{-ano}^{-1}$), taxa de exploração (E), comprimento de primeira captura ($L_c\text{-cm}$), longevidade (Long. ano^{-1}) e rendimento máximo por recruta (E_{RMR}) através dos métodos da curva de captura (Length-Converted Catch Curve) e Beverton e Holt de machos, fêmeas e sexos agrupados para o camarão branco <i>Litopenaeus schmitti</i> , capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil	157

Artigo 4

Table 1. Spermatophore quality parameters (mean \pm S.E) for captive broodstock of <i>Litopenaeus vannamei</i> in the maturation system (day 0) and after 93 days	188
--	-----

Sumário

	Página
Dedicatória	iv
Agradecimento	v
Resumo	vi
Abstract	vii
Lista de figuras	viii
Lista de tabelas	xi
1- Introdução	14
2- Revisão de literatura	16
3- Referência bibliográfica	26
4- Artigos científicos	37
4.1- Artigo científico I: Population dynamics of the pink shrimp <i>Farfantepenaeus subtilis</i> (Pérez-Farfante, 1967) on the southern coast of Pernambuco, northeastern Brazil	37
4.1.1- Normas da Revista Crustaceana	68
4.2- Artigo científico II: Dinâmica reprodutiva do camarão-rosa <i>Farfantepenaeus subtilis</i> (Pérez-Farfante, 1967) no litoral sul de Pernambuco, nordeste do Brasil	74
4.2.1- Normas da Revista Fisheries Research	112
4.3- Artigo científico III: Dinâmica populacional do camarão branco <i>Litopenaeus schimitti</i> (Burkenroad, 1936) no litoral sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil	126
4.3.1- Normas da Revista Journal of Experimental Marine Biology and Ecology	158
4.4- Artigo científico IV (short communication): Use of fluorescence technique for sperm quality of penaeid shrimp species	172
4.4.1- Normas da Revista The Journal of Crustacean Biology	189

1- Introdução

Os camarões peneídeos são o recurso econômico mais importante na pesca de crustáceos (DALL et al., 1990), correspondendo a 42,2% das capturas mundiais de camarão entre 1970 e 2000 (FAO, 2009). No Brasil, a pesca de peneídeos alcançou uma produção de 38.373 toneladas em 2010, com destaque para os camarões rosa (*Farfantepenaeus* sp.) e branco (*Litopenaeus schimitti*), correspondendo a 17,9% e 7,1% das capturas, respectivamente (MPA, 2012). No Estado de Pernambuco, os peneídeos ocupam a segunda posição na pesca de crustáceos, sendo ultrapassada apenas pela pesca de siris (IBAMA, 2005).

Farfantepenaeus subtilis (PÉREZ-FARFANTE, 1967) se distribui desde o Mar do Caribe (Cuba e Pequenas Antilhas) até a costa de Cabo Frio, litoral do Rio de Janeiro (D'INCAO, 1995). Juvenis e adultos preferem substratos de lama-areia, temperaturas altas e vivem em habitats com grande variação de salinidade, além de profundidades que podem atingir 90 metros (PÉREZ-FARFANTE, 1969). *L. schimitti* (BURKENROAD, 1936) se distribui desde o Atlântico Ocidental, nas Antilhas, até o sul do Brasil (PÉREZ-FARFANTE, 1970), sendo encontrado em regiões marinhas, desde pequenas profundidades até 30 metros, com registros de ocorrência até 50 metros (D'INCAO, 1995).

A obtenção dos parâmetros populacionais para recursos pesqueiros, como é o caso do *F. subtilis* e *L. schimitti*, é essencial para a avaliação e consequente gestão dos estoques. Dentre estes, os parâmetros de crescimento são pré-requisitos básicos para a obtenção de estimativas confiáveis das taxas de mortalidade e para a avaliação do rendimento máximo sustentável do estoque (HARTNOLL, 1982; SIDDEEK et al., 2001; KEUNECKE et al., 2008). Além disso, o manejo sustentável do estoque

pesqueiro exige a compressão da sua biologia reprodutiva (CARBONELL et al., 2006; KEVREKIDIS e THESSALOU-LEGAKI, 2013).

Diversos estudos de dinâmica populacional de peneídeos foram realizados na costa do Brasil, principalmente nas regiões sudeste e sul (BRANCO e VERANI, 1998; LEITE e PETRERE, 2006; SANTOS et al., 2008; FERNANDES et al., 2011). Estudos com o *F. subtilis* no nordeste são escassos e desatualizados, destacando os estudos realizados por Coelho e Santos (1993, 1995). Para essa espécie, não existem informações sobre a dinâmica reprodutiva baseadas na análise histológica dos ovários, o que levaria a uma maior precisão da maturidade gonadal desses indivíduos. Para o *L. schimitti*, diversas pesquisas foram realizadas na região nordeste, abordando o crescimento (SANTOS et al., 2006), caracterização morfométrica (SANTOS et al., 2004), ciclo biológico (COELHO e SANTOS, 1994) e estrutura populacional (SANTOS e FREITAS, 2004). Entretanto, esses estudos abordam os aspectos biológicos de maneira pontual, levando a necessidade de um estudo integrado e direcionado acerca da dinâmica populacional da espécie.

Devido à importância biológica e econômica do *F. subtilis* e *L. schimitti* no nordeste do Brasil, somado à carência de informações sobre a dinâmica populacional dessas espécies no litoral sul de Pernambuco, o presente estudo visa criar subsídios para o manejo sustentável desses estoques, através do conhecimento da estrutura da população, crescimento, mortalidade, rendimento máximo por recruta e dinâmica reprodutiva. Além disso, o Estado de Pernambuco não é contemplado com a aplicação do período de defeso, como ocorre em outros estados do litoral brasileiro, acarretando um risco potencial para a sustentabilidade das espécies e manutenção da atividade pesqueira.

2- Revisão de literatura

Na ordem Decapoda estão reunidas as subordens Pleocyemata e Dendrobranchiata (WILLIAMS, 1984). Esta última compreende sete famílias, 56 gêneros e aproximadamente 500 espécies de camarões (PÉREZ-FARFANTE e KENSLEY, 1997), das quais estão registrados para a costa brasileira 26 gêneros e 61 espécies, com destaque para a família Penaeidae (D'INCAO, 1995). Os camarões peneídeos estão divididos em seis gêneros (*Farfantepenaeus*, *Fenneropenaeus*, *Litopenaeus*, *Marsupenaeus*, *Melicertus* e *Penaeus*) de acordo com as modificações taxonômicas propostas por Pérez-Farfante e Kensley (1997). Esses gêneros agrupam 60 espécies, dos quais os camarões rosa (*Farfantepenaeus subtilis*) (Figura 1), sete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) e branco (*Litopenaeus schimitti*) (Figura 1) são as principais espécies de peneídeos capturadas pela frota camaroneira no nordeste do Brasil (DIAS NETO, 2011; SANTOS et al., 2004).

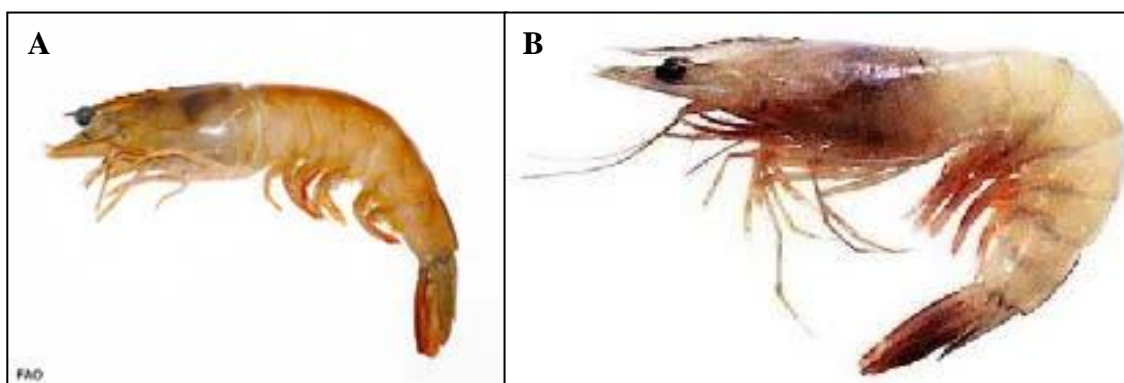


Figura 1. Exemplares de indivíduos adultos de *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) (A) e *Litopenaeus schimitti* (Burkenroad, 1936) (B).

Os camarões *F. subtilis* e *L. schimitti* apresentam um ciclo de vida misto, com as pós-larvas carregadas pelas correntes marítimas até os estuários, atingindo o estágio juvenil, em seguida migram para o oceano, onde atingem a fase adulta (DALL et al.,

1990). Assim como os demais peneídeos, essas espécies apresentam os três primeiros pares de pereiópodos quelados com forma e tamanhos similares, e as brânquias do tipo dendrobrânquia (PÉREZ-FARFANTE, 1988). Os machos apresentam um órgão copulador (petasma), que é uma modificação do endopodito do primeiro par de pleópodos, enquanto as fêmeas apresentam o téllico situado ventralmente na base do quarto e quinto par de pereiópodos. As espécies do gênero *Farfantepenaeus* apresentam o téllico do tipo fechado, o qual está composto por placas laterais formando um receptáculo, onde o espermatóforo é depositado internamente no momento da cópula, enquanto as fêmeas do gênero *Litopenaeus* apresentam o téllico do tipo aberto, onde a massa espermática fica exposta sobre o téllico (DALL et al., 1990). A fertilização ocorre externamente, quando os óvulos são expelidos nos gonóporos e fertilizados pelos espermatozoides contidos nos espermatóforos (PÉREZ-FARFANTE, 1970).

A pesca no estado de Pernambuco é uma atividade de grande importância econômica e social, e a captura de peneídeos ocupa a segunda posição na pesca de crustáceos, correspondendo a 4,7% da produção pesqueira, sendo ultrapassada apenas pela pesca de siris, que responde por 10,2% da produção (IBAMA, 2005). Apesar da importância da pesca de camarões, o estado não dispõe de legislação específica para regulamentar essa atividade, ficando a mesma contemplada pela portaria nº 35 de 24 de junho de 2003 do IBAMA, que proíbe a pesca de arrasto a menos de uma milha da costa. Entretanto, observa-se a ausência ou má fiscalização da atividade, comprometendo o cumprimento eficaz dessa portaria. De acordo com Neiva (1990), a deficiência de fiscalização do setor pesqueiro ocorre em função da grandiosidade da costa, amplitude do mar territorial, falta de pessoal treinado, carência de equipamentos, além da ação corruptiva dos agentes da cadeia produtiva.

O Estado de Pernambuco possui um litoral de 187 km, onde estão localizados 15 municípios costeiros e 35 comunidades pesqueiras, com áreas estuarinas em praticamente toda a costa (IBAMA, 2005), com destaque para a região de Barra de Sirinhaém, localizada no litoral sul a aproximadamente 70 km da capital Recife, considerada uma das áreas de maior captura de camarões do estado, principalmente nas proximidades da Ilha de Santo Aleixo (Figura 2) (TISCHER e SANTOS, 2002).

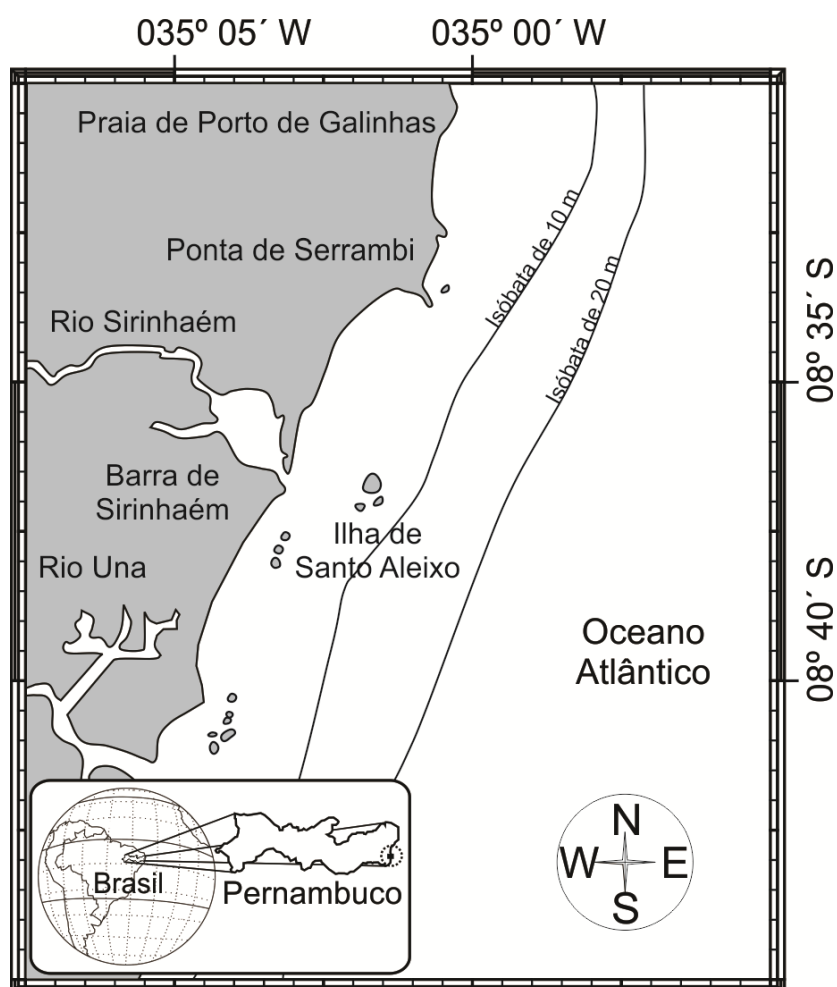


Figura 2. Localização geográfica de Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil.

A pesca de camarões peneídeos no litoral de Pernambuco é realizada em embarcações de pequeno porte (08 a 12 metros de comprimento), com casco de madeira, propulsão à vela, remo e a motor (IBAMA, 2005). De acordo com Dias Neto

(2011), todas as embarcações engajadas na pesca de camarões de águas costeiras são classificadas na categoria artesanal. A frota camaroneira do estado é composta por 40 embarcações distribuídas nos municípios de São José da Coroa Grande, Tamandaré, Sirinhaém, Ipojuca, Cabo de Santo Agostinho, Jaboatão e Recife, quase todas operando com arrasto simples (SANTOS et al., 2006). Estudos sobre a pesca de camarões no litoral de Pernambuco demonstram que os camarões *F. subtilis* e *L. schmitti* apresentam maior importância econômica, não tanto pelo volume de captura, mas por serem considerados camarões de maior porte pelos pescadores locais (COELHO e SANTOS, 1995).

Diversos estudos de dinâmica populacional de peneídeos foram realizados na costa do Brasil, como observado para o *L. schmitti* (NEIVA et al., 1971; COELHO e SANTOS, 1994; SANTOS et al., 2004; SANTOS e FREITAS, 2004; SANTOS et al., 2006; SANTOS et al., 2008; CARVALHO, 2013), *Xiphopenaeus kroyeri* (SIMÕES et al., 2010; FERNANDES et al., 2011), *Farfantepenaeus paulensis* (BRANCO e VERANI, 1998; LEITE e PETRERE, 2006), *Farfantepenaeus brasiliensis* (LEITE e PETRERE, 2006) e *Farfantepenaeus subtilis* (ISAAC et al., 1992).

O estudo do crescimento de uma espécie consiste em relacionar o comprimento do corpo do animal em função da sua idade, e é considerado um dos fundamentos básicos em biologia pesqueira, uma vez que é utilizado como entrada de dados para modelos mais complexos que descrevem a dinâmica de populações (SPARRE e VENEMA, 1997). De acordo com Hartnoll (1982), o crescimento em crustáceos pode ser descrito como um aumento do comprimento, volume e peso, e é um processo descontínuo, com uma sucessão de mudas separadas por períodos de intermuda. Em consequência desse crescimento descontínuo, somado a ausência de estruturas rígidas indicadoras de idade, a análise dos dados de frequências de comprimento é adequado para a determinação dos

parâmetros populacionais em crustáceos (SPARRE e VENEMA, 1997; ETIM e SANKARE, 1998). Para estas espécies, o assincronismo e alta frequência de mudas por ano permite a utilização de modelos de crescimento como o von Bertalanffy (GARCIA e LE RESTE, 1986).

Os parâmetros de crescimento (L_{∞} : comprimento máximo teórico; k : constante de crescimento) da curva de crescimento de von Bertalanffy (VON BERTALANFFY, 1938) foram estimados para diversos peneídeos na costa do Brasil. Isaac et al. (1992) estimaram L_{∞} de 17,1 a 18,7 cm para machos e 20,8 a 22,5 cm para fêmeas de *F. subtilis* na região norte. Esses autores estimaram valores de k de 1,08 a 1,23 e 1,0 a 1,07 ano⁻¹ para machos e fêmeas, respectivamente. Leite e Petrere (2006) estimaram parâmetros de crescimento distintos entre sexos para duas espécies de *Farfantepenaeus* na região sudeste, especialmente com relação ao L_{∞} , com valores de 23 cm para machos e 28 cm para fêmeas de *F. brasiliensis* e 21 e 25 cm para machos e fêmeas de *F. paulensis*, respectivamente. Entretanto, esses autores estimaram valores de k de 0,84 a 0,90 ano⁻¹ para *F. brasiliensis* e 0,83 a 1,10 ano⁻¹ para *F. paulensis*. Em estudo realizado em Sirinhaém-Pernambuco com o *L. schimitti*, as fêmeas apresentaram maior L_{∞} (4,9 cm-comprimento de cefalotórax-CC) em relação aos machos (4,36 cm-CC), que apresentaram maior k (1,6 ano⁻¹) que as fêmeas (1,4 ano⁻¹) (SANTOS et al., 2006). Da mesma forma, Andrade de Pasquier e Pérez (2004) reportaram, para a mesma espécie na Venezuela um L_{∞} de 19,4 cm para machos e 21,7 cm para fêmeas, com k de 1,24 e 0,95 ano⁻¹, respectivamente. De acordo com Albertoni et al. (2003) e Fernandes et al. (2011), os parâmetros de crescimento podem variar de maneira espacial e temporal entre as espécies, podendo estar relacionado a fatores intrínsecos (efeitos genéticos) e extrínsecos (fatores ambientais), assim como a localização geográfica, sexo e estágio de vida.

O estudo da mortalidade, assim como o de crescimento, é realizado com a ajuda de modelos matemáticos e uma série de parâmetros (SPARRE e VENEMA, 1997). A obtenção precisa dos parâmetros de crescimento do modelo de von Bertalanffy (1938), pode fornecer estimativas das taxas de mortalidade, que serão utilizadas para auxiliar em uma melhor gestão da pesca (KEUNECKE et al., 2008). Para as populações de espécies exploradas, a mortalidade total (Z) é composta pela mortalidade natural (M) e mortalidade por pesca (F) (QUINN II e DERISO, 1999).

Diversos autores estimaram as taxas de mortalidade para várias espécies de peneídeos. Isaac et al. (1992) registraram para o *F. subtilis* uma mortalidade total (Z) de 2,21 a 7,01 ano⁻¹ e de 1,63 a 5,38 ano⁻¹ para machos e fêmeas, respectivamente. Leite e Petrere (2006) estimaram Z de 5,3 (machos) e 4,3 ano⁻¹ (fêmeas) para *F. brasiliensis* e 6,2 (machos) e 5,1 ano⁻¹ (fêmeas) para *F. paulensis* em Santos, São Paulo. O *Farfantepenaeus dourarum* nos Estados Unidos apresentou Z de 7,07 ano⁻¹ (PAULY et al., 1984). Para o *L. schimitti* na Venezuela, Andrade e Stotz (1999) estimaram Z de 5,43 e 8,08 ano⁻¹ para machos e fêmeas, respectivamente, entretanto, Carvalho (2013) não observou distinção entre sexos na estimativa da mortalidade Z para a mesma espécie no Rio de Janeiro, apresentando valor de 6,0 ano⁻¹.

A mortalidade natural (M) é aquela produzida por qualquer outra causa que não a pesca, sendo um parâmetro extremamente crítico em estudos de dinâmica populacional, principalmente pela dificuldade em obtê-lo por meio de medições diretas (SPARRE e VANEMA, 1997). Desta forma, qualquer método de estimativa da mortalidade natural é válido para fins de comparação (ISAAC et al., 1992). A mortalidade natural ocorre por diversos fatores tais como, condições adversas, falta de alimento, competição, predação e velhice (NIAMAIMANDI et al., 2007). Leite e Petrere (2006) não observaram distinção na mortalidade natural entre sexos, estimando M de 1,8 e 1,9 ano⁻¹ para *F.*

brasiliensis e *F. paulensis*, respectivamente. Da mesma forma, *Farfantepenaeus aztecus* apresentou M de 1,8 a 2,5 ano⁻¹ (GARCIA, 1985) e 1,52 e 2,56 ano⁻¹ para *L. schimitti* (ANDRADE DE PASQUIER e STOTZ, 1999).

Para a mortalidade por pesca (F), Leite e Petreire (2006) estimaram F de 4,7 ano⁻¹ para *F. brasiliensis* e 6,8 ano⁻¹ para *F. paulensis* em Santos, São Paulo. Andrade e Stotz (1999) e Garcia (1976) reportaram F de 4,91-9,40 ano⁻¹ para *L. schimitti* na Venezuela e 7,12 para *Penaeus californiensis* no México, respectivamente.

O estudo da dinâmica reprodutiva, que inclui informações sobre o desenvolvimento gonadal, época e local de desova, tamanho de primeira maturação gonadal e fecundidade (KING, 1995), é essencial para a formulação de regulamentações da atividade pesqueira e também como ferramenta para a tomada de decisão em relação à conservação das espécies (CARBONELL et al., 2006; KEVREKIDIS e THESSALOU-LEGAKI, 2013). Estudos de dinâmica reprodutiva com o *F. subtilis* foram realizados na região norte (ISAAC et al., 1992; CINTRA et al., 2004) e nordeste (COELHO e SANTOS, 1993, 1995). Foi estimada uma maior proporção de fêmeas em relação aos machos de *F. subtilis* na região norte (ISAAC et al., 1992; MARTINELLI, 2005; CARVALHO, 2006) e nordeste (COELHO e SANTOS, 1993, 1995) do Brasil. De acordo com Coelho e Santos (1993, 1995) e Leite-Júnior (2001), é característico dos peneídeos apresentarem maior proporção das fêmeas nas populações, principalmente no período reprodutivo ou em áreas de postura em mar aberto, ocasionando um aumento das capturas de um sexo. Além disso, o dimorfismo sexual é observado para essa espécie, com as fêmeas atingindo maior tamanho em relação aos machos (SANTOS e MAGALHÃES, 2001; CORRÊA e MARTINELLI, 2009). De acordo com Gab-Alla et al. (1990), as maiores taxas de crescimento das fêmeas estão relacionadas aos processos reprodutivos. As fêmeas apresentam maiores dimensões em tamanho e peso que os

machos, uma vez que necessitam de mais espaço para acomodar o desenvolvimento dos ovários e outras estruturas reprodutivas (HARTNOLL, 1982).

O estudo do desenvolvimento ovariano de peneídeos é utilizado como ferramenta para o estabelecimento de diretrizes para a gestão pesqueira (KING, 1948; QUINTERO e GRACIA, 1998) assim como para melhorar a tecnologia da reprodução em aquicultura (PEIXOTO et al., 2003; DUMONT et al., 2007; MACHADO et al., 2009). Os estágios de maturação ovariana de diversas espécies de peneídeos foram descritas de acordo com as análises histológicas e/ou macroscópicas do ovário (KING, 1948; NEIVA, 1971; ISAAC et al., 1992; COELHO e SANTOS, 1993; QUINTERO e GRACIA, 1998; COSTA e FRANSOZO, 2004; DUMONT et al., 2007; HOSSAIN e OHTOMI, 2008; NIAMAIMANDI et al., 2008; GONÇALVES et al., 2009). A utilização de análises histológicas do ovário é o método mais preciso para a determinação do estágio maturacional das fêmeas (OHTOMI et al., 2003; CARBONELL et al., 2006). De acordo com Peixoto et al. (2003), a utilização desse método pode trazer maior confiabilidade na determinação do estágio de maturação, e sua relação com os padrões observados macroscopicamente. Peixoto et al. (2003) propôs uma escala relacionando as alterações visuais e histológicas no desenvolvimento ovariano de *F. paulensis*, resultando na identificação de quatro estágios de desenvolvimento, denominados: imaturo, em desenvolvimento, maturo e desovado. Esses mesmos estágios de desenvolvimento foram observados por Machado et al. (2009) e Calazans (2013) para o *L. schimitti*.

O camarão *F. subtilis* apresenta reprodução contínua, com pulsos sazonais na região norte (ISAAC et al., 1992; CINTRA et al., 2004) e nordeste (COELHO e SANTOS, 1993, 1995). Coelho e Santos (1993) observaram fêmeas maduras de *F. subtilis* durante todos os meses do ano em Tamandaré-Pernambuco, com maior

proporção de fêmeas maduras de fevereiro a maio, e em outubro. Cintra et al. (2004) observaram uma maior proporção de fêmeas maduras de *F. subtilis* de fevereiro a abril e julho a agosto na região norte, o que corresponde às estações de transição chuvosa-seca e seca, respectivamente na região. Em estudos de reprodução, a determinação do comprimento de primeira maturidade gonadal é de fundamental importância para o manejo sustentável da pesca, sendo amplamente utilizado como um indicador do tamanho mínimo de captura do estoque avaliado (FONTELES-FILHO, 2011). Coelho e Santos (1993) na região de Tamandaré estimou o comprimento médio de primeira maturação (CT₅₀) de 10,3 cm para o *F. subtilis*, e na região norte foi estimado em 11,0 cm (Isaac et al., 1992) e 12,65 cm (Cintra et al., 2004).

Os estudos acerca do ciclo reprodutivo de camarões peneídeos é comumente voltado apenas para o ciclo maturacional das fêmeas (ISAAC et al., 1992; QUINTERO e GRACIA, 1998; CROCOS et al., 2001; CHA et al., 2002; LÓPEZ-MARTÍNEZ et al., 2005; YAMADA et al., 2007). Dessa forma, existem poucos relatos que consideram também o grau de maturação dos machos, estimando o comprimento de primeira maturação através da presença de petasma unido (maturo) ou desunido (imaturo) (COSTA e FRANZOZO, 2004; SOBRINO e GARCÍA, 2007; SIMÕES, 2012). Por outro lado, em pesquisas direcionadas para aquicultura, já é possível encontrar um melhor detalhamento dos aspectos reprodutivos dos machos (CEBALLOS-VÁZQUEZ et al., 2003; NAKAYAMA et al., 2008; LÓPEZ, 2010; BRAGA et al., 2010). A maturidade gonadal dos machos é determinada através da qualidade do espermátóforo, que é mensurada por uma série de parâmetros como peso do espermátóforo, concentração espermática e viabilidade dos espermatozoides (LEUNG-TRUJILLO e LAWRENCE, 1987; PARNES et al., 2004). A concentração espermática de peneídeos pode variar de acordo com a espécie, idade, tamanho e estágio de vida (ALFARO,

1993). Da mesma forma, fatores nutricionais podem influenciar na qualidade espermática (LEUNG-TRUJILLO e LAWRENCE, 1988; BRAY et al., 1989; PEREZ-VELAZQUEZ et al., 2003). Foi observada uma concentração espermática de 800×10^4 cél mL⁻¹ para *L. vannamei* (RENDON et al., 2007), 227×10^4 cél mL⁻¹ para *F. paulensis* (PEIXOTO et al., 2004) e 890×10^4 cél mL⁻¹ para *F. duorarum* (LÓPEZ, 2010).

A viabilidade espermática pode ser analisada através da utilização de microscópio de epifluorescência com o uso de diversas sondas isoladamente ou em combinação, para facilitar a visualização das estruturas da célula espermática e determinar sua condição (SILVA et al., 2009). De acordo com Coletto et al. (2002), a técnica de fluorescência é realizada através do uso de duas sondas em combinação, onde o espermatozoide vivo (membrana intacta) cora em verde, através da reação do diacetato de carboxfluoresceína com as esterases na membrana da célula, e o espermatozoide morto cora em vermelho através do iodeto de propídio, que apresenta afinidade pelo DNA concentrado no núcleo da célula. Calazans (2013) observou uma variação na concentração espermática do *L. schimitti*, com valores de 357×10^4 a $722,5 \times 10^4$ cél mL⁻¹, entretanto, independentemente do número de células espermáticas, o percentual de espermatozoides com membranas intactas (vivos) esteve acima de 50% ao longo de um ano de estudo em Barra de Sirinhaém, litoral Sul de Pernambuco.

Nesse contexto, devido à importância biológica e econômica do *F. subtilis* e *L. schimitti* para a atividade pesqueira em Pernambuco, somada à inexistência de um período de defeso para os peneídeos, se faz necessário a realização de estudos de dinâmica populacional para esses estoques, possibilitando criar subsídios para a gestão pesqueira desses recursos na região.

3- Referência bibliográfica

ALBERTONI, E.F.; PALMA-SILVA, C.; ESTEVES, F.A. Crescimento e fator de condição na fase juvenil de *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille) e *F. paulensis* (Pérez-Farfante) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) em uma lagoa costeira tropical do Rio de Janeiro, Brasil. **Rev. Bras. Zool.**, v.20, p.409-418, 2003.

ALFARO, J. Reproductive quality evaluation of male *Penaeus stylirostris* from a grow-out pond. **J. World Aquac. Soc.**, v.24, p.6-11, 1993.

ANDRADE DE PASQUIER, G.; PÉREZ, E.P. Age and growth of the White shrimp *Litopenaeus schmitti* in western Venezuela. **INCI**, v.29, 17p, 2004.

ANDRADE DE PASQUIER, G.; STOTZ, W. Crecimiento y mortalidad del camarón blanco, *Penaeus schmitti*, en el Lago de Maracaibo, Venezuela. **Zoot. Trop.**, v.17, p.63-89, 1999.

BRAGA, A.L.; NAKAYAMA, C.L.; MARTINS, J.G.; COLARES, E.P.; WASIELESKY JR, W. Spermatophore quality of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Decapoda, Dendrobranchiata) broodstock fed with different maturation diets. **Aquaculture**, v.307, p.44-48, 2010.

BRANCO, J.O.; VERANI, J.R. Estudo populacional do camarão-rosa *Penaeus paulensis* Perez Farfante (Natantia, Penaeidae) na Lagoa da Conceição, Santa Catarina, Brasil. **Rev. Bras. Zool.**, v.15, p.353-364, 1998.

BRAY, W.A.; LAWRENCE, A.L.; LEUNG-TRUJILLO, J.R. Reproductive performance of ablated *Penaeus stylirostris* fed a soy lecithin supplement. **J. World Aquac. Soc.**, v.20, 19A, 1989.

CALAZANS, N.K.F. Dinâmica reprodutiva do camarão branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) (Decapoda: Penaeidae) no litoral sul de Pernambuco. 2013. 69p. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco.

CARVALHO, C. Crescimento e Mortalidade do camarão branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) em ambiente natural e em confinamento. 2013. 94p. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CARBONELL, A.; GRAU, A.; LAURENCE, V.; GOMEZ, C. Ovary development of the red shrimp, *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) from the Northwestern Mediterranean Sea. **Crustaceana**, v.79, p.727-743, 2006.

CEBALLOS-VÁZQUEZ, B.P.; ROSAS, C.; RACOTTA, I.S. Sperm quality in relation to age and weight of white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v.228, p.141-151, 2003.

CHA, H.K.; OH, C.-W.; HONG, S.Y.; PARK, K.Y. Reproduction and population dynamics of *Penaeus chinensis* (Decapoda: Penaeidae) on the western coast of Korea, Yellow Sea. **Fish. Res.**, v.56, p.25-36, 2002.

CINTRA, I.H.A.; ARAGÃO, J.A.N.; SILVA, K.C.A. Maturação gonadal do camarão-rosa, *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez Farfante, 1967), na região norte do Brasil. **Bol. Téc. Cient. CEPNOR**, v.4, p.21-29, 2004.

COELHO, P.A.; SANTOS, M.C.F. Época da reprodução do camarão rosa, *Penaeus subtilis* Pérez-Farfante, 1967 (Crustacea, Decapoda, Penaeidae), na região de Tamandaré, PE. **Bol. Técn. Cient. CEPENE**, v.1, p.57-72, 1993.

COELHO, P.A.; SANTOS, M.C.F. Ciclo biológico de *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936 em Pernambuco (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). **Bol. Técn. Cient. CEPENE**, v.2, p.35-50, 1994.

COELHO, P.A.; SANTOS, M.C.F. Época da reprodução dos camarões *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936 e *Penaeus subtilis* Pérez-Farfante, 1967 (Crustacea,

Decapoda, Penaeidae), na região da foz do Rio São Francisco. **Bol. Técn. Cient. CEPENE**, v.3, p.122-140, 1995.

COLETO, Z.F.; GUERRA, M.M.P.; BATISTA, A.M. Avaliação do sêmen congelado de caprinos com drogas fluorescentes. **Rev. Bras. Med. Vet.**, v.24, p.101-104, 2002.

CORRÊA, A.B.; MARTINELLI, J.M. Composição da População do Camarão-Rosa *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1936) no Estuário do Rio Curuçá, Pará, Brasil. **Revista Científica da UFPA**, v.7, p.1-18, 2009.

COSTA, R.C.; FRANSOZO, A. Reproductive biology of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Decapoda, Penaeidae) in the Ubatuba region of Brazil. **J. Crust. Biol.**, v.24, p.274-281, 2004.

CROCOS, P.J.; PARK, Y.C.; DIE, D.J.; WARBURTON, K.; MANSON, F. Reproductive dynamics of endeavour prawns, *Metapenaeus endeavor* and *M. ensis*, in Albatros Bay, Gulf of Carpentaria, Australia. **Mar. Biol.**, v.138, p.63-75, 2001.

DALL, W.; HILL, B.J.; ROTHLSBERG, P.C.; STAPLES, D.J. **The Biology of the Penaeidae**. Advances in Marine Biology. London, Academic Express, 1990. 489p.

DIAS NETO, J. **Proposta de plano nacional de gestão para o uso sustentável de camarões marinhos no Brasil**. Brasília, 2011. 242p.

D'INCAO, F. Estudo sobre o crescimento de *Penaeus*, *Farfantepeneus*, *paulensis* Perez-Farfante, 1967 da Lagoa dos Patos, RS, Brasil, Decapoda, Penaeidae. **Atlântica**, v.7, p.73-84, 1984.

D'INCAO, F. Taxonomia, padrões distribucionais e ecológicos dos Dendrobranchiata (Crustacea: Decapoda) do Brasil e Atlântico Ocidental. 1995. 365p. **Tese (Doutorado)** - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

DUMONT, L.F.C.; D'INCAO, F.; SANTOS, R.A.; MALUCHE, S.; RODRIGUES, L.F. Ovarian development of wild pink prawn (*Farfantepenaeus paulensis*) females in northern coast of Santa Catarina State, Brazil. **Nauplius**, v.15, p.65-71, 2007.

ETIM, L.; SANKARE, Y. Growth and mortality, recruitment and yield of the freshwater shrimp, *Macrobrachium vollehovenii* Herklots, 1857 (Crustacea, Palaemonidae) in Fahe Reservoir, Cote d'Ivoire, West Africa. **Fish. Res.**, v.38, p.211-223, 1998.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture**. Roma, Italy, 2009. 176p.

FERNANDES, L.P.; SILVA, A.C.; JARDIM, L.P.; KEUNECKE, K.A.; DI BENEDETTO, A.P.M. Growth and Recruitment of the Atlantic Seabob Shrimp, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda, Penaeidae), on the Coast of Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. **Crustaceana**, v.84, p.1465-1480, 2011.

FONTELES FILHO, A.A. **Oceanografia, Biologia e Dinâmica Populacional de Recursos Pesqueiros**. Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Fortaleza, 2011. 460p.

GAB-ALLA, A.A.F.A.; HARTNOLL, R.G.; GHOBASHY, A.F.; MOHAMMED, S.Z. Biology of penaeid prawns in the Suez Canal lakes. **Mar. Biol.**, v.107, p.417-426, 1990.

GARCIA, S. Reproduction, stock assessment models and population parameters in exploited penaeid shrimp populations, In: Second Australian National Prawn Seminar., 1985. Cleveland, Australia. p. 138-158.

GARCIA, S.; LE RESTE, L. **Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeiros**. FAO Doc. Téc. Pesca, 203. 1986. 180p.

GARCIA, X.R. Crecimiento del camarón azul, *Penaeus stylirostris*, y camarón café, *Penaeus californiensis*, en la zona de Puerto Peñasco, Sonora. **Memorias, Simp. Biol. y Dinámica Poblacional de Camarones**, v.2, p.189-211, 1976.

GONÇALVES, S.M.; SANTOS, J.L.; RODRIGUES, E.S. Estágios de desenvolvimento gonadal de fêmeas do camarão-branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936), capturadas na região marinha da Baixada Santista, São Paulo. **Revista Ceciliana**, v.1, p.96-100, 2009.

HARTNOLL, R.G. Growth. In: BLISS, D. The biology of Crustacea, 2, New York, 1982. P.111-185.

HOSSAIN, M.Y.; OHTOMI, J. Reproductive biology of the southern rough shrimp *Trachysalambria curvirostris* (Penaeidae) in Kagoshima Bay, southern Japan. **J. Crust. Biol.**, v.28, p.607-612, 2008.

IBAMA. **Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do nordeste do Brasil**. Brasília, 2005. 79p.

ISAAC, V.J.; DIAS NETO, J.; DAMASCENO, F.G. **Camarão-rosa da Costa Norte: Biologia, dinâmica e administração pesqueira**. Série de Estudos de Pesca, Coleção Meio Ambiente, Brasília, 1992. 187p.

KEUNECKE, K.A.; D'INCAO, F.; MOREIRA, G.N.; SILVA JR, D.R.; VERANI, J.R. Idade e crescimento de *Callinectes danae* e *C. ornatus* (Crustacea, Decapoda) na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, **Brasil. Iheringia, Série Zoologia**, v.98, p.231-235, 2008.

KEVREKIDIS, K.; THESSALOU-LEGAKI, M. Reproductive biology of the prawn *Melicertus kerathurus* (Decapoda: Penaeidae) in Thermaikos Gulf (N. Aegean Sea). **Helgol. Mar. Res.**, v.67, p.17-31, 2013.

KING, J.E. A study of the reproductive organs of the common marine shrimp, *Penaeus setiferus*, Linnaeus. **Biol. Bull.**, v.94, p.244-262, 1948.

KING, M. **Fisheries Biology**. In: Assessment and Management. Oxford Press, London, 1995. 342 p.

LEITE-JÚNIOR, N.O. Dinâmica populacional do camarão-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* e *Farfantepenaeus paulensis* da Região Sudeste do Brasil. 2001. 130p.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

LEITE JR, N.O.; PETRERE JR, M. Growth and mortalities of the Pink-shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* Latreille, 1970 and *F. paulensis* Pérez-Farfante 1967 in Southeast Brazil. **Braz. J. Biol.**, v.66, p.523-536, 2006.

LEUNG-TRUJILLO, J.R.; LAWRENCE, A.L. Observations on the decline in sperm quality of *Penaeus setiferus* under laboratory conditions. **Aquaculture**, v.65, p.363-370, 1987.

LEUNG-TRUJILLO, J.; LAWRENCE, A.L. The effect of ascorbic acid on sperm and spermatophore quality in *Penaeus vannamei* males fed prepared diets. **J. World Aquac. Soc.**, v.19, 46A, 1988.

LÓPEZ, M.A. Avaliação reprodutiva de machos de camarão rosa *Farfantepenaeus duorarum* cultivados em sistema BFT “Bio-Floc Technology”. 2010. 57p. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul.

LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.; RABAGO-QUIROZ, C.; NEVAREZ-MARTINEZ, M.O.; GARCIA-JUAREZ, A.R.; RIVERA-PARRA, G.; CHAVEZ-VILLALBA, J. Growth, reproduction and size at first maturity of blue shrimp, *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1874) along the east coast of the Gulf of California, Mexico. **Fish. Res.**, v.71, p.93-102, 2005.

MACHADO, I.F.; DUMONT, L.F.C.; D'INCAO, F. Stages of gonadal development and mean length at first maturity of wild females of white shrimp (*Litopenaeus schmitti* - Decapoda, Penaeidae) in Southern Brazil. **Atlântica**, v.31, p.169-175, 2009.

MPA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**. Brasília, 2012. 128 p.

NAKAYAMA, C.L.; PEIXOTO, S.; LOPES, D.; VITA, G.; KRUMMENAUER, D.; FOES, G.; CAVALLI, R.O.; WASIELESKY, W. Métodos de extrusão manual e elétrica dos espermatóforos de reprodutores selvagens do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Decapoda: Penaeidae). **Ciênc. Rural**, v.38, p.2018-2022, 2008.

NEIVA, G.S.; SANTOS, E.P.; JANKAUSKIS, V. Análise preliminar da população de camarão legítimo *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936, na Baía de Santos – Brasil. **Bol. Inst. Pesca**, v.1, p.7-14, 1971.

NEIVA, G.S. **Subsídios para a Política Pesqueira Nacional**. Terminal Pesqueiro de Santos, Publicação Técnica, Santos, 1990. 64p.

NIAMAIMANDI, N.; ARSHAD, A.B.; DAUD, S.K.; SAED, R.C.; KIABI, B. Population dynamic of green tiger prawn, *Penaeus semisulcatus* (De Haan) in Bushehr coastal waters, Persian Gulf. **Fish. Res.**, v.86, p.105-112, 2007.

NIAMAIMANDI, N.; AZIZ, A.; KHALIJAH, D.S.; ROOS, S.C.; KIABI, B. Reproductive biology of the green tiger prawn (*Penaeus semisulcatus*) in coastal waters of Bushehr, Persian Gulf. **ICES J. Mar. Sci.**, v.65, p.1593-1599, 2008.

OHTOMI, J.; TASHIRO, T.; ATSUCHI, S.; KOHNO, N. Comparison of spatiotemporal patterns in reproduction of the kuruma prawn *Marsupenaeus japonicus* between two regions having different geographic conditions in Kyushu, southern Japan. **Fish. Sci.**, v.69, p.505-519, 2003.

PARNES, S.; MILLS, E.; SEGALL, C.; RAVIV, S.; DAVIS, C.; SAGI, A. Reproductive readiness of the shrimp *Litopenaeus vannamei* in a brackishwater system. **Aquaculture**, v.236, p.593-606, 2004.

PAULY, D. Length-converted catch curves: a powerful tool for fisheries research in the tropics (Part II). **ICLARM Fishbyte**, v.2, p.17-19, 1984.

PEIXOTO, S.; CAVALLI, R.O.; D'INCAO, F.; MILACH, Â.M.; WASIELESKY, W. Ovarian maturation of wild *Farfantepenaeus paulensis* in relation to histological and visual changes. **Aquac. Res.**, v.34, p.1255-1260, 2003.

PEIXOTO, S.; CAVALLI, R.; KRUMMENAUER, D.; WASIELESKY, W.; D'INCAO, F. Influence of artificial insemination on the reproductive performance of *Farfantepenaeus paulensis* in conventional and unisex maturation system. **Aquaculture**, v.230, p.197-204, 2004.

PEREZ-VELAZQUEZ, M.; GONZÁLEZ-FÉLIX, M.L.; LAWRENCE, A.L.; BRAY, W.A.; GATLIN III, D.M. Dietary effects on sperm quality of *Litopenaeus vannamei* broodstock. **J. World Aquac. Soc.**, v.34, p.92-98, 2003.

PÉREZ-FARFANTE, I. Western Atlantic shrimps of the genus *Penaeus*. **Fish. Bull.**, v.67, p.461-591, 1969.

PÉREZ-FARFANTE, I. Sinopsis de datos biológicos sobre el camarón blanco *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936. **FAO Fish. Rep.**, v.57, p.1417-1433, 1970.

PÉREZ FARFANTE, I.; KENSLEY. Penaeoid and Sergestoid Shrimps and Prawns of the World. Keys and diagnoses for the families and genera. **Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle**. Paris, 1997. 233p.

PÉREZ-FARFANTE, I. Illustrated key to Penaeoid shrimps of commerce in the Americas. **NOAA Tech. Rep. NMFS**, v.64, p.1-32, 1988.

QUINTERO, M.E.S.; GRACIA, A. Stages of gonadal development in the spotted pink shrimp *Penaeus brasiliensis*. **J. Crust. Biol.**, v.18, 680-685, 1998.

QUINN II, T.J.; DERISO, R.B. **Quantitative Fish Dynamics**. Oxford University Press, New York, 1999. 560p.

RENDON, S.R.; MACIAS, E.R.; CALDERON, S.P.; NUÑEZ, A.P.; SOLIZ, R.I. Comparison of some reproductive characteristics of farmed and wild white shrimp males *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae). **Rev. Biol. Trop.**, v.55, p.199-206, 2007.

SIDDEEK, M.S.; HERMOSA, G.; AL-AMRI, M.N.; AL-AISERY, A. Stock assessment of shrimp in the Gulf of Masirah, Sultanate of Oman. In: Proceedings of the First International Conference on Fisheries, Aquaculture and Environment in the NW Indian Ocean, Sultan Qaboos University, Muscat, Sultanate of Oman., 2001. p.107-118.

SANTOS, J.L.; SEVERINO-RODRIGUES, E.; VAZ-DOS-SANTOS, A.M. Estrutura populacional do camarão-branco *Litopenaeus schmitti* nas regiões estuarina e marinha da baixada santista, São Paulo, Brasil. **B. Inst. Pesca**, v.34, p.375-389, 2008.

SANTOS, M.C.F.; FREITAS, A.E.T.S. Estrutura populacional e pesca do camarão branco, *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) capturado no estuário da Lagoa Papari, Município de Nísia Floresta (Rio Grande do Norte – Brasil). **Bol. Técn. Cient. CEPENE**, v.12, p.21-41, 2004.

SANTOS, M.C.F.; MAGALHÃES, J.A.D. Recrutamento do camarão rosa, *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) (Crustacea: Decapoda: Penaeidae), no litoral sul do Estado da Bahia – Brasil. **Bol. Técn. Cient. CEPENE**, v.9, p.73-85, 2001.

SANTOS, M.C.F.; PEREIRA, J.A.; IVO, C.T.C. Caracterização morfométrica do camarão-branco, *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) (Crustacea, Decapoda,

Penaeidae), no Nordeste Oriental do Brasil. **Bol. Técn. Cient. CEPENE**, v.12, p.51-72, 2004.

SANTOS, M.C.F.; PEREIRA, J.A.; IVO, C.T.C.; SOUZA, R.F. Crescimento do camarão branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) no Nordeste do Brasil. **Bol. Técn. Cient. CEPENE**, v.14, p.59-70, 2006.

SILVA, S.V.; BATISTA, A.M.; COLETO, Z.F.; GUERRA, M.M.P. Diferentes métodos e técnicas na avaliação espermática: uma breve revisão. **Ciênc. vet. tróp.**, v.12, p.1-15, 2009.

SIMÕES, S.M.; COSTA, R.C.; FRANZOZO, A.; CASTILHO, A.L. Diel variation in abundance and size of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Crustacea, Penaeoidea) in the Ubatuba region, Southeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.82, 369-378, 2010.

SIMÕES, S.M. Estrutura da comunidade e biologia reprodutiva dos camarões marinhos (Penaeidea e Caridea), no Complexo Baía-Estuário de Santos e São Vicente/SP, Brasil. 2012. 149p. **Tese (Doutorado)** - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo.

SOBRINO, I.; GARCÍA, T. Reproductive aspects of the rose shrimp *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) in the Gulf of Cadiz (southwestern Iberian Peninsula). **Bol. Inst. Esp. Oceanogr.**, 23, 57-71, 2007.

SPARRE, P.; VENEMA, S.C. **Introduction to tropical fish stock assessment**. Parte 1 - manual. FAO Fish. Paper, 1997. 376p.

TISCHER M.; SANTOS, M.C.F. Pesca e variação sazonal da ictiofauna acompanhante e dos camarões peneídeos capturados pela frota motorizada no litoral sul de Pernambuco. **B. Técn. Cient. CEPENE**, v.10, p.221-238, 2002.

VON BERTALANFFY, L. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). **Hum. Biol.**, v.10, p.181-213, 1938.

WILLIAMS, A.B. Shrimps, lobsters and crabs of the Atlantic coast of the eastern United States, Maine to Florida. **Smithsonian Institution Press**. Washington (DC), 1984. 550p.

YAMADA, R.; KODAMA, K.; YAMAKAWA, T.; HORIGUCHI, T.; AOKI, I. Growth and reproductive biology of the small penaeid shrimp *Trachysalambria curvirostris* in Tokyo Bay. **Mar. Biol.**, v.151, p.961-971, 2007.

4- Artigos científicos

4.1- Artigo científico I

Artigo científico a ser encaminhado a Revista **Crustaceana**.

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as estabelecidas pela referida revista (em anexo).

POPULATION DYNAMICS OF THE PINK SHRIMP *FARFANTEPENAEUS*
SUBTILIS (PÉREZ-FARFANTE, 1967) ON THE SOUTHERN COAST OF
PERNAMBUCO, NORTHEASTERN BRAZIL

BY

E. F. SILVA^{1,2}), N. CALAZANS¹), L. NOLÉ³), A. VIANA³), R. SOARES¹), S.
PEIXOTO¹) and F. L. FRÉDOU³)

¹)Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura,
Laboratório de Tecnologia em Aquicultura (LTA), 52171-900, Recife, PE, Brazil.

²)Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias,
Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial (DGTA), Bananeiras, PB, Brazil

³)Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura,
Laboratório de Estudos de Impactos Antrópicos na Biodiversidade Marinha e Estuarina
(BIOIMPACT), 52171-900, Recife, PE, Brazil

¹) e-mail: emanuelfelipe@yahoo.com.br

ABSTRACT

This study provides information on the population structure, growth, mortality and maximum recruitment yield for pink shrimp *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) on the southern coast of Pernambuco state, northeastern Brazil. A total of 1,246 specimens (545 males and 701 females) were monthly collected from august 2011 to july 2012. Shrimp were sexed, measured by carapace length (CL) and total length (TL) and weighed (BW). Mean total length of females was higher (11.42 ± 1.61 cm) than males (10.5 ± 1.62 cm) and dominated in the largest length classes. The biometric relationship between TL and CL, and TL and BW for males, females and pooled sexes showed a negative allometric growth. Estimation of von Bertalanffy growth parameters resulted in L_{∞} varying from 19.0 to 19.74 cm and k from 0.90 to 1.06 year⁻¹ for males, while females showed L_{∞} ranging from 21.0 to 21.64 cm and k from 1.0 to 1.10 year⁻¹. Mortality of females ($Z= 3.81$ to 5.74 year⁻¹; $M= 1.94$ to 2.04 year⁻¹; $F= 1.87$ to 3.7 year⁻¹) was higher than males ($Z= 3.12$ to 5.22 year⁻¹; $M= 1.86$ to 2.05 year⁻¹; $F= 1.26$ to 3.17 year⁻¹) resulting higher values in the exploitation rates. The exploitation rate for maximum recruitment yield was similar between males and females with values from 0.67 to 0.70, which was above the exploitation rates (0.40 to 0.64). Males longevity varied from 1.59 to 2.11, and females from 1.79 to 2.20 years. Based on the results of this study, *F. subtilis* has a short life cycle, rapid growth and high mortality. Although results indicated that *F. subtilis* was not yet overexploited, Pernambuco state is not included with the application of closure season, furthermore, the length at first catch of females (9.46 to 9.48 cm) is below the length at first maturity of the species. In this context, the stock of *F. subtilis* can reach a situation of overexploitation in the near future, threatening the sustainability of the stock and fishing activity.

INTRODUCTION

The penaeid shrimp represent the majority of world catches of shrimp, corresponding to 42.2% of the total catch between 1970 and 2000 (FAO, 2009). In Brazil, the capture of penaeid reached 38,373 tons in 2010, corresponding to 67.1% of the crustaceans fishing (MPA, 2012). In the northeast Brazil, shrimp fishery is carried out mainly by the artisanal non-motorized and motorized boats operating in shallow coastal waters (Neto, 2011). Within this region, catches of penaeid shrimps in Pernambuco state, which includes the pink shrimp *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967), ranks the second position in crustaceans fishing, being exceeded only by crabs fishing (IBAMA, 2005).

The *F. subtilis* is distributed from the Caribbean Sea (Cuba and Lesser Antilles) to the coast of Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brazil (D'Incao, 1995). As observed for most penaeid shrimp, *F. subtilis* has a complex life cycle, where postlarvae are carried by coastal currents into the estuaries and migrating offshore at the juvenile stage to join the adult population (Dall et al., 1990). Adults of this species are commonly found from shallow depths up to 90 meters (Pérez-Farfante, 1969). Knowledge of the biological aspects of *F. subtilis* is essential to determine the appropriate fishery management of this stock, allowing a better use of the resource and avoiding overfishing.

Most studies of population dynamics were performed with penaeid shrimp from southeastern and southern Brazilian coast, as observed for *Litopenaeus schmitti* (Santos et al., 2008), *Xiphopenaeus kroyeri* (Simões et al., 2010; Fernandes et al., 2011), *Farfantepenaeus paulensis* (Branco & Verani, 1998; Leite & Petrere, 2006) and *Farfantepenaeus brasiliensis* (Leite & Petrere, 2006). Furthermore, there is little information available on population dynamics and stock assessment for the pink shrimp *F. subtilis* in northern Brazil (Isaac et al., 1992).

Due to the biological and economic importance of *F. subtilis* in northeastern Brazil, as well as to establish subsidies for sustainable fisheries management of this stock, the objective of this study was to provide information on the population structure, growth, mortality and maximum recruitment yield for this species on the southern coast of Pernambuco, northeastern Brazil.

MATERIAL AND METHODS

Study site

The study was focused in main shrimp fishing area of Pernambuco state (northeastern Brazil), located near to the mouth of Sirinhaém River (08° 35' 57'' S - 08° 36' 57'' S and 034° 56' 58'' W - 035° 00' 48'' W, Fig. 1).

Data collection

Specimens of *F. subtilis* were monthly collected from august 2011 to july 2012 using an artisanal boat of the local fleet. The fishery was carried out diurnally during the full moon using a double trawl through network of 10 m in length and mouth of 6.10 m, with 30 mm and 25 mm mesh size in the net body and cod end, respectively. Data collection consisted of three hauls lasting two hours each, where it was randomly collected around 70 shrimp by set. After collection, the specimens were immediately placed in ice on board until the analysis.

Individuals were sexed using external characters (presence of telicum in females and petasma in males). Then the animals were measured by carapace length (CL, from the rostrum base to the posterior margin of the carapace) and total length (TL, from the rostral extremity to the telson extremity) using a digital caliper (mm) and weighed (BW, body wet weight) in analytical electronic balance (precision of 0.1 g).

Population structure

The population structure was described by considering months and sexes. To determine significant differences in TL between them, a two-way ANOVA (data $\log_{10}(x + 1)$ transformed) was performed (Sokal & Rohlf, 1987) following the necessary assumptions of normality (Kolmogorov-Smirnov Test) and homoscedasticity (Levene's Test). The post-hoc test of Bonferroni was used to determine significant differences between months and sexes. The proportion of males and females in relation to size classes of 0.5 cm was compared using the χ^2 test. All significant tests were at $p < 0.05$ levels.

Biometric relationships

Regression analysis was used to estimate biometric relationships, where the TL was the independent variable and CL and BW were the dependent variables. These relationships were performed separately for both sexes, as well as for pooled sexes. Regressions were adjusted by the least-squares method, with a confidence level of 95% (Sokal & Rohlf, 1987).

The relationship between the TL and CL was performed by linear regression ($CL = a + bTL$), where a is the intercept and b is the coefficient of allometry (positive allometric growth when $b > 1$, negative allometric when $b < 1$ and isometric growth when $b = 1$). To evaluate the relationship between the TL and BW, a potential regression ($BW = aTL^b$) was used, where a is the intercept and b is the coefficient of allometry (positive allometric growth when $b > 3$, negative allometric when $b < 3$ and isometric growth when $b = 3$). The Student's t test was used to compare the coefficient b of these relationships with 1 and 3, respectively for linear and potential regressions, as well as to compare relationships between sexes (Zar, 2009).

Growth

The frequency data of TL were analyzed using the computer package FISAT II (FAO/ICLARM Stock Assessment Tools) (Gayanilo et al., 2005). Growth was described using the von Bertalanffy (1938) model, according to the equation:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-kt}]$$

where, L_t is the total length (cm) at age t ; L_∞ is the asymptotic total length (cm); k is the growth coefficient (year^{-1}).

The parameters of the von Bertalanffy growth curve were determined by distributing measures of total length for males, females and pooled sexes into class intervals of 0.5 cm for each month, in order to define the mean lengths by age using the method of Bhattacharya (1967). Then, the tool "Linking of means" (FISAT II) (Gayanilo et al., 2005) was used to identify the increase in size throughout the growth. Finally, the growth parameters were estimated by methods Appeldoorn (1987) and length-at-age.

The best fit of von Bertalanffy growth model was also attained by restructuring length frequencies through the ELEFAN (Electronic Length Frequency Analysis) routine (Gayanilo et al., 2005), available in computational package FISAT II.

Mortality

Total mortality (Z) was estimated by a length-converted catch curve (Pauly, 1984) and Beverton-Holt model (Beverton & Holt, 1956). Natural mortality (M) was estimated by using Pauly's empirical relationship (Pauly, 1980), and fish mortality (F) by the difference between Z and M .

The exploitation rate was estimated through the ratio of F and Z . The probability of capture for sigmoid type selection was estimated for different size classes from the ratio of the expected numbers to those that were actually caught. From this curve, the

length at first capture (L_c) was estimated as the length corresponding to a 50% probability of capture. To estimate the maximum recruitment yield (E_{MRY}), the relative yield-per-recruit (Y/R) model was applied (Beverton & Holt, 1966). Longevity was determined by the relationship between Z and longevity (Hoenig, 1982).

RESULTS

Population structure

During the study period it was collected 1,246 specimens of *F. subtilis* corresponding to 545 males (43.7%) and 701 females (56.3%). Shrimp total length ranged from 6.5 to 18.5 cm, with males from 6.5 and 16.5 cm, and females from 7.5 to 18.5 cm.

The highest absolute frequency for pooled sexes of TL occurred in the length class of 11.5-12.0 cm, where females predominated ($p < 0.05$). In general, females were larger (11.42 ± 1.61 cm) than males (10.5 ± 1.62 cm) ($p < 0.05$) and dominated in the largest length classes (Fig. 2), while males were predominant only in the smaller size classes (8.0 to 8.5 and 8.5 to 9.0 cm) (Chi-square; $p < 0.05$) (Fig. 2).

The largest individuals were found in January, with TL of 14.76 ± 1.15 cm, differing significantly from shrimp captured in the period from February to December ($p < 0.05$) (Figure 3). Monthly, TL of males and females did not differ significantly from August to December, February and March. However, females were significantly larger than males in January and from April to July (Fig. 3). The smallest individuals were observed in December and April.

Biometric relationships

The relationship between TL and CL was significant for males, females and pooled sexes, with negative allometric growth ($p < 0.01$). Therefore, shrimp grows at a

lower rate in terms of CL than TL. The coefficient "b" of the *TL-CL* equation, which represents the type of growth, showed a significant difference between males and females ($p < 0.01$) (Table I). The relationship between TL and BW for males, females and pooled sexes was significant, showing a negative allometric growth ($p < 0.01$). The coefficient "b" of the *BW-TL* equation showed a significant difference between males and females ($p < 0.01$) (Table I).

Growth

It was identified three cohorts for males and five for females with similar growth rate for both sexes (Table II). The asymptotic total length estimated by the method Appeldoorn (1987) was larger for females (24.10 cm) than males (17.05 cm). The values of L_{∞} and k estimated by the methods length-at-age and ELEFAN were similar, with L_{∞} varying from 19.0 to 19.74 cm and k from 0.90 to 1.06 year⁻¹ for males and L_{∞} ranging from 21.0 to 21.64 cm and k from 1.0 to 1.10 year⁻¹ for females. In general, it is observed that L_{∞} values estimated by the three methods were higher for females than males (Table III). The growth parameters estimated by the methods length-at-age and ELEFAN were used for mortality and yield-per-recruit models, since they proved to be more related to the growth of the species, considering the literature and other species of the same genus (Fig. 4, Fig. 5).

Mortality

Mortality estimates (Z , M and F) varied from 1.26 to 6.86 year⁻¹ according to the methodology and growth parameter input. The method of Length-at-Age estimated higher values compared to ELEFAN, whereas Z obtained by the Length-Converted Catch Curve method estimated higher values compared to the Beverton & Holt method (Table IV).

Female mortality estimates were higher than males regardless the method used, providing higher values in the exploitation rates (E). Similarly, the length at first capture was higher for females (9.46 to 9.48 cm) than males (8.13 to 8.45 cm). The exploitation rate for maximum recruitment yield (E_{MRV}) was similar between males and females with values from 0.67 to 0.70, which was above the exploitation rates (0.40 to 0.64) (Table IV). Females had higher longevity than males regardless the methods used to estimate total mortality (Z), as well as the methods of Length-at-age and ELEFAN. Males longevity varied from 1.59 to 2.11, and females from 1.79 to 2.20 years (Table IV).

DISCUSSION

Females of the pink shrimp *F. subtilis* on the southern coast of Pernambuco were larger and more abundant than males. It is common among crustaceans that males reach larger sizes, probably to ensure copulation and intraspecific competition (Gherardi & Micheli, 1989). However, the largest size of females observed in the present study is probably related to their reproduction strategy by increasing fertility (Lima et al., 2006). Furthermore, Hartnoll (1982) reports that females have length dimensions and weight higher than males, as females need space to accommodate the development of the ovaries and other reproductive structures. Santos and Magalhães (2001) and Corrêa & Martinelli (2009) also observed this pattern for *F. subtilis*. The smaller individuals in this study were observed in the months of December and April, indicating a possible recruitment during these months.

The body dimensions throughout the life cycle of a given species are described by morphological relationships (Fonteles-Filho, 2011). For penaeid it is common to relate the size measures, such as the carapace length and total length, as well as between

length and weight (Dall et al., 1990; Albertoni et al., 2003). In the present study, the coefficient b of $TL-CL$ relationship demonstrated a negative allometric growth for males, females and pooled sexes, with a lower growth of CL in relation to TL. The negative allometric growth was also observed in $BW-TL$ relationship, with a lower increase of BW in relation to TL.

Negative allometry has also been observed for other penaeids, such as *L. schmitti* (Carvalho, 2013), *F. brasiliensis* and *F. paulensis* (Mello, 1973; Branco & Verani, 1998; Albertoni et al., 2003). However, studies with *F. subtilis* in northern Brazil found positive allometry for the weight-length relationship for both sexes (Isaac et al., 1992; Martinelli, 2005; Carvalho, 2006). Also, Leite & Petrere (2006) found positive allometry for females of *F. paulensis* and *F. brasiliensis*. According to Hartnoll (1982), the allometric growth is observed during the larval and adult phases of the marine shrimp life cycle, the first one due to the successive metamorphoses, and because of reproduction and gonadal maturation processes. Moreover, the body weight of individuals may be influenced by their stomach contents (Fonteles-Filho, 2011). The positive allometry found by these studies may also be associated with the catch area, since individuals were collected inside or near to estuarine areas. Vannucci (2003) and Wolff et al. (1999) argued that estuaries are areas that present food availability, implying an increase in biomass for many species. The lower increase in weight in relation to total length observed in this study may be associated with sexual maturity and gonadal maturation stages of females, as mostly females showed immature or developing stages (unpublished data).

According to Hartnoll (1982), penaeid growth can be described as an increase in length, volume and weight, and it is a discontinuous process, with a succession of molts separated by intermolt periods. Growth data may be obtained from reading marks in

rigid structures such as scales and otolith of fish, marking and recapture of animals, and length-frequency. However, due to lack of rigid structures in crustaceans, the analysis of length-frequency data is the most suitable for the determination of population parameters for penaeid shrimp (Etim & Sankare, 1998). For these species, the asynchronism and high frequency of moults per year allows the use of growth models such as the von Bertalanffy (Garcia & Le Reste, 1986).

In the present study, the growth parameters obtained by the methods length-at-age and ELEFAN showed similar values for *F. subtilis*. The L_{∞} was lower for males (19.0 to 19.74 cm) when compared to females (21.0 to 21.64 cm). The growth constant k was similar between sexes, with values from 0.90 to 1.10 year⁻¹. Similar results were observed by Isaac et al. (1992) for *F. subtilis* in northern Brazil, with L_{∞} from 17.1 to 18.7 cm for males and from 20.8 to 22.5 cm for females. These authors estimated k values from 1.08 to 1.23 and 1.0 to 1.07 year⁻¹ for males and females, respectively. Leite & Petrere (2006) obtained different growth parameters between sexes for two *Farfantepenaeus* species in southeast Brazil, especially with respect to L_{∞} , with values of 23 and 21 cm for males and 28 and 25 for females of *F. brasiliensis* and *F. paulensis*, respectively. Therefore, it is suggested that these species have higher asymptotic length when compared to *F. subtilis*. However, these authors estimated k values from 0.84 to 0.90 year⁻¹ for *F. brasiliensis* and from 0.83 to 1.10 year⁻¹ for *F. paulensis*, which were similar to those found in this study for *F. subtilis*. The growth parameters vary spatially and temporally among species, which may be related to intrinsic (e.g. genetic effects) and extrinsic (e.g. environmental factors) reasons, as well as geographic location, sex and life stage (Albertoni et al., 2003; Fernandes et al., 2011).

Several factors can influence the sustainability of a population in the marine environment (King, 1984). These factors include adverse conditions, lack of food,

competition and, most important of all, predation (Niamaimandi et al., 2007). Mortality varies with the age of the cohort, where young individuals are more susceptible to natural mortality since they are subject to predators, while fishing mortality tends to be lower due to the escape of these individuals from the fishing gear or their absence in the capture area (Sparre & Venema, 1997).

Estimates of total mortality Z varied according to both methodologies, as well as the growth parameters used. Females had a higher mortality (3.81 to 5.74 year⁻¹) compared to males (3.12 to 5.22 year⁻¹), but the interval between the sexes showed a similar range. Results from the present study were in line with values estimated in the literature for populations suffering strong exploration. Isaac et al. (1992) observed that *F. subtilis* in northern Brazil showed Z values from 2.21 to 7.01 year⁻¹ and 1.63 to 5.38 year⁻¹ for males and females, respectively. Leite & Petrere (2006) reported Z values of 5.3 (males) and 4.3 year⁻¹ (female) to *F. brasiliensis* and 6.2 (males) and 5.1 year⁻¹ (female) to *F. paulensis*. Pauly et al. (1984) estimated values of 5.43 and 6.71 year⁻¹ for males and females of *P. setiferus*, respectively, and 7.07 year⁻¹ to *F. dourarum* in the United States. Carvalho (2013) observed higher rates of total mortality for *L. schmitti* (6.0 years⁻¹) in southeast while D'Incao (1984) reported Z values of 7.80 (males) and 6.84 year⁻¹ (female) to *F. paulensis* in southern Brazil. Niamaimandi et al. (2007) reported Z of 6.4 and 8.2 year⁻¹ for males and females of *P. semisulcatus*, respectively.

The results of M obtained in this study were very similar for males and females, with values from 1.86 to 2.15 year⁻¹. Similar results were found by Leite & Petrere (2006), with values of 1.8 and 1.9 year⁻¹ for *F. brasiliensis* and *F. paulensis*, respectively. Similarly, *F. aztecus* showed M values from 1.8 to 2.5 year⁻¹ (Garcia, 1985). Andrade de Pasquier & Stotz (1999) observed for *L. schmitti* in Venezuela coefficients from 1.52 to 2.56 year⁻¹. Since natural mortality is directly influenced by

the growth constant (k), higher values of this parameter will result in higher natural mortality, however, in the present study males and females showed similar values of k , then justifying the similarity of the data for this estimate.

Fishing mortality (F) observed in the present study showed variation according to the methodology used to estimate total mortality and growth parameters, but the interval between the sexes showed similar values. The males showed F values from 1.26 to 3.17 year⁻¹ and females from 1.87 to 3.7 year⁻¹. These results were lower than those estimated for *F. paulensis* males (6.24 year⁻¹) and females (5.52 year⁻¹) from Patos Lagoon estuary, southern Brazil (D'Incao, 1984). Similarly, Leite & Petrere (2006) observed F of 4.7 year⁻¹ to *F. brasiliensis* and 6.8 year⁻¹ to *F. paulensis*. Villela et al. (1997) estimated F of 7 year⁻¹ to *F. brasiliensis* in Araruama Lagoon, southeastern Brazil.

In the present study, *F. subtilis* showed longevity from 1.59 to 2.38 years. Niamaimandi et al. (2007) estimated longevity from 1.3 to 1.8 years to *P. semisulcatus* and Neiva & Wise (1967) and Santos (1997) estimated longevity of 2.5 years for shrimp *Xiphopenaeus kroyeri*. According to Dall et al. (1990), the penaeid life cycle is estimated around two years. However, Pérez-Farfante (1970) reports that the largest size reached by some individuals may indicate a higher longevity. Some studies suggested longevity for penaeid varies from 1.3 to 2.5 years (Garcia and Le Reste, 1986; Fonseca 1998).

The assessment of fish stocks provides information for the optimal exploitation of aquatic resources (Sparre & Venema, 1997). In this context, the exploitation rate estimates provide a sense of how the resource is being explored. Exploitation rates obtained in this study showed values from 0.40 to 0.60 for males and from 0.49 to 0.64 for females, which were slightly below the rates of maximum recruitment yield (E_{MRY})

of 0.67 to 0.68 and 0.67 to 0.70 for males and females, respectively. These results indicate that *F. subtilis* stock is not overexploited, which can be supported by the short life cycle of the species with rapid growth and high natural mortality. However, Pernambuco state has no legislation to regulate shrimp catch and the length at first catch of females (9.46 to 9.48 cm) observed in present study is below the length at first maturity of the species (11 cm) suggested by Isaac et al. (1992). Therefore, shrimp are caught before reaching sufficient size to contribute to the population increase, indicating that *F. subtilis* stock in the southern coast of Pernambuco may reach overexploitation in the near future.

Considering that fishing effort on this fish stock is very intense, it is necessary to control the access of this fishery either by limiting the number of vessels, or by establishing permanent or seasonal closing areas (Marine Protected Area), especially in periods of recruitment of the species. Those regulations would not only protect the stock of *F. subtilis* but also others penaeids which are also exploited by this fishery and show similar biological pattern.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the Pernambuco State Council of Science and Technology (FACEPE), Coordination for the Improvement of the Higher Level Personnel (CAPES) and the National Counsel of Technological and Scientific Development (CNPq). Silvio Peixoto and Flávia Lucena Frédou are research fellows of CNPq.

REFERENCES

- ALBERTONI, E. F., C. PALMA-SILVA & F. A. ESTEVES, 2003. Crescimento e fator de condição na fase juvenil de *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille) e *F. paulensis* (Pérez-Farfante) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) em uma lagoa costeira tropical do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **20**: 409-418.
- ANDRADE DE PASQUIER, G. & W. STOTZ, 1999. Crecimiento y mortalidad del camarón blanco, *Penaeus schmitti*, en el Lago de Maracaibo, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, **17**: 63-89.
- APPELDOORN, R., 1987. Modification of a seasonality oscillating growth function for use with mark-recapture data. *J. Cons. CIEM*, **43**: 194-198.
- BEVERTON, R. J. H. & S. J. HOLT, 1956. A review of methods for estimating mortality rates in exploited fish populations, with special reference to sources of bias in catch sampling. *Rapp.P.-V.Réun. CIEM*, **140**: 67-83.
- & -----, 1966. Manual of methods for fish stock assessment. Part II. Tables of yield function. *FAO Fish. Biol. Tech. Pap.*, **38**.
- BHATTACHARYA, C. G., 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, **23**: 115-135.
- BRANCO, J. O. & J. R. VERANI, 1998. Estudo populacional do camarão-rosa *Penaeus paulensis* Perez Farfante (Natantia, Penaeidae) na Lagoa da Conceição, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **15**: 353-364.
- CARVALHO, A. S. S., 2006. Biologia e distribuição ecológica dos camarões Penaeidae (Crustacea; Decapoda) do estuário de Curuçá, Pará, costa Norte do Brasil. (M.Sc. Thesis, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brazil)
- CARVALHO, C., 2013. Crescimento e Mortalidade do camarão branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) em ambiente natural e

em confinamento. (M.Sc. Thesis, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil).

CORRÊA, A. B., J. M. MARTINELLI, 2009. Composição da População do Camarão-Rosa *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1936) no Estuário do Rio Curuçá, Pará, Brasil. *Revista Científica da UFPA*, **7**: 1-18.

DALL, W., B. J. HILL., P. C. ROTH LISBERG & D. J. STAPLES, 1990. The Biology of the Penaeidae: 1-489. (Advances in Marine Biology. Academic Express, London).

D'INCAO, F., 1984. Estudo sobre o crescimento de *Penaeus*, *Farfantepeneus*, *paulensis* Perez-Farfante, 1967 da Lagoa dos Patos, RS, Brasil, Decapoda, Penaeidae. *Atlântica Rio Grande*, **7**: 73-84.

-----, 1995. Taxonomia, padrões distribucionais e ecológicos dos Dendrobranchiata (Crustacea: Decapoda) do Brasil e Atlântico Ocidental: 1- 365. (Doctoral Thesis, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brazil).

ETIM, L. & Y. SANKARE, 1998. Growth and mortality, recruitment and yield of the fresh-water shrimp, *Macrobrachium vollenhovenii*, Herklots 1851 (Crustacea, Palaemonidae) in the Fahe reservoir, Côte d'Ivoire, West Africa. *Fisheries Research*, **38**: 211-223.

FAO., 2009. The state of world fisheries and aquaculture, 2008: 1-176. (FAO, Rome, Italy).

FERNANDES, L. P., A. C. SILVA., L. P. JARDIM., K. A. KEUNECKE & A. P. M. DI BENEDETTO, 2011. Growth and Recruitment of the Atlantic Seabob Shrimp, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda, Penaeidae), on the Coast of Rio De Janeiro, Southeastern Brazil. *Crustaceana*, **84**: 1465-1480.

FONSECA, D. B., 1998. *Kalliapseudes schubartii* Mañé-Garzón, 1949 (Crustacea, Tanaidacea): comparação entre metodologias de análise de crescimento e dinâmica

populacional da espécie. (M.Sc. Thesis, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brazil).

FONTELES FILHO, A. A., 2011. Oceanografia, Biologia e Dinâmica Populacional de Recursos Pesqueiros: 1-460. (Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Fortaleza, Brazil).

GARCIA, S., 1985, Reproduction, stock assessment models and population parameters in exploited penaeid shrimp populations, In: P.C. ROTH LISBERG, B. J. HILL & D. J. STAPLES (eds.), Second Australian National Prawn Seminar: 138-158. (Cleveland, Australia).

GARCIA, S. & L. LE RESTE, 1986. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros: 1-180. (FAO Doc. Téc. Pesca, 203).

GAYANILO, F. C., P. SPARRE & D. PAULY, 2005. FAO-ICLARM Stock assessment tools II (FISAT II): 1-168. User's guide. (FAO Computerized Information, Roma, Italy).

GHERARDI, F. & F. MICHELI, 1989. Relative growth and population structure of the freshwater crab, *Potamon potamios palestinensis*, in the Dead Sea area (Israel). Israel Journal of Zoology, **36**: 133-145.

HARTNOLL, R. G., 1982. Growth. In: D. BLISS (ed.), The biology of Crustacea, 2: 111-185.(Academic Press, New York).

HOENIG, J.M., 1982. Estimating mortality rate from the maximum observed age. ICES. C.M./1982/D: **5**, 1-10.

IBAMA., 2005. Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do nordeste do Brasil, 2005: 1-79. (IBAMA, Brazil).

ISAAC, V. J., J. DIAS NETO & F. G. DAMASCENO, 1992. Camarão-rosa da Costa Norte: Biologia, dinâmica e administração pesqueira: 1-187. (Série de Estudos de Pesca, Coleção Meio Ambiente, Brasília, Brazil).

KING, M., 1984. A study of the reproductive organs of the common marine shrimp, *Penaeus setiferus* (Linnaeus). The Biological Bulletin, **94**: 244-262.

LEITE JR, N. O. & M. PETRERE JR, 2006. Growth and mortalities of the Pink-shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* Latreille, 1970 and *F. paulensis* PÉREZ-FARFANTE 1967 in Southeast Brazil. Brazilian Journal of Biology, **66**: 523-536.

LIMA, V., C. M. SILVEIRA. & L. M. Y. OSHIRO, 2006. Estrutura populacional dos camarões simpátricos *Potimirim glabra* e *Potimirim potimirim* (Crustacea, Decapoda, Atyidae) no rio Sahy, Rio de Janeiro, Brasil. Iheringia, Série Zoologia, **96**: 81-87.

MARTINELLI, J. M., 2005. Estrutura populacional dos camarões Penaeidae no estuário do Rio Caeté, litoral Norte do Brasil. (Doctoral Thesis, Belém, Pará, Brazil).

MELLO, J. T. C., 1973. Estudo populacional do "camarão-rosa" *Penaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) e *Penaeus paulensis* Perez Farfante 1967. Boletim do Instituto de Pesca, **2**: 19-65.

MPA., 2012. Boletim estatístico da pesca e aquicultura, 2010: 1-128. (MPA, Brazil).

NEIVA, G. S. & J. P. WISE, 1967. A biologia e pesca do camarão sete barbas da baía de Santos, Brasil. Revista Nacional de Pesca, São Paulo: 12-19.

NETO, J. D., 2011. Proposta de Plano nacional de gestão para o uso sustentável de camarões marinhos do Brasil: 1-242. (IBAMA, Brasília, Brazil).

NIAMAIMANDI, N., A. B. ARSHAD., S. K. DAUD., R. C. SAED & B. KIABI, 2007. Population dynamic of green tiger prawn, *Penaeus semisulcatus* (De Haan) in Bushehr coastal waters, Persian Gulf. Fisheries Research, **86**: 105-112.

PAULY, D., 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. CIEM*, **39**: 175-192.

PAULY, D., 1984. Length-converted catch curves: a powerful tool for fisheries research in the tropics (Part II). *ICLARM Fishbyte*, **2**: 17-19.

-----, INGLES, J. & NEAL, R., 1984. Application to shrimp stocks of objective methods for the estimation of vital statistics from length data. In: J. A. GULLAND & B. J. ROHSCHILD (eds.), *Penaeid Shrimps: Their Biology and Management* Farnham: Fishing News Books: 58-69.

PÉREZ-FARFANTE, I., 1969. Western Atlantic shrimps of the genus *Penaeus*. *Fishery Bulletin, U.S.*, **67**: 461-591.

-----, 1970. Sinopsis de datos biológicos sobre el camarón blanco *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936. *FAO Fish. Rep.*, **57**, 1417-1433.

SANTOS, J. L., E. SEVERINO-RODRIGUES & A. M. VAZ-DOS-SANTOS, 2008. Estrutura populacional do camarão-branco *Litopenaeus schmitti* nas regiões estuarina e marinha da baixada santista, São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, **34**: 375-389.

SANTOS, M. C. F., 1997. O camarão sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) no Nordeste do Brasil. (M.Sc. Thesis, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil).

----- & J. A. MAGALHÃES, 2001. Recrutamento do camarão rosa, *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez - Farfante, 1967) (Crustacea: Decapoda: Penaeidae), no litoral sul do Estado da Bahia – Brasil. *Boletim Técnico-Científico do CEPENE*, **9**: 73-85.

SIMÕES, S. M., R. C. COSTA., A. FRANZOZO & A. L. CASTILHO, 2010. Diel variation in abundance and size of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Crustacea, Penaeoidea) in the Ubatuba region, Southeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **82**: 369-378.

SOKAL, R. R. & F. J. ROHLF, 1987. Introduction to biostatistics: 1-887. (New York, Freeman Publication).

SPARRE, P. & S. C. VENEMA, 1997. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1 – manual: 1-376. (FAO Fish. Paper).

VANNUCCI, M. O., 2003. O manguezal e Nós: Uma síntese de Percepções: 1-244. (Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil).

VILLELA, M.J., P.A.S. COSTA & J.L.VALENTIN, 1997. Crescimento e mortalidade de juvenis do camarão-rosa, *Penaeus brasiliensis* Latreille, 1817, na Lagoa de Araruama, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Biologia*, **57**: 487-499.

VON BERTALANFFY, L., 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). *Human Biology*, **10**: 181-213.

WOLFF, M., V. KOCH & V. J. A. ISAAC. 1999. A Trophic Flow Model of the Caeté Mangrove Estuary (North Brazil) with Considerations for the Sustainable Use of its Resources. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **50**: 789-803.

ZAR, J. H., 2009. Biostatistical analysis: 1-994. (Upper Saddle River, Prentice-Hall International INC).

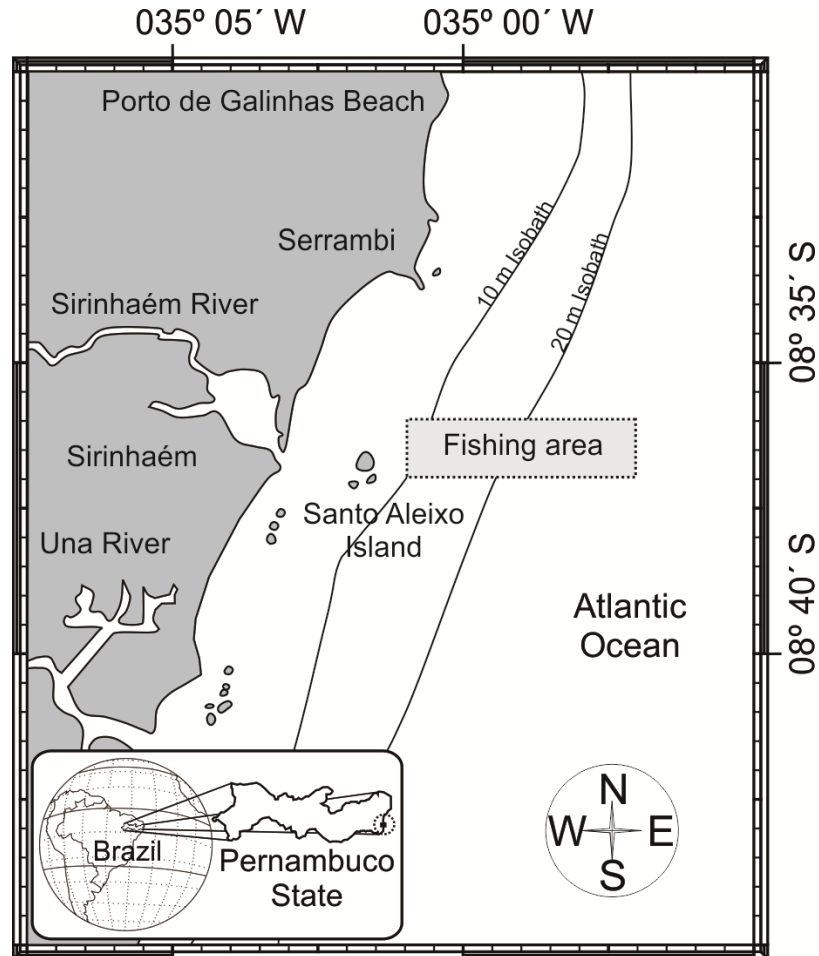


Fig. 1. Geographical location of the study site in the coast of Barra de Sirinhaém, Pernambuco state, northeastern Brazil.

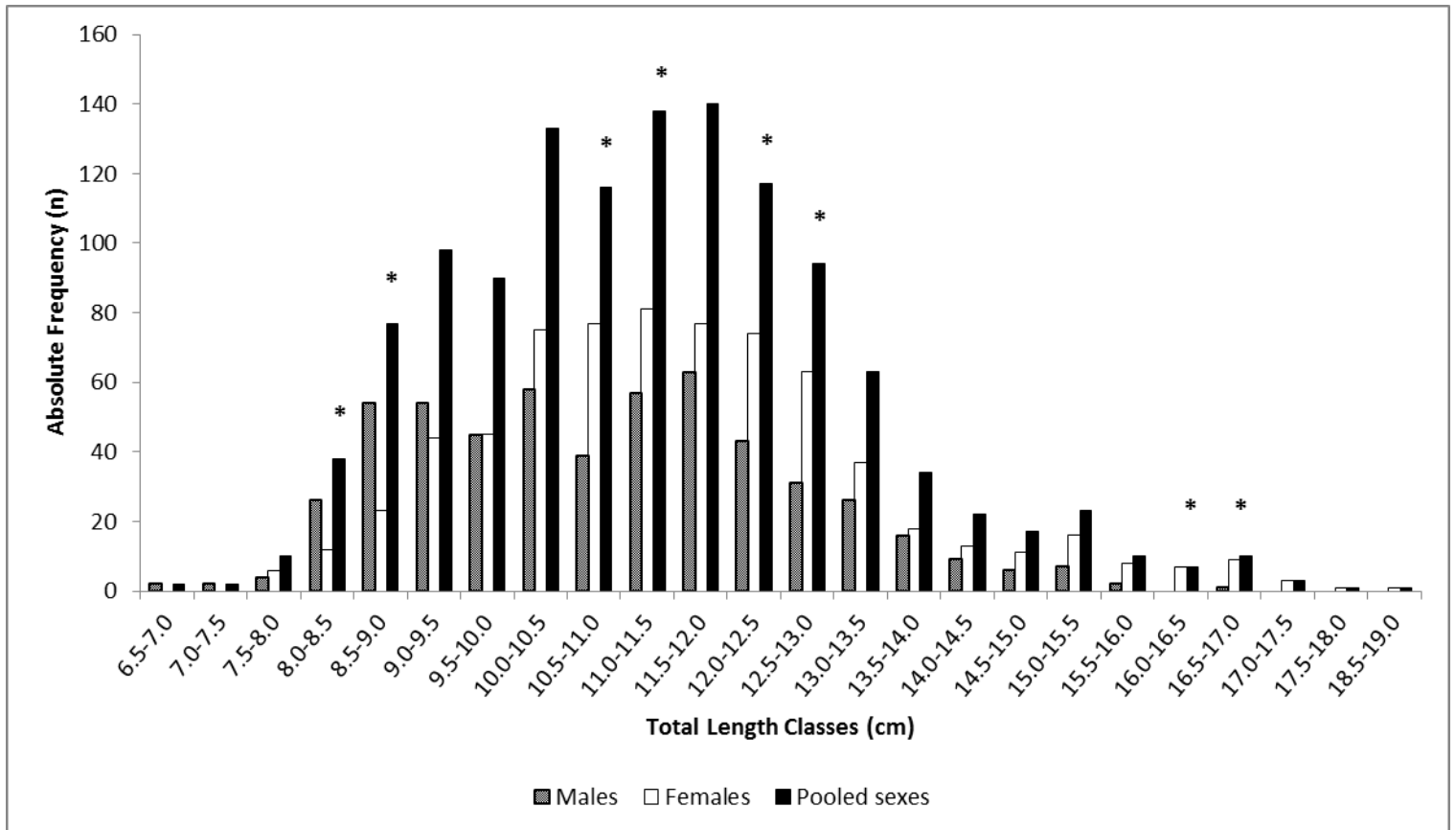


Fig. 2. Absolute frequency distribution per length classes of males, females and pooled sexes for pink shrimp *Farfantepenaeus subtilis*, captured in the period of august 2011 to July 2012, in Barra de Sirinhaém, Pernambuco state, northeastern Brazil. *significant differences between males and females.

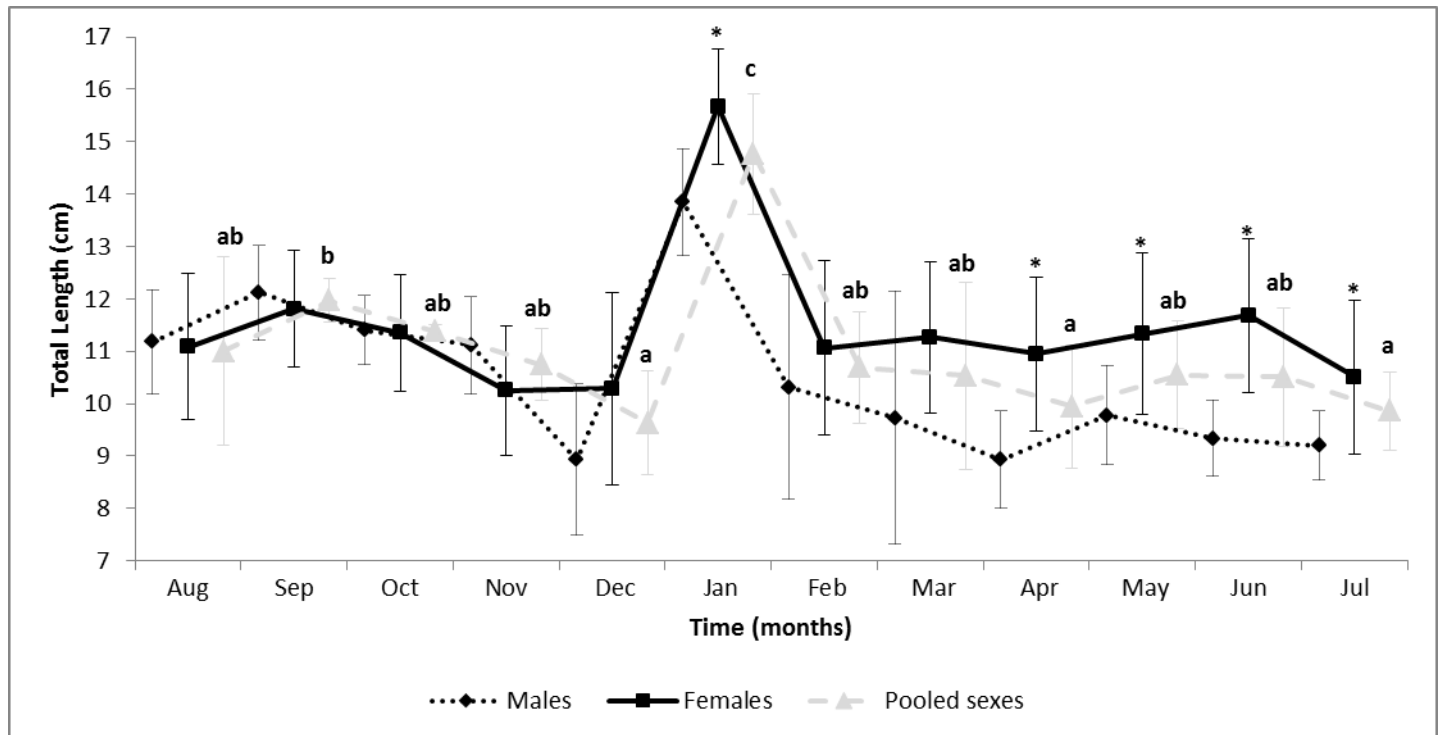


Fig. 3. Monthly average (\pm S.D) of the total length (TL) (cm) of males, females and pooled sexes for pink shrimp *Farfantepenaeus subtilis*, captured in the period of august 2011 to july 2012, in Barra de Sirinhaém, Pernambuco state, northeastern Brazil. Different letters indicate significant differences between months. *significant differences between males and females.

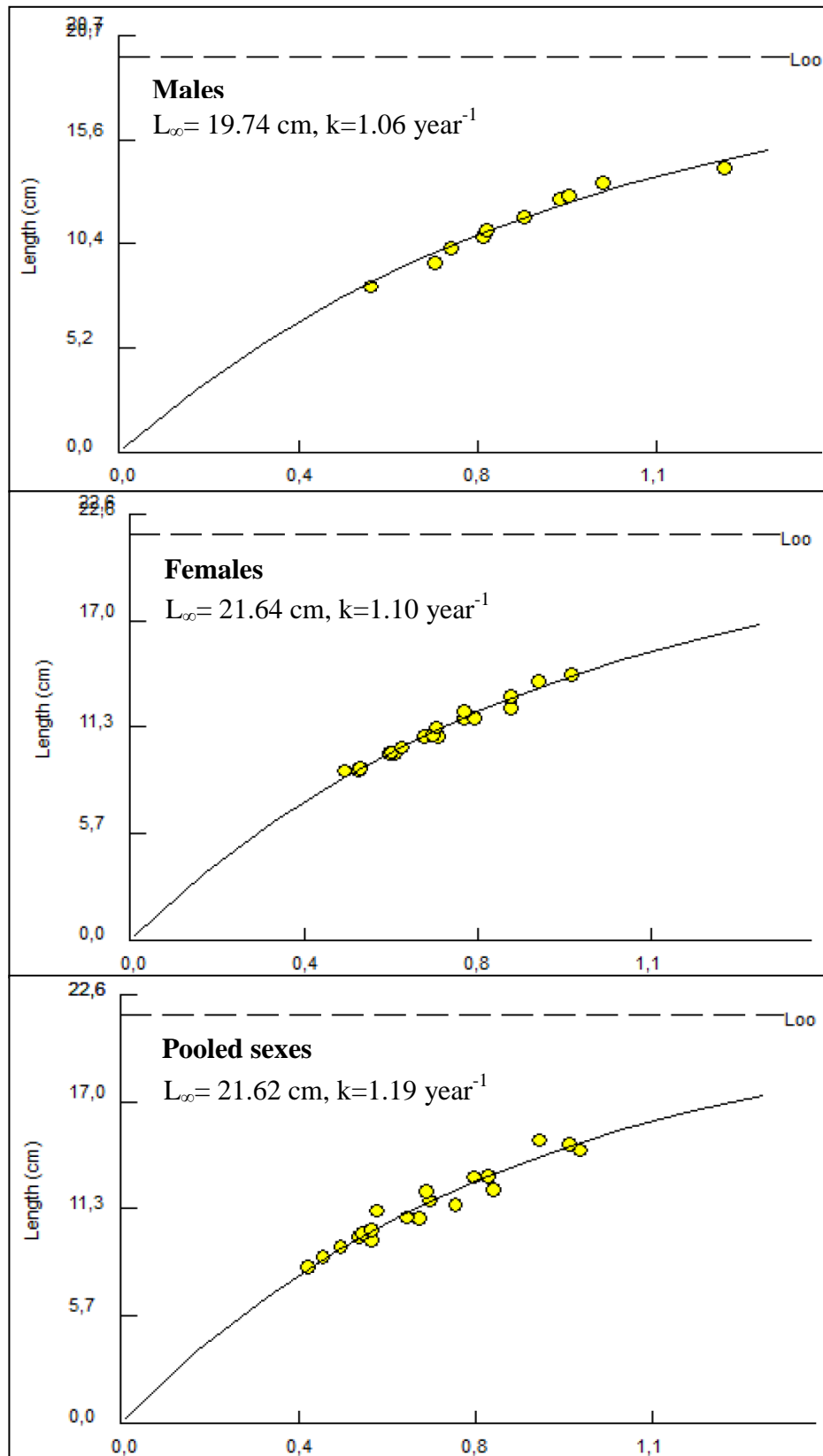


Fig. 4. Growth curve of male, females and pooled sexes estimated by length-at-age for pink shrimp *Farfantepenaeus subtilis*, captured in the period of august 2011 to July 2012, in Barra de Sirinhaém, Pernambuco state, northeastern Brazil.

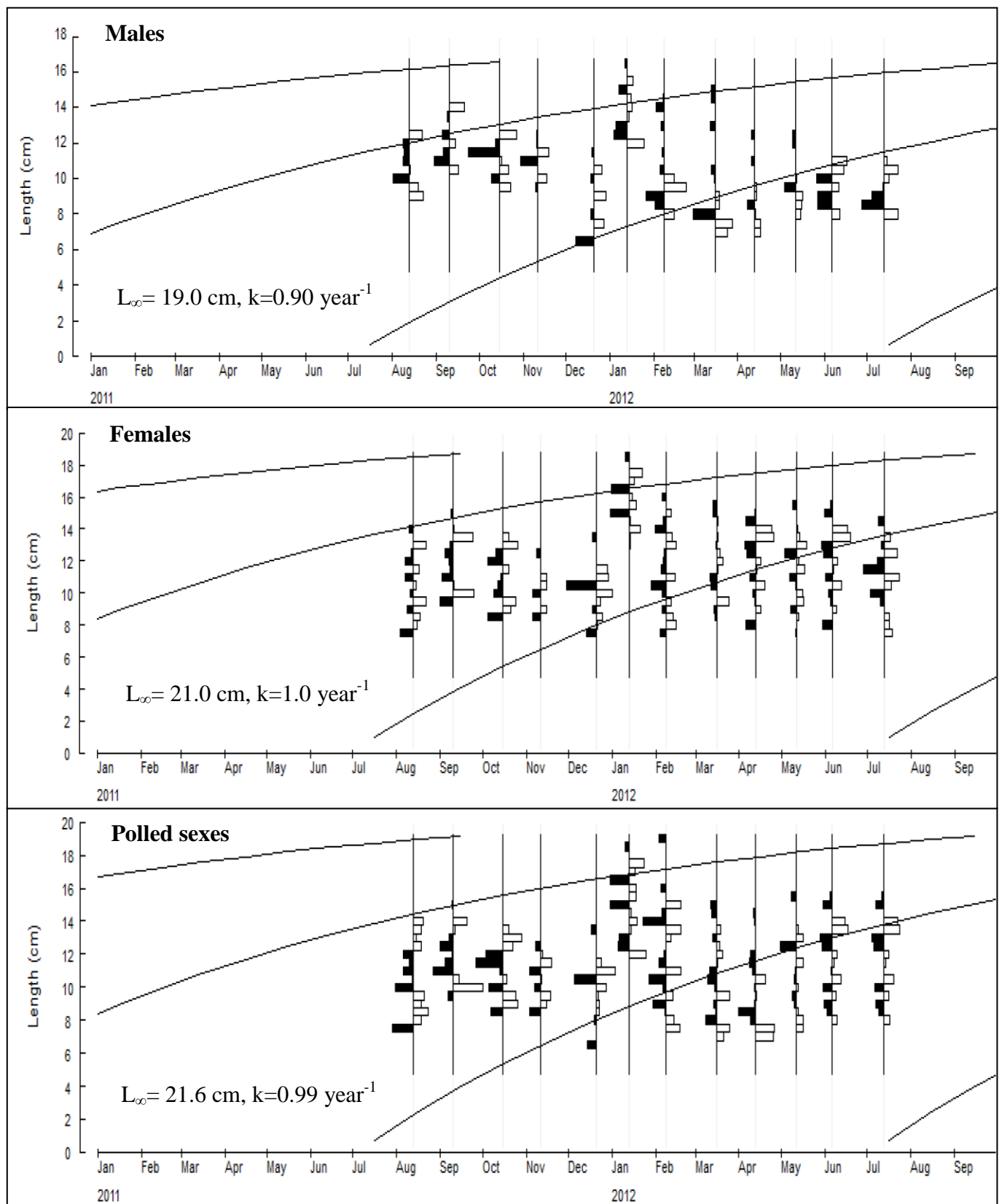


Fig. 5. Growth curve of male, females and pooled sexes estimated by ELEFAN-I for pink shrimp *Farfantepenaeus subtilis*, captured in the period of august 2011 to July 2012, in Barra de Sirinhaém, Pernambuco state, northeastern Brazil.

Table I

Descriptive statistics and *TL-CL* and *BW-TL* relationship parameters for pink shrimp *Farfantepenaeus subtilis*, captured in the period of august 2011 to july 2012, in Barra de Sirinhaém, Pernambuco state, northeastern Brazil.

	Males	Females	Pooled sexes
Length characteristics (cm)			
<i>TL</i> , mean±S.D. (<i>TL</i> _{min} - <i>TL</i> _{max})	10.50±1.62 (6.5 - 16.5)	11.42±1.61 (7.5 - 18.5)	11.16±1.84 (6.5 - 18.5)
<i>CL</i> , mean±S.D. (<i>CL</i> _{min} - <i>CL</i> _{max})	2.22±0.36 (1.17 - 3.37)	2.49±0.48 (1.46 - 4.21)	2.37±0.45 (1.17 - 4.21)
<i>TL-CL</i> equation	$CL = 0.1918TL + 0.1563$	$CL = 0.2407TL - 0.2619$	$CL = 0.2268 TL - 0.1545$
Determination Coefficient (r^2)	0.85	0.87	0.85
t-test (Coefficient $b=1$)	$p < 0.01^*$	$p < 0.01^*$	$p < 0.01^*$
Growth Type	Allometric (-) ^a	Allometric (-) ^b	Allometric (-)
Weight characteristics (g)			
<i>BW</i> , mean±S.D. (<i>BW</i> _{min} - <i>BW</i> _{max})	9.99±4.92 (2.5 - 28.99)	12.71±6.85 (3.0 - 46.44)	11.52±6.23 (2.5 - 46.44)
<i>BW-TL</i> equation	$BW = 0.0112TL^{2.8267}$	$BW = 0.0111TL^{2.8579}$	$BW = 0.0102TL^{2.8781}$
Determination Coefficient (r^2)	0.93	0.91	0.92
t-test (Coefficient $b=3$)	$p < 0.01^*$	$p < 0.01^*$	$p < 0.01^*$
Growth Type	Allometric (-) ^a	Allometric (-) ^b	Allometric (-)

Different superscript letters indicate significant differences between males and females. *The coefficient b indicates significant allometric growth. TL: total length (cm); SD: standard deviation; min: minimum; max: maximum; CL: carapace length (cm); BW: body weight.

Table II

Mean of growth per cohort and growth rate estimated for males, females and pooled sexes from the results of the Bhattacharya method for pink shrimp *Farfantepenaeus subtilis*, captured in the period of august 2011 to july 2012, in Barra de Sirinhaém, Pernambuco state, northeastern Brazil.

Males								
Spawning	Month	Mean TL (cm)	Month	Mean TL (cm)	Δt (month)	ΔL (cm)	$\Delta L/\Delta t$ (cm month ⁻¹)	Mean $\Delta L/\Delta t$
Cohort 1	August	11.75	September	12.58	1	0.83	0.83	0.61
	September	12.58	January	14.2	4	1.62	0.40	
Cohort 2	October	10.2	November	11.08	1	0.88	0.88	0.79
	November	11.08	January	12.78	2	1.7	0.85	
Cohort 3	January	12.78	February	13.42	1	0.64	0.64	0.95
	December	8.25	February	9.45	2	1.2	0.6	
	February	9.45	March	10.75	1	1.3	1.3	
Females								
	Month	Mean TL (cm)	Month	Mean TL (cm)	Δt (month)	ΔL (cm)	$\Delta L/\Delta t$ (cm month ⁻¹)	Mean $\Delta L/\Delta t$
Cohort 1	August	9.0	October	10.8	2	1.8	0.9	0.74
	October	10.8	January	13.75	3	2.95	0.98	
	January	13.75	February	14.11	1	0.36	0.36	
Cohort 2	December	10.25	February	12.2	2	1.95	0.97	0.88
	February	12.2	March	12.99	1	0.79	0.79	
Cohort 3	February	9.98	March	10.86	1	0.88	0.88	0.79
	March	10.86	April	11.78	1	0.92	0.92	
	April	11.78	May	12.37	1	0.59	0.59	
Cohort 4	March	9.1	April	9.92	1	0.82	0.82	0.91
	April	9.92	May	10.91	1	0.99	0.99	
	May	10.91	June	11.78	1	0.87	0.87	
	June	11.78	July	12.75	1	0.97	0.97	
Cohort 5	May	9.05	June	9.92	1	0.87	0.87	1.13
	June	9.92	July	11.32	1	1.4	1.4	
Pooled sexes								
	Month	Mean TL (cm)	Month	Mean TL (cm)	Δt (month)	ΔL (cm)	$\Delta L/\Delta t$ (cm month ⁻¹)	Mean $\Delta L/\Delta t$
Cohort 1	August	9.31	September	11.22	1	1.91	1.91	1.42
	September	11.22	January	14.96	4	3.74	0.93	
Cohort 2	October	10.22	November	10.86	1	0.64	0.64	0.86

	November	10.86	January	13.05	2	2.19	1.09	
	January	13.05	March	14.76	2	1.71	0.85	
Cohort 3	December	9.99	February	12.23	2	2.24	1.12	
	February	12.23	March	13.0	1	0.77	0.77	0.78
	March	13.0	June	14.42	3	1.42	0.47	
Cohort 4	December	8.25	February	9.65	2	1.4	0.7	
	February	9.65	March	10.8	1	1.15	1.15	0.85
	March	10.8	April	11.56	1	0.76	0.76	
	April	11.56	May	12.37	1	0.81	0.81	
Cohort 5	March	8.75	April	9.86	1	1.11	1.11	1.02
	April	9.86	June	11.75	2	1.89	0.94	

Δt = time difference between two subsequent average of TL, ΔL = length difference of two subsequent averages.

Table III

Estimation of growth parameters L_{∞} (cm) and k (year^{-1}) (\pm S.E) through different methods for males, females and pooled sexes for pink shrimp *Farfantepenaeus subtilis*, captured in the period of august 2011 to july 2012, in Barra de Sirinhaém, Pernambuco state, northeastern Brazil.

Methods	Sex	L_{∞} (cm)	K (year^{-1})
Appeldoorn (1987)	Males	17.05 \pm 1.54	1.53 \pm 1.03
	Females	24.10 \pm 14.15	0.88 \pm 0.94
	Pooled sexes	20.87 \pm 6.07	1.28 \pm 0.67
Length-at-age	Males	19.74 \pm 6.09	1.06 \pm 0.76
	Females	21.64 \pm 5.59	1.10 \pm 0.59
	Pooled sexes	21.62 \pm 6.51	1.19 \pm 0.79
ELEFAN I	Males	19.0	0.90
	Females	21.0	1.0
	Pooled sexes	21.60	0.99

Table IV

Estimates of total mortality (Z -year⁻¹), natural mortality (M -year⁻¹), fishery mortality (F -year⁻¹), exploitation rates (E), length at first catch (L_C -cm), longevity (Long. year⁻¹) and maximum recruitment yield (E_{MRY}) through both the Length-Converted Catch Curve and the Beverton and Holt method of males, females and pooled sexes for pink shrimp *Farfantepenaeus subtilis*, captured in the period of august 2011 to july 2012, in Barra de Sirinhaém, Pernambuco state, northeastern Brazil.

Methods	Length-Converted Catch Curve						Beverton and Holt Model					
	Z	M	F	E	L_C	Long.	Z	M	F	E	E_{MRY}	Long.
	<i>Males</i>											
Length-at-age	5.22	2.05	3.17	0.60	8.45	2.11	4.14	2.05	2.09	0.50	0.67	1.88
ELEFAN I	3.86	1.86	2.0	0.51	8.13	1.81	3.12	1.86	1.26	0.40	0.68	1.59
	<i>Females</i>											
Length-at-Age	5.74	2.04	3.7	0.64	9.48	2.20	4.53	2.04	2.49	0.55	0.67	1.97
ELEFAN I	4.76	1.94	2.82	0.59	9.46	2.02	3.81	1.94	1.87	0.49	0.70	1.79
	<i>Pooled sexes</i>											
Length-at-age	6.86	2.15	4.71	0.68	9.46	2.38	5.25	2.15	3.1	0.59	0.67	2.11
ELEFAN I	5.82	1.91	3.91	0.67	9.48	2.22	4.38	1.91	2.47	0.56	0.68	1.93

4.1.1- Normas da Revista *Crustaceana*

Instructions for Authors

Scope

Crustaceana (CR) is a leading journal in the world on crustacean research. Including the latest papers from all branches of zoology, it gives up-to-date information on aspects such as taxonomy, zoogeography, ecology, physiology, anatomy, genetics, palaeontology, and biometry, and covers all groups of Crustacea.

Ethical and Legal Conditions

Submission of an article for publication in any of Brill's journals implies the following:

1. All authors are in agreement about the content of the manuscript and its submission to the journal.
2. The contents of the manuscript have been tacitly or explicitly approved by the responsible authorities where the research was carried out.
3. The manuscript has not been published previously, in part or in whole, in English or any other language, except as an abstract, part of a published lecture or academic thesis.
4. The manuscript has not and will not be submitted to any other journal while still under consideration for this journal.
5. If accepted, the author agrees to transfer copyright to BRILL and the manuscript will not be published elsewhere in any form, in English or any other language, without prior written consent of the Publisher.
6. If the submission includes figures, tables, or large sections of text that have been published previously, the author has obtained written permission from the original copyright owner(s) to reproduce these items in the current manuscript in both the online and print publications of the journal. All copyrighted material has been properly credited in the manuscript. For more information on the reuse of figures, please go to brill.nl.com/downloads/Rights-in-Images.pdf.

Online Submission

Authors are now encouraged to submit their manuscript online via the Editorial Manager (EM) online submission system at editorialmanager.com/cr. Online submission considerably shortens the overall time-lag from submission to publication.

First-time users of EM need to register first. Go to the website and click on the "Register Now" link in the login menu. Enter the information requested.

When you register, select e-mail as your preferred method of contact. Upon successful registration, you will receive an e-mail message containing your Username and Password. If you should forget your Username and Password, click on the "Send Username/Password" link in the login section, and enter your first name, last name and email address exactly as you had entered it when you registered. Your access codes will then be e-mailed to you.

Prior to submission, authors are encouraged to read the 'Instructions for Authors'. When submitting via the website, you will be guided stepwise through the creation and uploading of the various files.

A revised document is uploaded the same way as the initial submission. The system automatically generates an electronic (PDF) file, which is then used for reviewing purposes. All correspondence, including the editor's request for revision and final decision, is sent by e-mail.

File Format

Various formats are allowed for the initial submission, including PDF files. When a Word or equivalent document is uploaded as the initial submission, the system automatically generates an electronic (PDF) file, which is then used for reviewing.

The final revision must be as a Word or other suitable word processor document.

Manuscripts that have been accepted should be made available as source files in electronic form, preferably via the online submission system Editorial Manager (see links above) or else are to be sent in on CD, and in (a) file type(s) that is/are in common use and can be opened and handled by the publisher and the typesetter. All files should be virus-free.

Contact Address

For any questions or problems relating to your manuscript please contact the Managing Editor at: jcvvk@xs4all.nl. For possible questions about Editorial Manager, authors can also contact the Brill EM Support Department at: em@brill.com.

Prior to starting the actual review procedure, the Handling Editor may have the MS judged by one of the members of the Board of Editors through a pre-review screening that should indicate whether or not formal reviewing would be useful. If not, the authors will receive a notice of rejection along with some basic recommendations to improve their paper. The editorial board tries to keep the reviewing process as short as possible, and to inform the author within two months, although it is not possible to guarantee this.

Submission Requirements

Language

Papers submitted must be in English, French, or German. US English is allowed for native speakers from the U.S.A. only; other authors should use UK English with the *Oxford English Dictionary* as a standard. Papers in French or German require an English translation of the title. Spelling in the language used should be consistent throughout.

Quality

Authors should consider that manuscripts submitted to an international journal must be of excellent quality. This implies that, e.g., results from research essentially at the level of a Master's Thesis will have to exceed that level and be of Ph.D. level quality. As a consequence, presenting general "textbook knowledge" must be avoided and references to "grey literature" (textbooks and the like) should be restricted to a minimum. Authors who are still studying for their Ph.D. should have their submission accompanied by a recommendation from their guiding professor or senior staff member. Also, results that are to be considered of local significance only cannot be included as all papers should be of interest to our international readership. Please remember that Crustaceana is a forum for professional carcinologists worldwide.

Length

Papers should, as a rule, not exceed 40 printed pages in length, or 12000 words, although papers of up to 100 printed pages can be accepted.

Manuscript Structure

Manuscripts should be in their final form. The text should be concise and clear, and contain a minimum of footnotes. Double line spacing and broad margins (2.54 cm all around) have to be

used throughout, including the title and the list of references, and the (figure) captions.

Manuscripts should closely follow the format of the periodical: all those who are not already familiar with the format required for *Crustaceana*, i.e., in particular first-time authors as well as those who have no regular access to the periodical, are strongly advised to request the detailed "Strict Format Rules" for preparing manuscripts, as available from the Managing Editor at: jcvvk@xs4all.nl.

Papers should preferably under the responsibility of no more than three authors, but seven authors at most. Only for papers in the fields of biochemistry and genetics up to nine authors can be allowed. Systematic papers describing new taxa will invariably be refused if more than five authors are involved, since we consider that citing so many authors unnecessarily will clog scientific literature. In this regard, authors should consider their own responsibility towards the scientific community.

Authors must refrain from using politically sensitive indications when using geographical names: only internationally accepted terms will be allowed.

Abstract

An abstract (résumé, Zusammenfassung, riassunto, resumen, resumo) of up to 300 words, both in English and in a different language as indicated, has to precede the main text. Translation of titles and abstracts can be provided for by the editors. Notes and News are published without such an abstract.

Italics and Bold

Manuscripts should contain indications for *italics*, and these should be restricted to (1) scientific names of genera and lower categories; (2) statistical symbols as well as variables in formulae; (3) names of HOX-genes and codes for other genes, according to common use in genetics. These expressions may be in italics already, or else be singly underlined by the author(s).

Indications for the use of **bold face** are to be restricted to: (1) volume nos. in the References: these should always be in bold; (2) generic names and species names used as centred subheadings above descriptions of those taxa: these should be in bold only and not additionally in italics.

All other editorial indications are to be left to the editors.

Figures

All figures must be cited in the text, and the approximate position indicated in the text file.

Figures must be in final form for printing. As a rule, high resolution files (300-600 dpi, but preferably 600-1200 dpi) are to be provided. For all figures applies that the lettering should be of professional quality and be provided by the author(s).

Figures should preferably be prepared such that they all require the same reduction. Their ultimate dimensions, including the caption, should fit within the 126 × 193 mm page frame. Reduction factors may range between 33 and 75% of the original size of the hard copy; factors below 25% are not acceptable.

Figure captions for all illustrations should be printed together on one or more separate pages and should always mention the full name(s) of the species concerned with authority and date, if relevant.

Colour Figures

Colour plates that are published in full colour only in the online version of the periodical require no charge; however, printing of plates in full colour in the printed version of *Crustaceana* always has to cover the full expense of publication costs, which will be invoiced to the author(s) by the Publisher. The actual costs of printing in colour may vary and can be obtained from the Publisher through cs@brill.com.

References

Text Citations

References in the text should mention author and date, e.g., ‘Recent investigations (Jones, 1969) ...’ or ‘Jones (1969) remarked ...’ and the names of authors cited should not be in capitals (not: JONES). Indications like ‘loc. cit.’ must be avoided. References in the text should be ordered (1) chronologically [whilst mentioning a certain author only once with all his/her/their publications there cited]; and (2) alphabetically [if from the same year]; such according to international custom.

References to unpublished literature (cf. International Code of Zoological Nomenclature, Article 9) should indicate that status, e.g., ‘Jones (unpubl.) remarked ...’.

Reference List

References cited (but **only** those) should all be presented in extenso at the end of the paper, in (1) alphabetical order of authors’ names and (2) chronological order.

New series (n. ser.) and supplements to series (suppl.) are to be treated as series (as, e.g., series (8) in Calman, 1911b), while supplements to individual volumes or issues are to be treated as such (e.g., **8** (suppl.) or: **8** (1) (suppl.)). Volume numbers of periodicals have to be printed in **bold**. Titles of periodicals should preferably not be abbreviated, but if so the abbreviations should be consistent and clear and conform to a standard, preferably the ISI list of abbreviations, or else possibly the World List of Scientific Periodicals, i.e., as long as the latter will be considered sufficiently representative of current common practice. Authors should, prior to submitting their finished manuscript, always check once again the required 1 : 1 correspondence of the citations in their text with the list of references.

Further particulars must be in accordance with the following examples:

ANONYMOUS, 1888. Large lobster at Burnham. *Essex Natural.*, **2**: 256.

ABELOOS, M., 1932. Hyperrégénération dans les articles distaux des pinces de *Portunus puber* L. *Bull. Soc. zool. France*, **57**: 175-184, figs. 1-5.

BURTON, T., B. KNOTT, D. JUDGE, P. VERCOE & A. BREARLEY, 2006. Embryonic and juvenile attachment structures in *Cherax cainii* (Decapoda: Parastacidae): implications for maternal care. *American Midl. Natural.*, **157**: 127-136.

CALMAN, W. T., 1911a. The life of Crustacea: i-xvi, 1-289, text-figs. 1-85, pls. 1-32. (Methuen, London).

- , 1911b. Note on a crayfish from New Guinea. *Ann. Mag. nat. Hist.*, (8) **8**: 366-368.
- CALMAN, W. T. & E. P. WRIGHT, 1897. On the Crustacea. In: W. S. GREEN, Notes on Rockall Island and Bank, with an account of the petrology of Rockall, and of its winds, currents, etc.: with reports on the ornithology, the invertebrate fauna of the bank, and on its previous history. *Trans. Roy. Irish Acad.*, **31**: 77.
- MARTENS, E. VON, 1857. Ueber einige Fische und Crustaceen der süßen Gewässer Italiens. *Arch. Naturgesch.*, **23** (1): 149-204, pls. 9, 10.

Scientific Names

Scientific names of the species category must be followed by authority and date once in the main text, i.e., at first mention, and also once in every caption that states the name; in table headings mention of authority only will suffice. Parentheses have to be properly placed according to the International Code of Zoological Nomenclature. Authors should note, that the Abstract is not considered part of the main text.

Tables

All tables must be cited in the text. Tables ought to be kept to a minimum. Each table must be fitted on one or more separate pages, be provided with a concise but clear heading, and be numbered with a Roman numeral.

Variables Units

Units of variables should conform to the Système International (SI) but if not (as, e.g., nautical miles or fathoms) the equivalent value in SI units should be added in parentheses () or in square brackets [].

Copyright

The use of general descriptive names, trademarks, etc., in this publication, even if the former are not specifically identified, is not to be taken as a sign that such names are exempt from the relevant protective Instructions for Authors laws and regulations and may accordingly be used freely by anyone.

Editing Fees

Upon submitting their manuscript, all authors will receive a Receipt e-mail in which is specified what contribution will be expected towards the costs of technical editing once their MS will be accepted. Those sending in already rather well edited MSS will receive an appropriate reduction, whereas those with relatively poorly edited MSS will be asked to pay the full fee. As this policy extends over all authors, no MSS will be considered for publication of which the authors do not agree to contribute to those costs. The fees are determined and collected through the office of the Managing Editor.

However, certain papers are categorically exempted from fees: (1) obituaries; (2) short notes merely giving replacement names; (3) invited review papers; and (4) proceedings from conferences that have been contracted as such by *Crustaceana*.

Publication

Proofs

Upon acceptance, a PDF of the article proofs will be sent to the designated author by e-mail to check carefully for factual and typographic errors. These proofs should be

carefully corrected and returned to the Managing Editor as quickly as possible. The paper will then be published in the next available journal issue.

E-offprints

A PDF file of the article will be supplied free of charge by the publisher to the corresponding author for personal use. Brill is a RoMEO green publisher. Authors are allowed to post the pdf post-print version of their articles on their own personal websites free of charge. This means they can show the article exactly as it appears in print. The institute employing the author is allowed to post the post-refereed, but pre-print version of articles free of charge on its repository. The post-refereed, pre-print version means the final accepted version of the manuscript before typesetting.

However, papers in which new scientific names of taxa are designated preferably should not be made public prior to the actual online publication of the periodical.

Consent to Publish

Transfer of Copyright

By submitting a manuscript, the author agrees that the copyright for the article is transferred to the publisher if and when the article is accepted for publication. For that purpose the author needs to sign the Consent to Publish form, which will be sent with the first proofs of the manuscript.

Open Access

In case the author wishes to publish the article in Open Access he/she can choose the Brill Open option, which allows for a non-exclusive Open Access publication in exchange for an Article Publishing Fee, and sign a special Brill Open Consent to Publish.

More information on Brill's policy on Open Access can be found on brill.com/open-access-policy.

The Brill Open Consent to Publish can be downloaded from brill.com/downloads/BrillOpen-Consent-to-Publish.pdf.

4.2- Artigo científico II

Artigo científico a ser encaminhado a Revista **Fisheries Research**.

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as estabelecidas pela referida revista (em anexo).

Dinâmica reprodutiva do camarão-rosa *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) no litoral sul de Pernambuco, nordeste do Brasil

Emanuell Felipe Silva^{a,b*}, Nathalia Calazans^a, Leandro Nolé^c, Roberta Soares^a,
Madalena Guerra^d, Flávia Lucena Frédou^c, Silvio Peixoto^a

^aUniversidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura,
Laboratório de Tecnologia em Aquicultura (LTA), 52171-900, Recife, PE, Brasil

^bUniversidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias,
Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial (DGTA), Bananeiras, PB, Brasil

^cUniversidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura,
Laboratório de Estudos de Impactos Antrópicos na Biodiversidade Marinha e Estuarina
(BIOIMPACT), 52171-900, Recife, PE, Brasil

^dUniversidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Medicina Veterinária,
Laboratório de Andrologia, 52171-900, Recife, PE, Brazil

*Autor para correspondência. Telefone: +55 81 3320-6524

Endereços de E-mail: emanuelfelipe@yahoo.com.br (E. F. Silva),
nathicalazans@hotmail.com (N. Calazans), leandronole@hotmail.com (L. Nolé),
beta.ufrpe@gmail.com (R. Soares), flavia.lucena@pq.cnpq.br (F. Lucena Frédou),
silvio.peixoto@gmail.com (S. Peixoto)

Resumo

A pesca de camarões peneídeos no Estado de Pernambuco, que inclui o camarão-rosa *Farfantepenaeus subtilis*, ocupa a segunda posição na pesca de crustáceos e, apesar da sua elevada importância econômica, o estado não é contemplado com a aplicação do período de defeso. Este estudo teve como objetivo descrever a dinâmica reprodutiva de *F. subtilis* no litoral sul de Pernambuco, fornecendo subsídios para o manejo sustentável desse estoque na região. Exemplares de *F. subtilis* foram coletados mensalmente, de Agosto de 2011 a Julho de 2012, em um barco da frota artesanal que operava com arrasto duplo. Foi capturado um total de 1.246 espécimes, correspondendo a uma maior proporção de fêmeas (56,3%), que foram também significativamente maiores que os machos. A maturação do ovário, com base nas características histológicas e visuais, foi classificada em quatro estágios (I: imaturo, II: em desenvolvimento, III: maturo e IV: desovado). O índice gonadossomático foi maior no estágio III em relação aos demais, os quais não diferiram entre si. As fêmeas de *F. subtilis* apresentaram gônadas maduras durante todo ano, com maior intensidade nos meses mais quentes (outubro a março), e uma maior proporção de indivíduos jovens nos meses de dezembro e abril, indicando um possível recrutamento desse estoque durante esses meses. O tamanho médio de primeira maturação gonadal das fêmeas foi estimado em 11,91 cm de comprimento total. Os machos apresentaram-se maturos durante todos os meses, com concentração espermática de $227,5 \times 10^4$ cél mL⁻¹ a $636,25 \times 10^4$ cél mL⁻¹, e viabilidade superior a 50% em todo período.

Palavras-chave: reprodução, maturação, viabilidade espermática, conservação, sustentabilidade

1. Introdução

Os camarões peneídeos são o recurso econômico mais importante na pesca de crustáceos (Dall et al., 1990), correspondendo a 42,2% das capturas mundiais de camarão entre 1970 e 2000 (FAO, 2009). No Brasil, a pesca de peneídeos alcançou uma produção de 38.373 toneladas em 2010, onde os camarões-rosa *Farfantepenaeus* spp. representaram 17,9% da captura de crustáceos (MPA, 2012). No Estado de Pernambuco, a captura de peneídeos ocupa a segunda posição na pesca de crustáceos, sendo ultrapassada apenas pela pesca de siris (IBAMA, 2005).

O camarão-rosa *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) tem sua distribuição desde o Mar do Caribe (Cuba e Pequenas Antilhas) até a costa de Cabo Frio, litoral do Rio de Janeiro, Brasil (D'Incao, 1995). Como observado para a maioria dos peneídeos, *F. subtilis* tem um ciclo de vida misto, onde as pós-larvas são carregadas pelas correntes marítimas até os estuários, atingindo o estágio juvenil, em seguida migram para o oceano, onde atingem a fase adulta (Dall et al., 1990). Juvenis e adultos preferem substratos de lama-areia, temperaturas altas e vivem em habitats com grande variação de salinidade, além de profundidades que podem atingir 90 metros (Pérez-Farfante, 1969).

O conhecimento dos aspectos biológicos de *F. subtilis* é essencial para determinar o ciclo de vida da espécie, permitindo o melhor uso desse recurso. O estudo da dinâmica reprodutiva, que inclui informações sobre o desenvolvimento gonadal, época e local de desova, tamanho de primeira maturação gonadal e fecundidade (King, 1995), é relevante como subsídio para a formulação de regulamentações da atividade pesqueira e também como ferramenta para a tomada de decisão em relação à conservação das espécies (Carbonell et al., 2006; Kevrekidis e Thessalou-Legaki, 2013).

Diversos estudos de dinâmica reprodutiva de peneídeos foram realizados na costa do Brasil, como observado para o *Litopenaeus schmitti* (Santos et al., 2008; Calazans, 2013), *Xiphopenaeus kroyeri* (Almeida et al., 2012; Heckler et al., 2013), *Farfantepenaeus brasiliensis* (Simões, 2012) e *Farfantepenaeus paulensis* (Peixoto et al., 2003; Simões, 2012). Estudos com o *F. subtilis* foram realizados na região norte (Isaac et al., 1992; Cintra et al., 2004) e nordeste (Coelho e Santos, 1993, 1995), entretanto, não existem estudos sobre a dinâmica reprodutiva de *F. subtilis* conjugados com a análise histológica dos ovários, possibilitando uma maior precisão da maturidade gonadal desses indivíduos. Da mesma forma, estudos que abordem a maturidade gonadal de machos da espécie também são escassos na literatura. Além disso, o Estado de Pernambuco não é contemplado com a aplicação do período de defeso, como ocorre em outros estados do litoral brasileiro, que pode estar associada à carência de informações deste recurso no estado, acarretando um risco potencial para a sustentabilidade da espécie e manutenção da atividade pesqueira.

Dessa forma, devido à importância biológica e econômica do *F. subtilis* no nordeste do Brasil, objetivou-se com o presente estudo descrever a dinâmica reprodutiva da espécie no litoral sul de Pernambuco, fornecendo subsídios para o manejo sustentável desse estoque na região.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na principal área de pesca de camarões do Estado de Pernambuco (nordeste do Brasil), no Município de Sirinhaém, localizada próxima à foz do Rio Sirinhaém (08° 35' 57" S - 08° 36' 57" S e 034° 56' 58" W - 035° 00' 48" W, Figura 1).

Inserir Fig. 1

2.2 Coleta de dados

Exemplares de *F. subtilis* foram coletados mensalmente de Agosto de 2011 a Julho de 2012 em um barco da frota artesanal. A pesca foi realizada no período diurno durante a fase de lua cheia utilizando um arrasto duplo através de redes de 10 m de comprimento e boca de 6,10 m, com 30 e 25 mm do tamanho de malha no corpo e saco da rede, respectivamente. A pesca consistiu de três arrastos com duração de duas horas cada, onde foram selecionados aleatoriamente 70 camarões por arrasto. Após a coleta, os camarões foram imediatamente colocados em gelo a bordo até o momento da análise.

2.3 Estrutura da população

O sexo dos animais foi determinado através dos caracteres externos (presença de téllico nas fêmeas e petasma nos machos). Em seguida, os animais foram mensurados quanto ao comprimento de cefalotórax (CC, da base do rostro à margem posterior da carapaça) e comprimento total (CT, da ponta do rostro a extremidade do télson) utilizando um paquímetro digital (mm) e pesados (PT, peso total úmido) em balança analítica (precisão de 0,1 g). A proporção sexual para o período total de estudo foi comparada pelo teste do Qui-quadrado. O teste t de Student foi utilizado para determinar diferenças significativas quanto ao tamanho e peso entre machos e fêmeas.

2.4 Descrição macro e microscópica do desenvolvimento ovariano

O desenvolvimento gonadal das fêmeas foi determinado através do índice gonadossomático (IGS) (peso do ovário dissecado em relação ao peso do corpo), morfologia e coloração da gônada. A coloração do ovário fresco foi comparada com um catálogo de escala cromática amplamente disponível (Pantone Matching System, Coated Simulation, Pantone, Carlstadt, NJ, USA) para determinar a cor mais frequente observada nos ovários.

As fêmeas foram selecionadas pelo tamanho relativo e forma do ovário quando vistos através do exoesqueleto utilizando uma lanterna. Amostras da porção mediana do ovário de 24 animais foram coletadas para análise histológica, onde o tecido foi fixado em solução Davidson por 24 h e transferidos para álcool 70%, sendo posteriormente incluídos em parafina à 58° C, seccionados (6 µm) e corados com Hematoxilina-Eosina (Junqueira e Junqueira, 1983; Bell e Lightner, 1988). Os cortes histológicos foram observados em microscópio conectado ao computador através de uma câmera, onde várias imagens de diferentes campos de cada corte foram capturadas e digitalizadas.

Os ovócitos foram classificados de acordo com as características histológicas descritas para outras espécies do gênero *Farfantepenaeus* (Quintero e Gracia, 1998; Peixoto et al., 2003). A frequência de cada tipo de ovócito foi realizada em porcentagem para cada campo analisado, e trinta ovócitos ou o número total disponível por categoria foi medido em cada campo através do software Image Tool versão 2.0 para Windows (The University of Texas Health Science Center in San Antonio, TX, E.U.A.). Apenas ovócitos mostrando núcleos seccionados no plano equatorial foram medidos. Os dados observados para cada fêmea foram agrupados em estágios distintos de maturação com base na presença do estágio celular mais desenvolvido.

Os dados de comprimento total (CT), comprimento de cefalotórax (CC), peso total (PT), peso do ovário (PO), índice gonadossomático (IGS), frequência do tipo do ovócito (FO) e diâmetro do ovócito (DO) foram comparados entre os diferentes estágios de maturação do ovário através da análise de variância (ANOVA) considerando-se as premissas necessárias. Em seguida o teste Tukey foi utilizado para determinar diferenças significativas entre os estágios de maturação ($p < 0,05$).

2.5 Dinâmica reprodutiva

A proporção dos estágios de maturação do ovário foi determinada mensalmente através da classificação macro e/ou microscópica da gônada, a fim de determinar a época reprodutiva da espécie. Quando não foi possível identificar o estágio maturacional macroscopicamente, foi realizada a análise histológica dos ovários.

Para determinação do tamanho de primeira maturação gonadal das fêmeas, o percentual de frequência relativa de adultos em cada classe de tamanho de 0,5 cm de intervalo foi plotada. Foram considerados indivíduos adultos aqueles que apresentavam características de gônadas desenvolvidas ou desovadas. Em seguida, a dispersão entre o comprimento total e a porcentagem de fêmeas adultas foi ajustada pelo método iterativo não linear de mínimos quadrados, obtendo-se o valor de L_{50} através da equação logística descrita por King (1995):

$$P = 1 / [1 + \exp (-r (CT-CT_{50}))]$$

Onde, P é a porcentagem de fêmeas maduras em uma classe de comprimento, r é a inclinação da curva, CT é o limite superior da classe de comprimento total e CT_{50} é o comprimento médio de primeira maturação.

A identificação maturacional dos machos foi determinada através da união do petasma (unido = maturo e desunido = imaturo) e presença de espermátóforo na ampola terminal (Dall et al., 1990; Costa, 1992). Além disso, mensalmente foram coletados os espermátóforos de dez animais através de uma leve pressão na base do quinto par de pereiópodo (Peixoto, 2004).

Cada espermátóforo foi homogeneizado em um tubo eppendorf com 1 mL de solução salina livre de cálcio e quantificadas em um hemocitômetro de acordo com a metodologia descrita por Leung-Trujillo e Lawrence (1987). Em seguida, uma alíquota de 200 μ L foi utilizada para determinar a viabilidade espermática através das sondas fluorescentes Iodeto de Propídeo (IP) e Diacetato de Carboxifluoresceína (DCF). Nas

amostras de espermatozoides foram adicionados 5 μL de IP (0,5 mg/mL em DMSO) e 5 μL de DCF (0,46 mg/mL em DMSO) e incubados a 38 °C durante dez minutos. Uma subamostra de 10 μL foi colocada em uma lâmina e um total de 100 células foram avaliadas sob um microscópio de epifluorescência (Carl Zeiss, Göttingen, Germany) à 400 x de ampliação, utilizando filtros de excitação (PAD 485/20 nm) e emissão (DBP 580-630). Os espermatozoides foram classificados com membrana intacta (vivos), quando corados em verde, e membrana danificada (mortos), quando corados em vermelho. A porcentagem média para a viabilidade foi calculada através da contagem de células intactas e danificadas, observando no mínimo 200 células por lâmina.

Os dados da concentração espermática foram comparados entre os meses através da análise de variância (ANOVA) considerando-se as premissas necessárias. Em seguida o teste Tukey foi utilizado para determinar diferenças significativas entre os meses de coleta ($p < 0,05$). Para determinar diferenças na proporção de espermatozoides vivos e mortos, foi utilizado o teste χ^2 (qui-quadrado), com nível de significância de 5%.

3. Resultados

3.1 Estrutura da população

Durante o período de estudo, foram coletados 1.246 espécimes de *F. subtilis*, correspondendo à proporção sexual de 701 fêmeas e 545 machos (1,28:1), que representa 56,3% e 43,7% do total coletado, respectivamente. As fêmeas apresentaram maior número e tamanho em relação aos machos ($p < 0,05$). Os machos apresentaram CT médio de $10,5 \pm 1,62$ cm, com menor amplitude de tamanho (6,5-16,5 cm) em relação às fêmeas (7,5-18,5 cm), que apresentaram CT médio de $11,42 \pm 1,61$ cm. Para o CC, foram observados valores médios de $2,22 \pm 0,36$ cm e $2,49 \pm 0,48$ cm para machos e fêmeas, respectivamente, com amplitude de 1,17-3,37 cm para machos e 1,46-4,21 para fêmeas.

As fêmeas também apresentaram maior amplitude de PT (3,0-46,44 g) em relação aos machos (2,5-28,99 g), com PT médio de $9,99 \pm 4,92$ g e $12,71 \pm 6,85$ g para machos e fêmeas, respectivamente.

3.2 Descrição macro e microscópica do desenvolvimento ovariano

De acordo com as características histológicas e observações visuais, foram propostos quatro estágios distintos para descrever o desenvolvimento ovariano do *F. subtilis*:

Estágio I (imaturado): Predominância de ovócitos basófilos (OB), apresentando grande núcleo com vários nucléolos dispersos e diâmetro de $31,08 \pm 3,77$ μm (Fig. 2A, Tabela 1). As gônadas são bastante finas e flácidas, impossibilitando a sua visualização através do exoesqueleto. O ovário apresenta coloração translúcida (Catálogo Pantone 607 PC) (Fig. 2A).

Estágio II (em maturação): As células mais desenvolvidas nesse estágio são ovócitos vitelogênicos (OV), com diâmetro de $144,45 \pm 12,98$ μm , e apresentam distribuição na periferia dos lóbulos ovarianos. Os ovócitos basófilos (OB) são encontrados mais na região central, com uma proporção de 73,56% (Fig. 2B, Tabela 1). Nesse estágio, o ovário já pode ser observado através do exoesqueleto, devido a um aumento no volume e consistência da gônada, preenchendo o segmento abdominal e cobrindo parte do intestino na região do cefalotórax. O ovário apresenta coloração amarelo claro (Catálogo Pantone 386 PC) (Fig. 2B).

Estágio III (maturo): O estágio caracteriza-se pela presença de ovócitos maduros (OM) com bastonetes corticais na periferia, indicando a fase final de maturação (Fig. 2C). Os ovócitos maduros (OM) apresentam diâmetro de $219,09 \pm 17,65$ μm , e os ovócitos basófilos (OB) são encontrados na proporção de 66,00% (Tabela 1). O ovário ocupa toda a cavidade abdominal com seus lóbulos posteriores, e no cefalotórax

observa-se o desenvolvimento de lóbulos laterais. Nesse estágio observa-se o ovário com coloração verde escuro (Catálogo Pantone 350 PC) (Fig. 2C).

Estágio IV (desovado): É característica desse estágio a presença de ovócitos atrésicos (AO), que são ovócitos maduros em processo reabsorção (Fig. 2D). Além dos ovócitos atrésicos (AO), observa-se a presença de ovócitos basófilos (OB) na proporção de 99,36% (Tabela 1). Macroscopicamente a coloração do ovário apresenta o mesmo padrão do Estágio I.

Inserir Fig. 2

Inserir Tabela 1

Os ovócitos basófilos (OB) foram observados em todos os cortes histológicos, independentemente do estágio de maturação (Fig. 2 A-D), entretanto, sua frequência foi significativamente maior nos estágios I e IV. Nos estágios II e III, houve uma significativa diminuição da concentração de OB com o avanço do desenvolvimento ovariano (Tabela 1). Não houve diferenças significativas quanto ao diâmetro dos OB em todos os estágios de desenvolvimento. Os ovócitos vitelogênicos (OV), maduros (OM) e atrésicos (AO) foram exclusivos dos estágios de desenvolvimento II, III e IV, respectivamente (Tabela 1, Fig. 2).

O CT, CC e PT não apresentaram diferenças significativas entre os estágios de maturação gonadal, entretanto, o PO e IGS foram significativamente maiores no estágio III em relação aos demais (Tabela 2).

Inserir Tabela 2

3.3 Dinâmica reprodutiva

Do total de fêmeas capturadas, 55,8% encontravam-se imaturas, 12,9% em maturação, 9,9% maduras e 21,4% desovadas. A distribuição dos estágios maturacionais, agrupados bimensalmente, indica que as fêmeas do camarão-rosa

apresentam gônadas maduras durante todo ano, mas com maior intensidade nos meses mais quentes do ano (outubro a março) (Fig. 3).

Inserir Fig. 3

O tamanho médio de primeira maturação gonadal (CT₅₀) das fêmeas foi estimado em 11,91 cm (Fig. 4). O menor CT encontrado para fêmeas adultas foi de 9,0 cm, enquanto que acima de 13,5 cm todas as fêmeas se encontravam adultas.

Inserir Fig. 4

Os machos apresentaram-se maduros durante todos os meses de coleta, e a concentração espermática variou de $227,5 \times 10^4$ cél mL⁻¹ a $636,25 \times 10^4$ cél mL⁻¹. A menor concentração espermática foi observada em maio, diferindo significativamente apenas dos meses de agosto e setembro (Fig. 5). Para viabilidade espermática, a proporção de espermatozoides vivos foi superior a 50% em todo período de coleta, com valores variando de 53,88 a 99,0%. Foi observada uma maior proporção de espermatozoides vivos entre janeiro e novembro, entretanto, dezembro apresentou valores de 53,88 e 46,12% de células vivas e mortas, respectivamente, não apresentando diferenças significativas (Fig. 6).

Inserir Fig. 5

Inserir Fig. 6

4. Discussão

No presente estudo, a proporção sexual de *F. subtilis* foi de 1,28:1 (fêmea:macho). De acordo com Wenner (1972), proporções sexuais diferentes de 1:1 é comum entre os crustáceos, que pode estar relacionada a diferenças no ciclo de vida, migração, taxa de mortalidade e crescimento entre os sexos, reversão sexual e diferenças comportamentais. Além disso, fatores como muda, dispersão e reprodução

também podem explicar essas diferenças na proporção sexual (Botelho et al., 2001). A maior proporção de fêmeas no presente estudo está de acordo com o padrão observado para *F. subtilis* na região norte (Isaac et al., 1992; Martinelli, 2005; Carvalho, 2006) e nordeste (Coelho e Santos, 1993, 1995) do Brasil. De acordo com Coelho e Santos (1993, 1995) e Leite-Júnior (2001), é característico dos peneídeos apresentarem maior proporção das fêmeas nas populações, principalmente no período reprodutivo ou em áreas de postura em mar aberto, ocasionando um aumento das capturas de um determinado sexo, entretanto, quando esse percentual se aproxima de 1:1 pode indicar áreas de acasalamento.

O dimorfismo sexual foi observado para o *F. subtilis*, com as fêmeas atingindo maior tamanho em relação aos machos. Resultados semelhantes foram observados por Santos e Magalhães (2001) e Corrêa e Martinelli (2009) para a mesma espécie. Da mesma forma, Santos et al. (2001) reportaram essa mesma estratégia de crescimento para *L. schimitti* e *X. kroyeri*. As diferenças de tamanho entre sexos são uma regra geral entre peneídeos (Boschi, 1969). De acordo com Gab-Alla et al. (1990), as maiores taxas de crescimento das fêmeas estão relacionadas aos processos reprodutivos. As fêmeas apresentam maiores dimensões em tamanho e peso que os machos, uma vez que necessitam de mais espaço para acomodar o desenvolvimento dos ovários e outras estruturas reprodutivas (Hartnoll, 1982).

O estudo do desenvolvimento ovariano de peneídeos é utilizado como ferramenta para o estabelecimento de diretrizes para a gestão pesqueira (King, 1948; Quintero e Gracia, 1998), assim como para melhorar a tecnologia da reprodução em aquicultura (Peixoto et al., 2003; Dumont et al., 2007; Machado et al., 2009). Alguns estudos de maturação do ovário de diversas espécies de peneídeos foram descritas de acordo com as análises histológicas e/ou macroscópicas do ovário (King, 1948; Neiva,

1971; Isaac et al., 1992; Coelho e Santos, 1993; Quintero e Gracia, 1998; Costa e Fransozo, 2004; Dumont et al., 2007; Hossain e Ohtomi, 2008; Niamaimandi et al., 2008; Gonçalves et al., 2009).

Em estudos de dinâmica reprodutiva de crustáceos, a utilização de análises histológicas do ovário é considerada como um dos métodos mais precisos para a determinação do estágio maturacional das fêmeas (Ohtomi et al., 2003; Carbonell et al., 2006). De acordo com Peixoto et al. (2003), a utilização desse método pode trazer maior confiabilidade na determinação do estágio de maturação, uma vez que infere com exatidão os diferentes estágios de desenvolvimento e sua relação com os padrões observados macroscopicamente, como a morfologia e coloração da gônada.

Os estágios de desenvolvimento ovariano de diversos peneídeos são determinados com base na presença dos ovócitos basófilos, vitelogênicos, maduros e atrésicos (Quintero e Gracia, 1998; Peixoto et al., 2002; Peixoto et al., 2003; Dumont et al., 2007; Gonçalves et al., 2009). No presente estudo, foram adotados quatro estágios de desenvolvimento ovariano para o *F. subtilis* (imaturo, em desenvolvimento, maturo e desovado), o que está de acordo com estudos realizados para outras espécies de peneídeos (Peixoto et al., 2003; Dumont et al., 2007; Machado et al., 2009). Ovócitos basófilos foram observados em todos os estágios de desenvolvimento e sem diferenças significativas quanto ao diâmetro, entretanto, foram mais frequentes nos estágios imaturo (100%) e desovado (99,36%). A semelhança nos resultados da proporção de OB dificulta a distinção do estágio imaturo e desovado, corroborando com resultados para outras espécies de peneídeos (King, 1948; Quintero e Gracia, 1998; Peixoto et al., 2003). Esta dificuldade de diferenciar os estágios imaturo e desovado também é evidente através da observação macroscópica da gônada, uma vez que, para ambos os estágios a gônada não pode ser observada através do exoesqueleto, e até mesmo o

diâmetro dos lóbulos ovarianos se apresenta inferior ao do intestino (Castille e Lawrence, 1991). Porém, diversos autores reportaram que a presença de ovócitos atresícos é considerada como uma característica importante para distinguir ovários imaturos e desovados (King, 1948; Martosubroto, 1974; Quintero e Gracia, 1998; Peixoto et al., 2003). De acordo com Palacios et al. (1999) e Peixoto et al. (2005), a reabsorção de ovócitos maduros (atresia) tem um efeito significativo no desempenho reprodutivo, uma vez que representam ovócitos que não foram liberados no processo de desova. Peixoto et al. (2003) determinaram uma mesma coloração para o estágio imaturo e desovado para *F. paulensis*. Da mesma forma, gônadas nesses dois estágios de desenvolvimento foram observadas no presente estudo com o mesmo padrão de coloração (translúcida).

No desenvolvimento ovariano, há um aumento em tamanho dos ovócitos distinguindo-os pelo seu citoplasma granuloso, com reação acidófila, e pela presença de nucléolos organizados na periferia do núcleo (ovócitos vitelogênicos) (Quintero e Gracia, 1998; Peixoto et al., 2003). Essas modificações são acentuadas entre os estágios imaturo e em maturação em função do processo de síntese proteica que ocorre nesse período (Quintero e Gracia, 1998). Para *F. subtilis*, o estágio em maturação foi caracterizado pela coloração amarela do ovário, entretanto, Quintero e Gracia (1998) e Peixoto et al. (2003) observaram gônadas com coloração verde claro para o mesmo estágio de desenvolvimento em *F. brasiliensis* e *F. paulensis*, respectivamente. O padrão de coloração do ovário durante o processo de maturação em peneídeos pode apresentar tonalidades que variam de amarelo a verde, dependendo do grau de pigmentação (Dall et al., 1990; Browdy, 1992).

Em diversas espécies de peneídeos, observa-se que a presença de bastonetes corticais na periferia do citoplasma dos ovócitos maduros é comum durante a oogênese

(Dall et al., 1990; Bell e Lightner, 1988; Quintero e Gracia 1998; Ohtomi et al., 2003; Peixoto et al., 2003). Essa mesma característica foi observada para o *F. subtilis* no presente estudo. A presença de bastonetes corticais nos ovócitos foi relatado anteriormente para *F. paulensis* (Worsmann et al., 1971; Worsmann e Sesso, 1977; Peixoto et al., 2003), *F. brasiliensis* (Quintero e Gracia, 1998), *Farfantepenaeus aztecus* (Clark Jr et al., 1980); *Farfantepenaeus duorarum* (Cummings, 1961), *Litopenaeus vannamei* (Palacios et al., 1999), *Penaeus monodon* (Tan-Fermin e Pudadera, 1989) e *Marsupenaeus japonicus* (Yano, 1988). De acordo com Clark Jr et al. (1980) e Yano (1988), os bastonetes corticais liberam seu conteúdo após a desova, produzindo uma camada gelatinosa em torno do ovócito, o que provavelmente proporciona uma melhor fixação do espermatozoide e formação do envelope de eclosão.

O índice gonadossomático (IGS) vem sendo utilizado como ferramenta para estimar o período reprodutivo, assim como os estágios de desenvolvimento de uma espécie (Vazzoler, 1996; Fonteles-Filho, 2011). O IGS foi significativamente superior no estágio maturo, porém, o tamanho e o peso dos animais analisados foram semelhantes entre os estágios. Essa mesma tendência foi observada por Peixoto et al. (2003) para *F. paulensis* e por Tom e Lewinsohn (1983) e Ohtomi et al. (2003) para *M. japonicus*. De acordo com Peixoto et al. (2003) e Dumont et al. (2007), a classificação macroscópica com base no IGS apresenta uma estreita relação com o desenvolvimento dos ovários, o que corrobora com os resultados observados no presente estudo, onde o aumento do IGS correspondeu ao aumento da maturação do ovário, no qual a partir de 6,6% todas as fêmeas se encontravam maduras. Resultados semelhantes foram observados para *Melicertus kerathurus* (Conides et al., 2008; Lumare et al., 2011), *F. paulensis* (Peixoto et al., 2003) e *Litopenaeus schmitti* (Calazans, 2013).

O camarão *F. subtilis* apresenta reprodução contínua, com pulsos sazonais na região norte (Isaac et al., 1992; Cintra et al., 2004) e nordeste (Coelho e Santos, 1993, 1995) do Brasil. Esse mesmo padrão de reprodução foi observado no litoral sul de Pernambuco, uma vez que foram encontradas fêmeas maduras durante todos os meses do ano, com maior proporção nos meses mais quentes (outubro a março), o que se considera como época de reprodução mais intensa. Resultados semelhantes foram encontrados por Coelho e Santos (1993) para *F. subtilis* em Tamandaré (Pernambuco), com maior proporção de fêmeas maduras de fevereiro a maio e em outubro. Cintra et al. (2004) observaram uma maior proporção de fêmeas maduras de fevereiro a abril e julho a agosto na região norte, o que corresponde às estações de transição chuvosa-seca e seca respectivamente na região. Similarmente, Isaac et al. (1992) na mesma região, reportaram uma maior proporção de fêmeas maduras no segundo semestre do ano, na estação seca. Estes resultados convergem no sentido que, independente da região, a espécie tem uma desova contínua, com picos nos meses mais quentes do ano.

Em estudos de reprodução, a determinação do comprimento de primeira maturação gonadal é de fundamental importância para o manejo sustentável da pesca, sendo amplamente utilizado como um indicador do tamanho mínimo de captura do estoque avaliado (Fonteles-Filho, 2011). O tamanho médio de primeira maturação gonadal das fêmeas de *F. subtilis* foi estimado em 11,91 cm CT. Resultados similares foram encontrados por Coelho e Santos (1993) na região de Tamandaré, que estimaram CT₅₀ de 10,3 cm, e na região norte do Brasil com valores de 11,0 cm (Isaac et al., 1992) e 12,65 cm (Cintra et al., 2004). Variações no tamanho de primeira maturidade entre regiões podem estar relacionados a diferenças na pressão de pesca, o que pode implicar em uma maturidade sexual precoce (Sparre e Venema, 1992; Fonteles-Filho, 2011), ou

depende de parâmetros ambientais, que variam de acordo com a estação, latitude e profundidade (Dall et al., 1990).

Em diversos estudos, o ciclo reprodutivo de camarões peneídeos é comumente voltado apenas para o ciclo maturacional das fêmeas (Isaac et al., 1992; Quintero e Gracia, 1998; Crocos et al., 2001; Cha et al., 2002; López-Martínez et al., 2005; Yamada et al., 2007). Nesse sentido, existem poucos relatos que consideram também o grau de maturação dos machos, estimando o comprimento de primeira maturação através da presença de petasma unido (maturo) ou desunido (imaturo) (Costa e Fransozo, 2004; Sobrino e García, 2007; Simões, 2012). Por outro lado, em pesquisas direcionadas para aquicultura, já é possível encontrar um melhor detalhamento dos aspectos reprodutivos dos machos (Ceballos-Vázquez et al., 2003; Nakayama et al., 2008; López, 2010; Braga et al., 2010).

No presente estudo, todos os machos amostrados apresentavam-se maturos e com espermátóforo na ampola terminal. De acordo com Boschi (1963), machos de peneídeos atingem a maturidade sexual com tamanhos corporais menores que as fêmeas. Coelho e Santos (1994, 1995) reportaram que o desenvolvimento gonadal começa a partir do quarto mês de vida, idade em que essa parcela da população ainda se encontra no estuário, justificando a ausência de machos imaturos em mar aberto. A qualidade reprodutiva dos machos é determinada através da qualidade do espermátóforo, que é mensurada por uma série de parâmetros como peso do espermátóforo, concentração espermática e porcentagem de espermatozoides vivos e mortos (Leung-Trujillo e Lawrence, 1987; Parnes et al., 2004). A concentração de espermatozoides encontrada para *F. subtilis* variou de $227,5 \times 10^4$ a $636,25 \times 10^4$ cél mL⁻¹, diferindo apenas entre o mês de maio e os meses de agosto e setembro, que apresentaram maior concentração. Foi observada uma concentração espermática de

800×10^4 cél mL⁻¹ para *L. vannamei* (Rendon et al., 2007), 227×10^4 cél mL⁻¹ para *F. paulensis* (Peixoto et al., 2004) e 890×10^4 cél mL⁻¹ para *F. duorarum* (López, 2010). A concentração espermática de peneídeos pode variar de acordo com a espécie, idade, tamanho e estágio de vida (Alfaro, 1993). Além disso, Bray et al. (1985) e Perez Velazquez et al. (2001) reportaram que a temperatura influencia na concentração espermática de *Litopenaeus setiferus* e *Litopenaeus vannamei*, respectivamente. Da mesma forma, fatores nutricionais podem influenciar na qualidade espermática (Leung-Trujillo e Lawrence, 1988; Bray et al., 1989; Perez-Velazquez et al., 2003).

A viabilidade espermática pode ser analisada através do uso de diversas sondas isoladamente ou em combinação, para facilitar a visualização das estruturas da célula espermática e determinar sua condição (Silva et al., 2009). De acordo com Coletto et al. (2002), a técnica de fluorescência é realizada através do uso de duas sondas em combinação, onde o espermatozoide vivo (membrana intacta) cora em verde, através da reação do diacetato de carboxfluoresceína com as esterases na membrana da célula, e o espermatozoide morto cora em vermelho através do iodeto de propídio, que apresenta afinidade pelo DNA concentrado no núcleo da célula. Independente da concentração espermática observada no presente estudo, o percentual de viabilidade espermática esteve acima de 50% ao longo do período amostral, apresentando maior proporção de espermatozoides vivos em todos os meses amostrais, com exceção do mês de dezembro onde não houve diferença significativa. Esses resultados sugerem que o ciclo reprodutivo de *F. subtilis* depende principalmente da maturação gonadal das fêmeas, o que está de acordo com Calazans (2013) que realizou a mesma metodologia para avaliar os aspectos reprodutivos de machos de *L. schmitti* na mesma região de estudo.

No litoral sul de Pernambuco, o *F. subtilis* apresenta uma tendência de desova contínua, entretanto, observa-se uma maior proporção de indivíduos jovens nos meses

de dezembro e abril (dados não publicados), indicando um possível recrutamento durante esses meses. Além disso, o comprimento de primeira captura das fêmeas para a região é menor (dados não publicados) que o comprimento de primeira maturação gonadal (11,91 cm), indicando que a captura ocorre antes que o animal atinja tamanho suficiente para contribuir com o estoque. Os resultados do presente estudo podem ser utilizados para formulação de uma política de pesca mais adequada para a região, uma vez que o Estado de Pernambuco não possui legislação que regulamente a pesca de camarões.

Agradecimentos

O presente estudo foi apoiado pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Silvio Peixoto, Flávia Lucena Frédou e Madalena Guerra são bolsistas de produtividade em pesquisa do CNPq.

Referências

- Alfaro, J., 1993. Reproductive quality evaluation of male *Penaeus stylirostris* from a grow-out pond. J. World Aquac. Soc. 24, 6-11.
- Almeida, A.C., Baeza, J.A., Fransozo, V., Castilho, A.L., Fransozo, A., 2012. Reproductive biology and recruitment of *Xiphopenaeus kroyeri* in a marine protected area in the Western Atlantic: implications for resource management. Aquat. Biol. 17, 57-69.
- Bell, T.A., Lightner, D.V., 1988. A Handbook of Normal Penaeid Shrimp Histology (Special Publication), World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA, 114 pp.

Boschi, E.E., 1963. Los camarones comerciales de la familia Penaeidae de la costa Atlántica de America del Sur. Bol. Inst. Biol. Mar. 3, 1-39.

Boschi, E.E., 1969. Estudio biológico pesquero del camarón *Artemesia longinaris* Bate de Mar del Plata. Bol. Inst. Biol. Mar. Mar del Plata 18, 1-47.

Botelho, E.R.O., Santos, M.C.F., Souza, J.R.B., 2001. Aspectos populacionais do Guaiamum, *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825, do estuário do Rio Una (Pernambuco – Brasil). B. Técn. Cient. CEPENE 9, 123-146.

Braga, A.L., Nakayama, C.L., Martins, J.G., Colares, E.P., Wasielesky Jr, W., 2010. Spermatophore quality of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Decapoda, Dendrobranchiata) broodstock fed with different maturation diets. Aquaculture 307, 44-48.

Bray, W.A., Lawrence, A.L., Leung-Trujillo, J.R., 1989. Reproductive performance of ablated *Penaeus stylirostris* fed a soy lecithin supplement. J. World Aquac. Soc. 20, 19A.

Bray, W.A., Leung-Trujillo, J.R., Lawrence, A.L., Robertson, S.M., 1985. Preliminary investigation of the effects of temperature, bacterial inoculation, and EDTA on sperm quality in captive *Penaeus setiferus*. J. World Maric. Soc. 16, 250-257.

Browdy, C.L., 1992. A review of the reproductive biology of *Penaeus* species: perspectives on controlled shrimp maturation systems for high quality nauplii production. Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming. in: The World Aquacult. Soc., 22-51.

Calazans, N.K.F., 2013. Dinâmica reprodutiva do camarão branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) (Decapoda: Penaeidae) no litoral sul de Pernambuco. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, Brasil, 69 pp.

Carbonell, A., Grau, A., Laurence, V., Gomez, C., 2006. Ovary development of the red shrimp, *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) from the Northwestern Mediterranean Sea. *Crustaceana* 79, 727-743.

Carvalho, A.S.S., 2006. Biologia e distribuição ecológica dos camarões Penaeidae (Crustacea; Decapoda) do estuário de Curuçá, Pará, costa Norte do Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil.

Castille, F.L., Lawrence, A.L., 1991. Reproductive studies concerning natural shrimp populations: a description of changes in size and biochemical compositions of the gonads and digestive glands in penaeid shrimps. in: De Loach, P.F., Dougherty, W.J., Davidson, M.A. (Eds.), *Frontiers of shrimp research*, Amsterdam, Elsevier, 22, 17-32.

Ceballos-Vázquez, B.P., Rosas, C., Racotta, I.S., 2003. Sperm quality in relation to age and weight of white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 228, 141-151.

Cha, H.K., Oh, C.-W., Hong, S.Y., Park, K.Y., 2002. Reproduction and population dynamics of *Penaeus chinensis* (Decapoda: Penaeidae) on the western coast of Korea, Yellow Sea. *Fish. Res.* 56, 25-36.

Cintra, I.H.A., Aragão, J.A.N., Silva, K.C.A., 2004. Maturação gonadal do camarão-rosa, *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez Farfante, 1967), na região norte do Brasil. *Bol. Téc. Cient. CEPNOR* 4, 21-29.

Clark Jr., W.H., Lynn, J.W., Persyo, H.O., 1980. Morphology of the cortical reaction in the eggs of *Penaeus aztecus*. *Biol. Bull.* 158, 175-186.

Coelho, P.A., Santos, M.C.F., 1993. Época da reprodução do camarão rosa, *Penaeus subtilis* Pérez-Farfante, 1967 (Crustacea, Decapoda, Penaeidae), na região de Tamandaré, PE. *B. Técn. Cient. CEPENE* 1, 57-72.

Coelho, P.A., Santos, M.C.F., 1995. Época da reprodução dos camarões *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936 e *Penaeus subtilis* Pérez-Farfante, 1967 (Crustacea,

Decapoda, Penaeidae), na região da foz do Rio São Francisco. Bol. Técn. Cient. CEPENE 3, 122-140.

Coletto, Z.F., Guerra, M.M.P., Batista, A.M., 2002. Avaliação do sêmen congelado de caprinos com drogas fluorescentes. Rev. Bras. Med. Vet. 24, 101-104.

Conides, A., Glamuzina, B., Dulčić, J., Kapiris, K., Jug-Dujaković, J., Papaconstantinou, C., 2008. Study of the reproduction of the Karamote shrimp *Peneaus* (*Melicertus*) *kerathurus* in Amvrakikos Gulf, western Greece. Acta Adriat. 49, 97-106.

Corrêa, A.B., Martinelli, J.M., 2009. Composição da População do Camarão-Rosa *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1936) no Estuário do Rio Curuçá, Pará, Brasil. Revista Científica da UFPA 7, 1-18.

Costa, R.C., Fransozo, A., 2004. Reproductive biology of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Decapoda, Penaeidae) in the Ubatuba region of Brazil. J. Crust. Biol. 24, 274-281.

Costa, S.W., 1992. Aspectos da biologia da reprodução de machos do “Camarão-Rosa” *Penaeus* (*Farfantepenaeus*) *paulensis* Pérez-Farfante, 1967 (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) para o manejo de reprodutores em aquicultura. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 121 pp.

Crocos, P.J., Park, Y.C., Die, D.J., Warburton, K., Manson, F., 2001. Reproductive dynamics of endeavour prawns, *Metapenaeus endeavor* and *M. ensis*, in Albatros Bay, Gulf of Carpentaria, Australia. Mar. Biol. 138, 63-75.

Cummings, W.C., 1961. Maturation and spawning of the pink shrimp, *Penaeus duorarum* Burkenroad. Trans. Am. Fish. Soc. 90, 462-468.

Dall, W., Hill, B.J., Rothlisberg, P.C., Staples, D.J., 1990. The Biology of the Penaeidae. Advances in Marine Biology. Academic Express, London.

D'Incao, F., 1995. Taxonomia, padrões distribucionais e ecológicos dos Dendrobranchiata (Crustacea: Decapoda) do Brasil e Atlântico Ocidental. Ph.D. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil, 365 pp.

Dumont, L.F.C., D'Incao, F., Santos, R.A., Maluche, S., Rodrigues, L.F., 2007. Ovarian development of wild pink prawn (*Farfantepenaeus paulensis*) females in northern coast of Santa Catarina State, Brazil. Nauplius 15, 65-71.

FAO, 2009. The state of world fisheries and aquaculture. 176 pp.

Fonteles Filho, A.A., 2011. Oceanografia, Biologia e Dinâmica Populacional de Recursos Pesqueiros. Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Fortaleza, Brasil, 460 pp.

Gab-Alla, A.A.F.A., Hartnoll, R.G., Ghobashy, A.F., Mohammed, S.Z., 1990. Biology of penaeid prawns in the Suez Canal lakes. Mar. Biol. 107, 417-426.

Gonçalves, S.M., Santos, J.L., Rodrigues, E.S., 2009. Estágios de desenvolvimento gonadal de fêmeas do camarão-branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936), capturadas na região marinha da Baixada Santista, São Paulo. Revista Ceciliana 1, 96-100.

Hartnoll, R. G., 1982. Growth, in: Bliss, D. (Ed.), The biology of Crustacea, 2, New York, 111-185.

Heckler, G.S., Simões, S.M., Santos, A.P.F., Fransozo, A., Costa, R.C., 2013. Population dynamics of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Dendrobranchiata, Penaeidae) in south-eastern Brazil. Afr. J. Marine Sci. 35, 17-24.

Hossain, M.Y., Ohtomi, J., 2008. Reproductive biology of the southern rough shrimp *Trachysalambria curvirostris* (Penaeidae) in Kagoshima Bay, southern Japan. J. Crust. Biol. 28, 607-612.

Hossain, Md.Y., Ohtomi, J., 2010. Reproductive biology of the southern rough shrimp *Trachysalambria curvirostris* (Penaeidae) in Kagoshima Bay, southern Japan. J. Crust. Biol. 28, 607-612.

IBAMA, 2005. Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do nordeste do Brasil. 79 pp.

Isaac, V.J., Neto, J., Damasceno, F.G., 1992. Camarão-rosa da Costa Norte: Biologia, dinâmica e administração pesqueira. Série de Estudos de Pesca, Coleção Meio Ambiente, Brasília, Brasil, 187 pp.

Junqueira, L.C.U., Junqueira, L.M.M.S., 1983. Técnicas básicas de citologia e histologia. Livraria e Editora Santos, São Paulo, Brasil, 124 pp.

Kevrekidis, K., Thessalou-Legaki, M., 2013. Reproductive biology of the prawn *Melicertus kerathurus* (Decapoda: Penaeidae) in Thermaikos Gulf (N. Aegean Sea). Helgol. Mar. Res. 67, 17-31.

King, J.E., 1948. A study of the reproductive organs of the common marine shrimp, *Penaeus setiferus*, Linnaeus. Biol. Bull. 94, 244-262.

King, M., 1995. Fisheries Biology. In: Assessment and Management. Oxford Press, London, 342 pp.

Leung-Trujillo, J.R., Lawrence, A.L., 1987. Observations on the decline in sperm quality of *Penaeus setiferus* under laboratory conditions. Aquaculture 65, 363-370.

Leung-Trujillo, J., Lawrence, A.L., 1988. The effect of ascorbic acid on sperm and spermatophore quality in *Penaeus vannamei* males fed prepared diets. J. World Aquac. Soc. 19, 46A.

Leite-Júnior, N.O., 2001. Dinâmica populacional do camarão-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* e *Farfantepenaeus paulensis* da Região Sudeste do Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 130 pp.

López, M.A., 2010. Avaliação reprodutiva de machos de camarão rosa *Farfantepenaeus duorarum* cultivados em sistema BFT “Bio-Floc Technology”. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil, 57 pp.

López-Martínez, J., Rabago-Quiroz, C., Nevarez-Martinez, M.O., Garcia-Juarez, A.R., Rivera-Parra, G., Chavez-Villalba, J., 2005. Growth, reproduction and size at first maturity of blue shrimp, *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1874) along the east coast of the Gulf of California, Mexico. Fish. Res. 71, 93-102.

Lumare, D., Lumare, L., Vitale, S., Lumare, F., 2011. Reproduction of the Caramote Shrimp *Melicertus Kerathurus* (Decapoda, Penaeidae) in the South Adriatic Sea (south-eastern Coast of Italy). Crustaceana 84, 293-305.

Machado, I.F., Dumont, L.F.C., D’Incao, F., 2009. Stages of gonadal development and mean length at first maturity of wild females of white shrimp (*Litopenaeus schmitti* - Decapoda, Penaeidae) in Southern Brazil. Atlântica 31, 169-175.

Martinelli, J.M., 2005. Estrutura populacional dos camarões Penaeidae no estuário do Rio Caeté, litoral norte do Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural do Amazonas, Belém, Pará, Brasil, 174 pp.

Martosubroto, P., 1974. Fecundity of pink shrimp, *Penaeus duorarum* Burkenroad. Bull. Mar. Sci. 24, 606-627.

MPA, 2012. Boletim estatístico da pesca e aquicultura. 128 pp.

Nakayama, C.L., Peixoto, S., Lopes, D., Vita, G., Krummenauer, D., Foes, G., Cavalli, R.O., Wasielesky, W., 2008. Métodos de extrusão manual e elétrica dos espermátóforos de reprodutores selvagens do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Decapoda: Penaeidae). Ciênc. Rural 38, 2018-2022.

Neiva, G.S., Santos, E.P., Jankauskis, V., 1971. Análise preliminar da população de camarão legítimo *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936, na Baía de Santos – Brasil. Bol. Inst. Pesca 1, 7-14.

Niamaimandi, N., Aziz, A., Khalijah, D.S., Roos, S.C., Kiabi, B., 2008. Reproductive biology of the green tiger prawn (*Penaeus semisulcatus*) in coastal waters of Bushehr, Persian Gulf. ICES J. Mar. Sci. 65, 1593-1599.

Ohtomi, J., Tashiro, T., Atsuchi, S., Kohno, N., 2003. Comparison of spatiotemporal patterns in reproduction of the kuruma prawn *Marsupenaeus japonicus* between two regions having different geographic conditions in Kyushu, southern Japan. Fish. Sci. 69, 505-519.

Palacios, E., Rodriguez-Jaramillo, C., Racotta I.S., 1999. Comparison of ovary histology between different-sized wild and pond-reared shrimp *Litopenaeus vannamei* (= *Penaeus vannamei*). Invertebr. Reprod. Dev. 35, 251-259.

Parnes, S., Mills, E., Segall, C., Raviv, S., Davis, C., Sagi, A., 2004. Reproductive readiness of the shrimp *Litopenaeus vannamei* in a brackishwater system. Aquaculture 236, 593-606.

Peixoto, S., Cavalli, R.O., D’Incao, F., Milach, Â.M., Wasielesky, W., 2003. Ovarian maturation of wild *Farfantepenaeus paulensis* in relation to histological and visual changes. Aquac. Res. 34, 1255-1260.

Peixoto, S., Cavalli, R.O., D’Incao, F., Wasielesky, W., Aguado, N., 2002. Description of reproductive performance and ovarian histology of wild *Farfantepenaeus paulensis* from shallow waters in southern Brazil. Nauplius 10, 149-153.

Peixoto, S., Cavalli, R., Krummenauer, D., Wasielesky, W., D’Incao, F., 2004. Influence of artificial insemination on the reproductive performance of *Farfantepenaeus paulensis* in conventional and unisex maturation system. Aquaculture 230, 197-204.

Peixoto, S., Coman, G., Arnold, S., Crocos, P., Preston, N., 2005. Histological examination of final oocyte maturation and atresia in wild and domesticated *Penaeus monodon* (Fabricius) broodstock. *Aquac. Res.* 36, 666-673.

Peixoto, S.R.M., 2004. Avanços nas técnicas de reprodução do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Crustacea: Decapoda) em cativeiro. Tese de Doutorado. Universidade Federal do rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil, 142 pp.

Pérez-Farfante, I., 1969. Western Atlantic shrimps of the genus *Penaeus*. *Fish. Bull.* 67, 461-591.

Perez Velazquez, M., Bray, W.A., Lawrence, A.L., Gatlin III, D.M., Gonzalez-Felix, M.L., 2001. Effect of temperature on sperm quality of captive *Litopenaeus vannamei* broodstock. *Aquaculture* 198, 209-218.

Perez-Velazquez, M., González-Félix, M.L., Lawrence, A.L., Bray, W.A., Gatlin III, D.M., 2003. Dietary effects on sperm quality of *Litopenaeus vannamei* broodstock. *J. World Aquac. Soc.* 34, 92-98.

Quintero, M.E.S., Gracia, A., 1998. Stages of gonadal development in the spotted pink shrimp *Penaeus brasiliensis*. *J. Crust. Biol.* 18, 680-685.

Rendon, S.R., Macias, E.R., Calderon, S.P., Nuñez, A.P., Soliz, R.I., 2007. Comparison of some reproductive characteristics of farmed and wild white shrimp males *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae). *Rev. Biol. Trop.* 55, 199-206.

Santos, J.L., Severino-Rodrigues, E., Vaz-Dos-Santos, A.M., 2008. Estrutura populacional do camarão-branco *Litopenaeus schmitti* nas regiões estuarina e marinha da baixada santista, São Paulo, Brasil. *B. Inst. Pesca* 34, 375-389.

Santos, M.C.F., Magalhães, J.A.D., 2001. Recrutamento do camarão rosa, *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) (Crustacea: Decapoda: Penaeidae), no litoral sul do Estado da Bahia – Brasil. *Bol. Técn. Cient. CEPENE* 9, 73-85.

Silva, S.V., Batista, A.M., Coletto, Z.F., Guerra, M.M.P., 2009. Diferentes métodos e técnicas na avaliação espermática: uma breve revisão. *Ciênc. vet. tróp.* 12, 1-15.

Simões, S.M., 2012. Estrutura da comunidade e biologia reprodutiva dos camarões marinhos (Penaeidea e Caridea), no Complexo Baía-Estuário de Santos e São Vicente/SP, Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil, 149 pp.

Sobrino, I., García, T., 2007. Reproductive aspects of the rose shrimp *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) in the Gulf of Cadiz (southwestern Iberian Peninsula). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 23, 57-71.

Sparre, P., Venema, S.C., 1997. Introduction to tropical fish stock assessment. Parte 1 - manual. FAO Fish. Paper, 376 pp.

Tan-Fermin, J.D., Pudadera, R.A., 1989. Ovarian maturation stages of the wild giant tiger prawn, *Penaeus monodon* Fabricius. *Aquaculture* 77, 229-242.

Tom, M., Lewinsohn, C., 1983. Aspects of the benthic life cycle of *Penaeus* (*Melicertus*) *japonicus* Bate (Crustacea Decapoda) along the south-eastern coast of the Mediterranean. *Fish. Res.* 89-101.

Vazzoler, A.E.M., 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: EDUEM, 169 pp.

Wenner, A.M., 1972. Sex ratio as a function of size in marine Crustacea. *Am.Nat.* 106, 321-350.

Worsmann, T.U., Neiva, G.S., Oliveira, M.T., Valentini, H., 1971. Contribuição ao estudo da maturação da gônada feminina do 'camarão-rosa' (*Penaeus paulensis* Perez Farfante, 1967). *B. Inst. Pesca* 1, 23-28.

Worsmann, T.U., Sesso, A., 1977. Observations ultrastructurales sur la maturation des cellules germinales de l'ovaire de *Penaeus paulensis*. Arch. anat. histol. embryol. norm. exp. 60,175-188.

Yamada, R., Kodama, K., Yamakawa, T., Horiguchi, T., Aoki, I., 2007. Growth and reproductive biology of the small penaeid shrimp *Trachysalambria curvirostris* in Tokyo Bay. Mar. Biol. 151, 961-971.

Yano, I., 1988. Oocyte development in the kuruma prawn *Penaeus japonicus*. Mar. Biol. 99, 547-553.

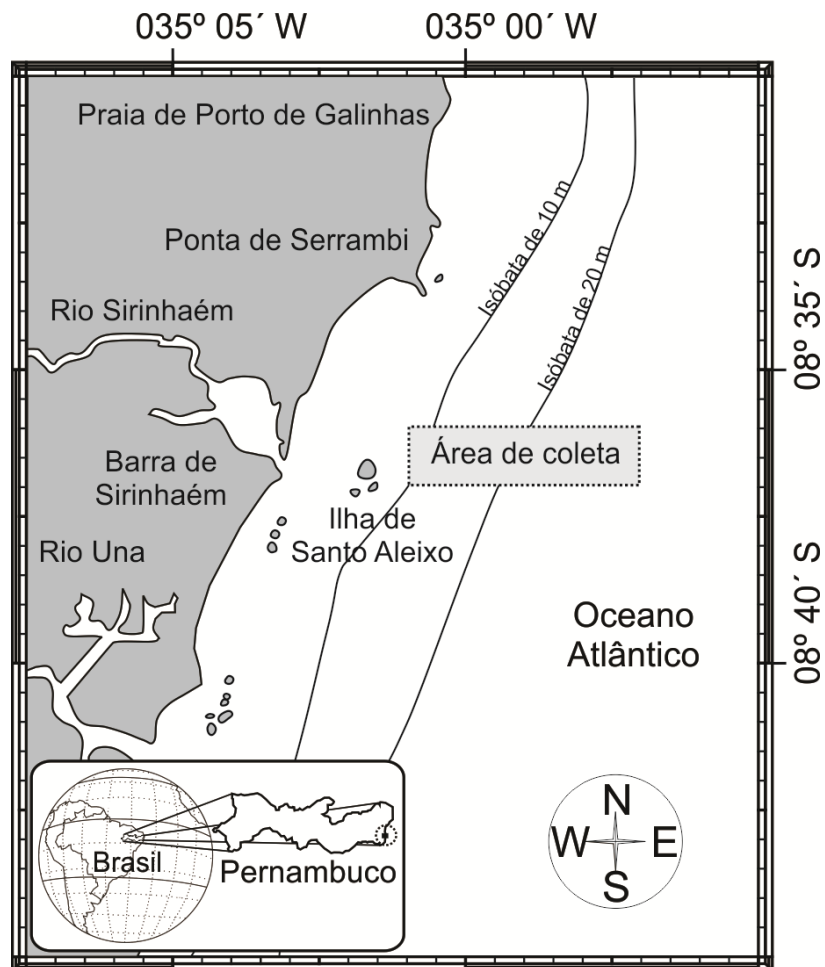


Fig. 1. Localização geográfica da área de estudo na costa de Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil.

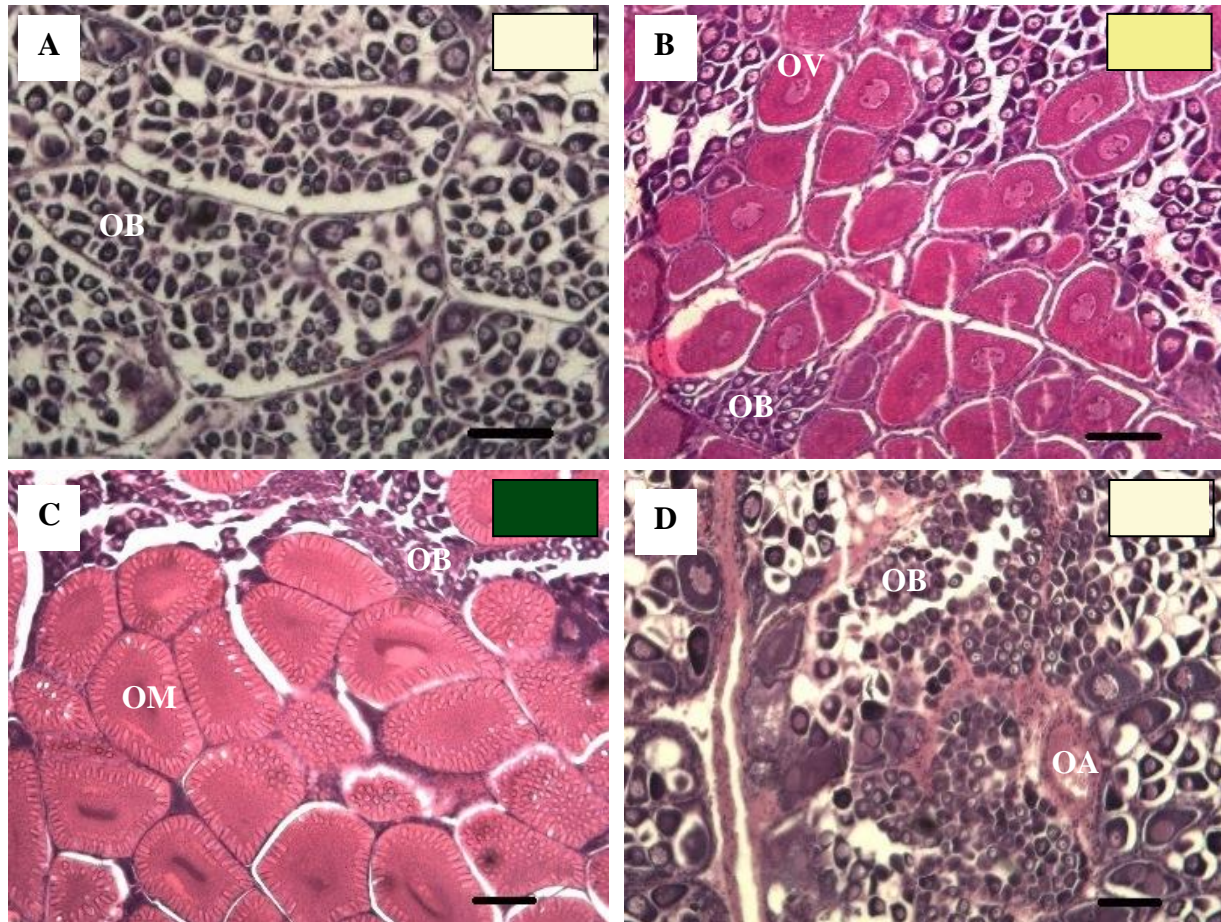


Fig. 2. Cortes histológicos (10x) e cores representativas dos estágios de desenvolvimento ovariano do camarão-rosa *Farfantepenaeus subtilis*. (A) Estágio I (imaturo): ovócitos basófilos (OB), coloração do ovário translúcida (Catálogo Pantone 607 PC); (B) Estágio II (em desenvolvimento): ovócitos vitelogênicos (OV), coloração do ovário amarelo claro (Catálogo Pantone 386 PC); (C) Estágio III (Mature): ovócitos maduros (OM), ovário com coloração verde escuro (Catálogo Pantone 350 PC); (D) Estágio IV (Desovado): ovócitos atrésicos (OA), coloração do ovário com mesmo padrão do estágio I. Escala da barra: 100 μ m.

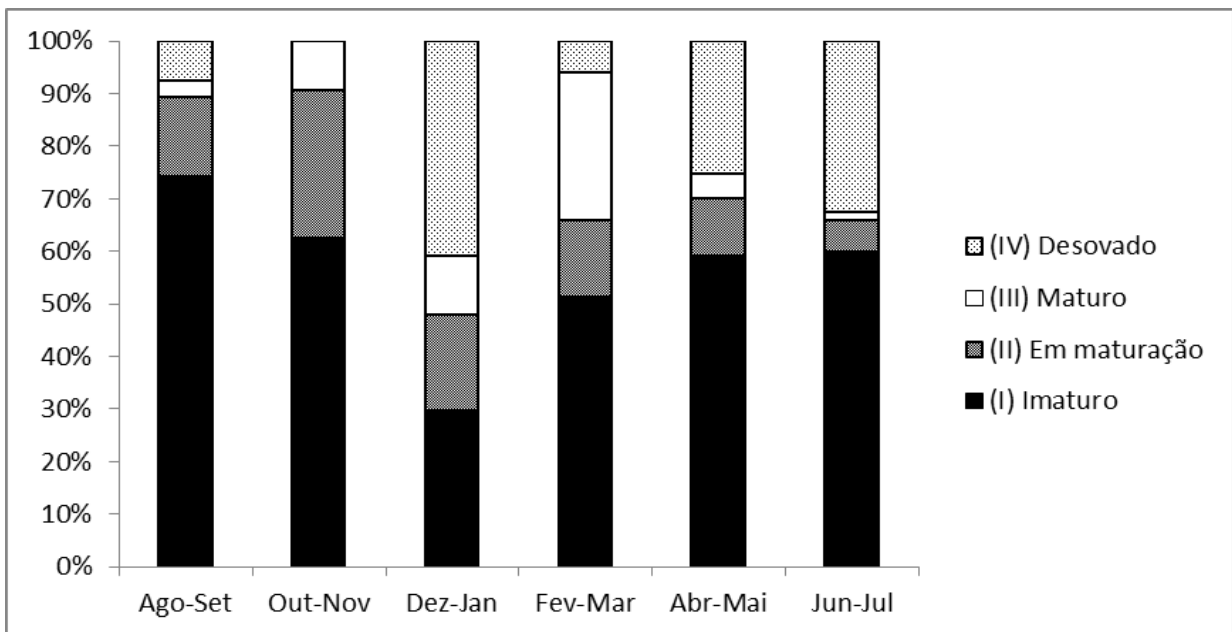


Fig. 3. Frequência dos estágios de desenvolvimento ovariano de *Farfantepenaeus subtilis*, capturado no período de Agosto de 2011 a Julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil.

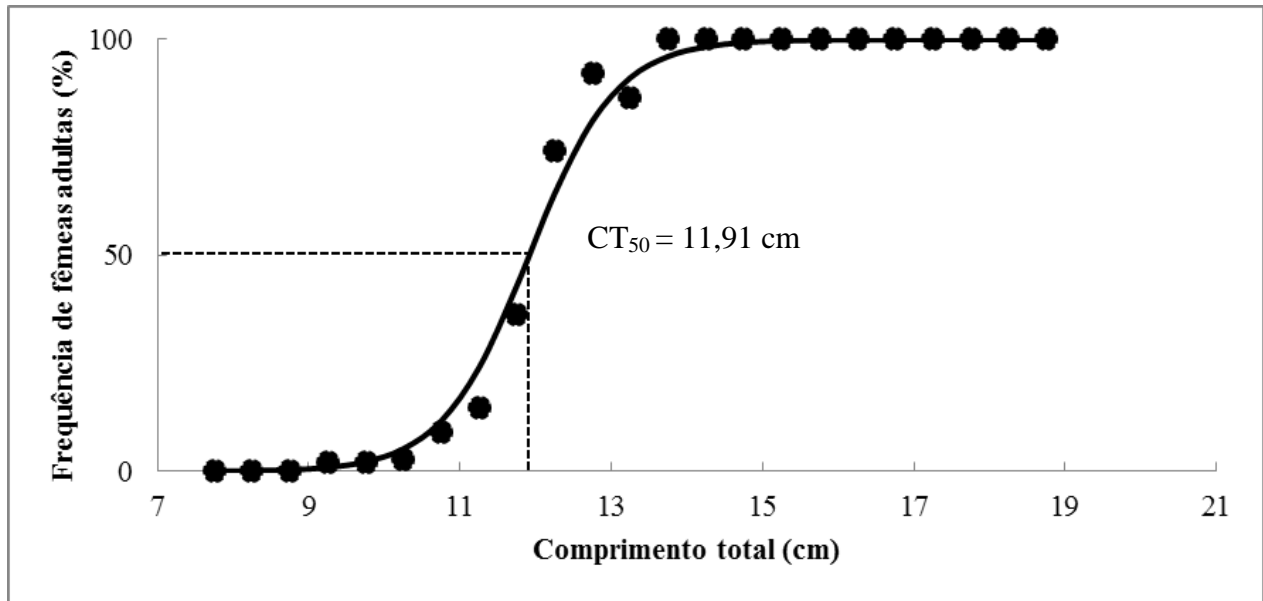


Fig. 4. Comprimento de primeira maturação sexual (CT, cm) de fêmeas do camarão-rosa *Farfantepenaeus subtilis*, capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil.

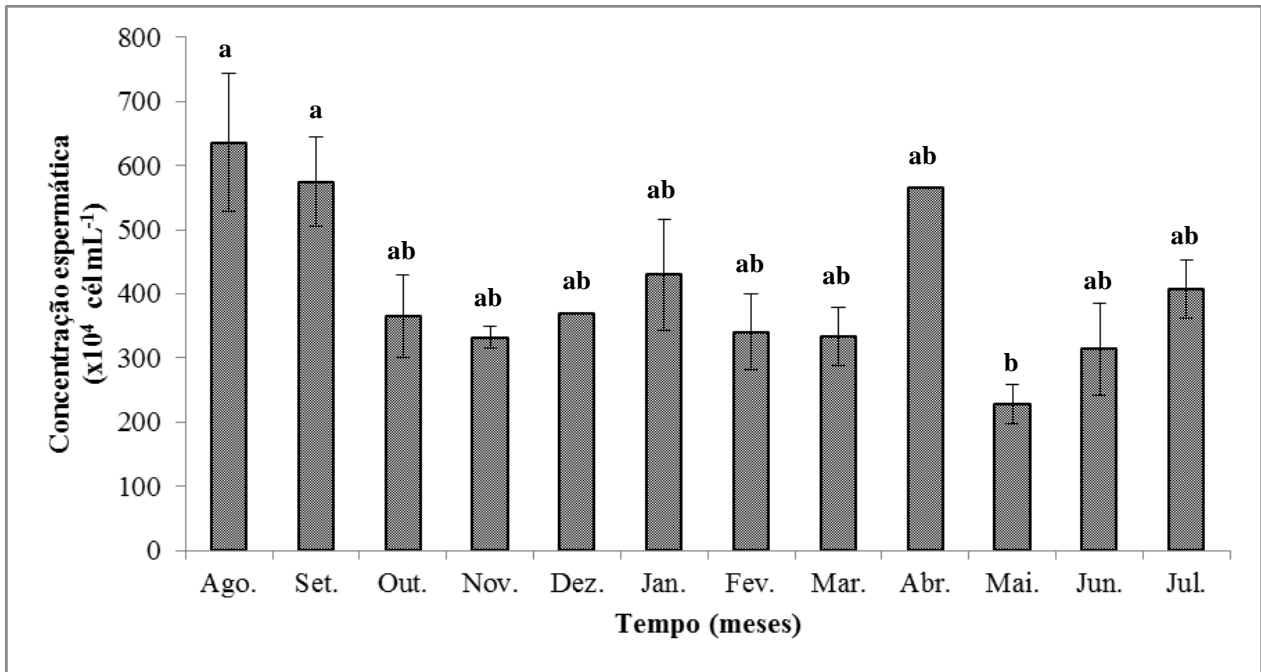


Fig. 5. Média (\pm E.P) da concentração espermática do camarão-rosa *Farfantepenaeus subtilis*, capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os meses.

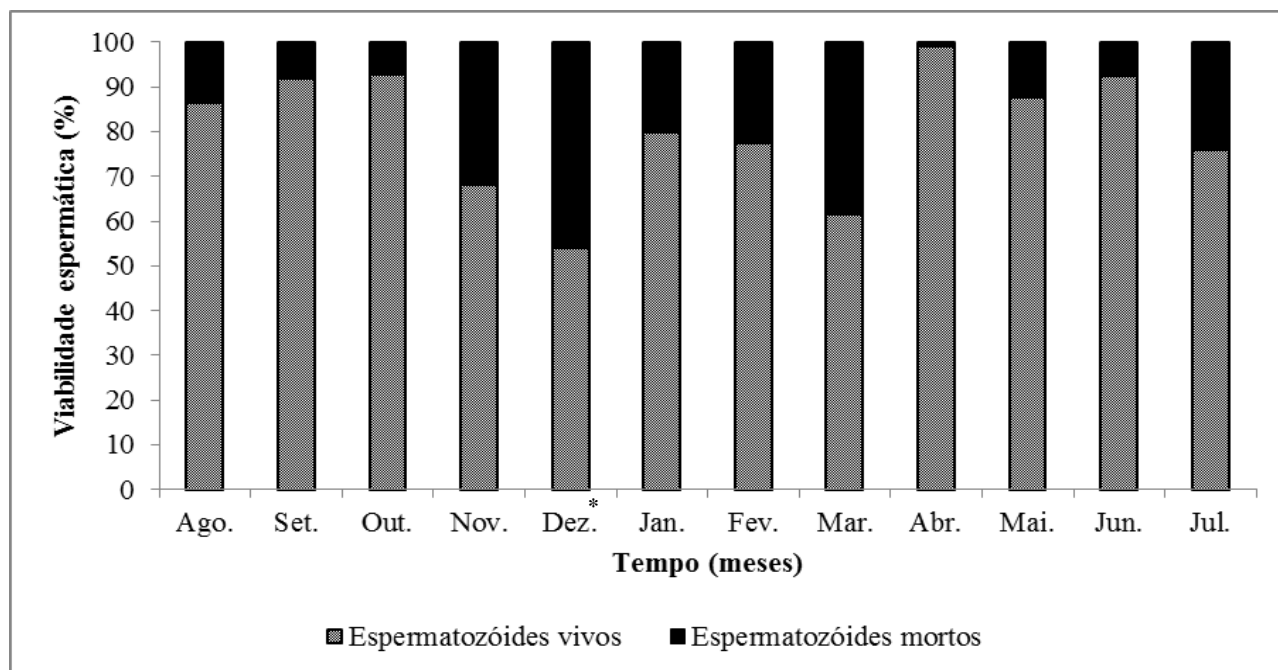


Fig. 6. Proporção da viabilidade espermática do camarão-rosa *Farfantepenaeus subtilis*, capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil. * não foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$).

Tabela 1. Frequência e diâmetro (média±DP) dos ovócitos basófilos (OB), vitelogênicos (OV) e atrésicos (OA) em cada estágio maturacional (Estágio I – imaturo; Estágio II – em maturação; Estágio III – maturo; Estágio IV - desovado) do camarão-rosa *Farfantepenaeus subtilis* capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil.

	Estágio I	Estágio II	Estágio III	Estágio IV
OB (%)	100 ^a	73,56±2,41 ^b	66,00±7,37 ^c	99,36±0,11 ^a
OV(%)	0 ^a	26,44±2,41 ^b	0 ^a	0 ^a
OM (%)	0 ^a	0 ^a	34,00±7,37 ^b	0 ^a
OA (%)	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0,64±0,11 ^b
OB diâmetro (µm)	31,08±3,77 ^a	34,96±1,92 ^a	33,51±2,21 ^a	33,52±3,83 ^a
OV diâmetro (µm)	NP	144,45±12,98	NP	NP
OM diâmetro (µm)	NP	NP	219,09±17,65	NP

Letras distintas na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05). NP = Não presente.

Tabela 2. Média (\pm DP) do comprimento total (CT), comprimento de cefalotórax (CC), peso total (PT), peso do ovário (PO) e índice gonadossomático (IGS) nos quatro estágios de maturação ovariana do camarão-rosa *Farfantepenaeus subtilis* capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil.

	Estágio I	Estágio II	Estágio III	Estágio IV
CT (cm)	10,65 \pm 0,78 ^a	12,53 \pm 1,68 ^a	12,93 \pm 1,65 ^a	13,36 \pm 1,87 ^a
CC (cm)	2,42 \pm 0,28 ^a	2,75 \pm 0,26 ^a	2,87 \pm 0,46 ^a	2,87 \pm 0,20 ^a
PT (g)	10,52 \pm 2,36 ^a	14,55 \pm 4,07 ^a	18,45 \pm 7,17 ^a	20,59 \pm 10,20 ^a
PO (g)	0,07 \pm 0,04 ^a	0,45 \pm 0,18 ^a	1,48 \pm 0,95 ^b	0,31 \pm 0,33 ^a
IGS (%)	0,66 \pm 0,19 ^a	2,96 \pm 0,77 ^a	6,60 \pm 2,05 ^b	1,24 \pm 0,86 ^a

Letras distintas na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

4.2.1- Normas da Revista Fisheries Research

Instructions for Authors

Types of paper

1. Original research papers (Regular Papers)
2. Review articles
3. Viewpoints
4. Short Communications
5. Technical Notes
6. Letters to the Editor
7. Book Reviews
8. Conference Reports

Regular papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form.

Review articles should cover subjects falling within the scope of the journal which are of active current interest. They may be submitted or invited.

Viewpoint contributions provide an opportunity to offer a personal perspective on topical issues relevant to the interests of the Journal.

A *Short Communication* is a concise but complete description of a limited investigation, which will not be included in a later paper. Short Communications should be as completely documented, both by reference to the literature and description of the experimental procedures employed, as a regular paper. They should not occupy more than 6 printed pages (about 12 manuscript pages, including figures, tables and references).

Conference Reports provide an analytical review of the significant outcomes of important conferences. They may be submitted by conference associates or solicited by the Editor-in-Chief.

Technical Notes should be brief descriptions of experimental procedures, technical operations or applied activities within laboratories or in the field.

Letters to the Editor offering comment or appropriate critique on material published in the journal are welcomed. The decision to publish submitted letters rests purely with the Editor-in-Chief.

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Policy and Ethics

The work described in your article must have been carried out in accordance with *The Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki) for animal experiments* <http://europa.eu.int/scadplus/leg/en/s23000.htm>;

Uniform Requirements for manuscripts submitted to Biomedical journals

<http://www.nejm.org/general/text/requirements/1.htm>. This must be stated at an appropriate point in the article.

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

Contributors

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

Changes to authorship

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

Before the accepted manuscript is published in an online issue: Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

After the accepted manuscript is published in an online issue: Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

Copyright

This journal offers authors a choice in publishing their research: Open Access and Subscription.

For Subscription articles

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <http://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement. Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

For Open Access articles

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

Retained author rights

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights. For more information on author rights for: Subscription articles please see <http://www.elsevier.com/journal-authors/author-rights-and-responsibilities>. Open access articles please see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

Open Access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An Open Access publication fee is payable by authors or their research funder

Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our access programs (<http://www.elsevier.com/access>)
- No Open Access publication fee

All articles published Open Access will be immediately and permanently free for everyone to read and download. Permitted reuse is defined by your choice of one of the following Creative Commons user licenses:

Creative Commons Attribution (CC BY): lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA): for noncommercial purposes, lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text and data mine the article, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation, and license their new adaptations or creations under identical terms (CC BY-NC-SA).

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND): for noncommercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

To provide Open Access, this journal has a publication fee which needs to be met by the authors or their research funders for each article published Open Access.

Your publication choice will have no effect on the peer review process or acceptance of submitted articles.

The publication fee for this journal is **\$2500**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Language Services

Manuscripts should be written in English. Authors who are unsure of correct English usage should have their manuscript checked by someone proficient in the language. Manuscripts in which the English is difficult to understand may be returned to the author for revision before scientific review. Authors who require information about language editing and copyediting services pre- and postsubmission please visit <http://www.elsevier.com/languagepolishing> or our customer support site at <http://epsupport.elsevier.com> for more information. Please note Elsevier neither endorses nor takes responsibility for any products, goods or services offered by outside vendors through our services or in any advertising. For more information please refer to our Terms & Conditions: <http://www.elsevier.com/termsandconditions>.

Submission

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process.

Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/fish/>

Referees

Please submit, with the manuscript, the names and addresses of 4 potential referees.

Page Charges

Fisheries Research has no page charges

PREPARATION

Use of word processing software

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Theory/calculation

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article.

Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples. Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images also in accordance with all technical requirements: Illustration Service.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 5 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords are important because they will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Authors and Editors are also, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*. All biota (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals.

All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.

Database linking

Elsevier encourages authors to connect articles with external databases, giving their readers one-click access to relevant databases that help to build a better understanding of the described research. Please refer to relevant database identifiers using the following format in your article: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN). See <http://www.elsevier.com/databaselinking> for more information and a full list of supported databases.

Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Table footnotes

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the printed version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a

low number of pixels and limited set of colors;

- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations **information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article**. Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Text graphics

Text graphics may be embedded in the text at the appropriate position. If you are working with LaTeX and have such features embedded in the text, these can be left. See further under Electronic artwork.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained. However, the titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a notation such as "(in Russian)" or "(in Greek, with English abstract)" should be added.

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text. MSc or BSc dissertations are not allowed as bibliographic references, however, theses from higher degrees (e.g. PhD) are allowed. Citation of a reference as "in press" implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing

services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the

List of title word abbreviations: <http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php>.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, highresolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly

usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Data at PANGAEA

Electronic archiving of supplementary data enables readers to replicate, verify and build upon the conclusions published in your paper. We recommend that data should be deposited in the data library PANGAEA (<http://www.pangaea.de>). Data are quality controlled and archived by an editor in standard machine-readable formats and are available via Open Access. After processing, the author receives an identifier (DOI) linking to the supplements for checking. As your data sets will be citable you might want to refer to them in your article. In any case, data supplements and the article will be automatically linked as in the following example: doi:10.1016/0016-7037(95)00105-9. Please use PANGAEA's web interface to submit your data (<http://www.pangaea.de/submit/>).

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Phone numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

AFTER ACCEPTANCE

Use of the Digital Object Identifier

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document,

particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal *Physics Letters B*):

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059>

When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

Proofs

One set of page proofs in PDF format will be sent by e-mail to the corresponding author. Elsevier now sends PDF proofs which can be annotated; for this you will need to download Adobe Reader version 7 (or higher) available free from <http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>. Instructions on how to annotate PDF files will accompany the proofs. The exact system requirements are given at the Adobe site: <http://www.adobe.com/products/acrobat/acrrsystemreqs.html#70win>. If you do not wish to use the PDF annotations function, you may list the corrections (including replies to the Query Form) and return to Elsevier in an e-mail. Please list your corrections quoting line number. If, for any reason, this is not possible, then mark the corrections and any other comments (including replies to the Query Form) on a printout of your proof and return by fax, or scan the pages and e-mail, or by post. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Therefore, it is important to ensure that all of your corrections are sent back to us in one communication: please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via email (the PDF file is a watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use). For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>). Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints/myarticlesservices/booklets>).

Author's Discount

Contributors to Elsevier journals are entitled to a 30% discount on most Elsevier books, if ordered directly from Elsevier.

AUTHOR INQUIRIES

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission) please visit this journal's homepage. For detailed instructions on the preparation of electronic artwork, please visit <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You can also check our Author FAQs at

<http://www.elsevier.com/authorFAQ> and/or contact Customer Support via
<http://support.elsevier.com>.

4.3- Artigo científico III

Artigo científico a ser encaminhado a Revista **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**.

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as estabelecidas pela referida revista (em anexo).

Dinâmica populacional do camarão branco *Litopenaeus schimitti* (Burkenroad, 1936) no litoral sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil

Emanuell Felipe Silva^{a,b*}, Nathalia Calazans^a, Leandro Nolé^c, Roberta Soares^a, Flávia

Lucena Frédou^c, Silvio Peixoto^a

^aUniversidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Laboratório de Tecnologia em Aquicultura (LTA), 52171-900, Recife, PE, Brasil

^bUniversidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial (DGTA), Bananeiras, PB, Brasil

^cUniversidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Laboratório de Estudos de Impactos Antrópicos na Biodiversidade Marinha e Estuarina (BIOIMPACT), 52171-900, Recife, PE, Brasil

*Autor para correspondência – informação de contato:

Telefone: +55 81 3320-6524

E-mail: emanuelfelipe@yahoo.com.br

Resumo

O presente estudo descreve a dinâmica populacional do camarão branco *Litopenaeus schimitti* enfocando a estrutura da população, crescimento, mortalidade e rendimento máximo por recruta da espécie no litoral sul de Pernambuco, nordeste do Brasil. Um total de 1.169 espécimes (491 machos e 678 fêmeas) foi capturado mensalmente de agosto de 2011 a julho de 2012, em um barco da frota artesanal que operava com arrasto duplo. Os animais foram mensurados através do comprimento de cefalotórax (CC) e comprimento total (CT) e foram pesados (PT). As fêmeas foram maiores ($14,10 \pm 1,96$ cm) que os machos ($12,93 \pm 1,07$ cm) e dominaram nas maiores classes de comprimento. As relações biométricas *CT-CC* e *PT-CT* para machos, fêmeas e sexos agrupados demonstraram um crescimento alométrico negativo. Estimativas dos parâmetros da curva de crescimento de von Bertalanffy resultaram em L_{∞} de 16,48 a 16,68 cm e k de 1,40 a 1,59 ano⁻¹ para machos, e L_{∞} de 20,60 a 21,63 cm e k de 1,20 a 1,38 ano⁻¹ para fêmeas. Em geral, a mortalidade das fêmeas ($Z= 2,47$ a $6,16$ ano⁻¹; $M= 1,16$ a $1,19$ ano⁻¹; $F= 1,31$ a $4,97$ ano⁻¹) foi maior em relação aos machos ($Z= 2,13$ a $5,63$ ano⁻¹; $M= 1,0$ a $1,14$ ano⁻¹; $F= 1,13$ a $4,49$ ano⁻¹), entretanto, as taxas de exploração (E) foram similares entre os sexos (machos: 0,53 a 0,80; fêmeas: 0,53 a 0,81). Os valores de rendimento máximo por recruta (E_{RMR}) foram maiores para os machos (0,85 a 0,86) em relação às fêmeas (0,72 a 0,78), as quais apresentaram longevidade maior (1,36 a 2,27 anos) que os machos (1,21 a 2,18 anos). Os resultados do presente estudo indicam que o *L. schimitti* está próximo ao estado de exploração, e no caso das fêmeas já se encontra sobrexplorado. Além disso, o comprimento de primeira captura das fêmeas (12,29 a 12,81 cm de CT) está abaixo do comprimento de primeira maturação sexual da espécie (13,96 cm de CT). Considerando que o Estado de Pernambuco não dispõe de período de

defeso para camarões, os resultados obtidos neste estudo alertam para a necessidade iminente da regulamentação desta pescaria no estado.

Palavras-chave: peneídeos; crescimento; mortalidade; relações biométricas; sustentabilidade

1. Introdução

Os camarões peneídeos representaram 42,2% das capturas mundiais de camarões entre 1970 e 2000 (FAO, 2009). No Brasil, o camarão branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) é um dos recursos pesqueiros mais importantes e está entre as espécies mais capturadas na pesca marinha (IBAMA, 2007), correspondendo a 7,1% da pesca de crustáceos em 2010 (MPA, 2012). No Estado de Pernambuco, a captura de peneídeos ocupa a segunda posição na pesca de crustáceos, sendo ultrapassada apenas pela pesca de siris (IBAMA, 2005).

O *L. schmitti* se distribui desde o Atlântico Ocidental, nas Antilhas, até o sul do Brasil (Pérez-Farfante, 1970). A espécie é encontrada em regiões marinhas, desde pequenas profundidades até 30 metros, com registros de ocorrência até 50 metros (D'Incao, 1995). Apresenta o ciclo de vida misto, onde as pós-larvas são carregadas pelas correntes marítimas até os estuários, onde atingem o estágio juvenil, em seguida migram para o oceano, atingindo a fase adulta (Dall et al., 1990).

A determinação dos parâmetros biológicos é essencial não somente para o conhecimento ecológico, mas também são utilizados como entrada de dados para aplicação de modelos de avaliação de estoques, necessários para o manejo pesqueiro. Por exemplo, a determinação dos parâmetros de crescimento é de extrema importância, uma vez que é essencial para estimar as taxas de mortalidade, que serão utilizadas nos modelos de avaliação de estoques (Siddeek et al., 2001; Keunecke et al., 2008).

Com o desenvolvimento da pesca, observa-se a necessidade de avaliar o estado de exploração dos estoques (Freire et al., 2012). Diversos estudos de dinâmica populacional de peneídeos foram realizados na costa do Brasil, principalmente nas regiões sudeste e sul, como observado para o *L. schmitti* (Neiva et al., 1971; Santos et al., 2008; Carvalho, 2013), *Xiphopenaeus kroyeri* (Simões et al., 2010; Fernandes et al., 2011); *Farfantepenaeus paulensis* (Branco e Verani, 1998; Leite e Petrere, 2006), *Farfantepenaeus brasiliensis* (Leite e Petrere, 2006) e na região norte para o *Farfantepenaeus subtilis* (Isaac et al., 1992). Além disso, alguns estudos com o *L. schmitti* foram realizados na região nordeste, abordando o crescimento (Santos et al., 2006), caracterização morfométrica (Santos et al., 2004), ciclo biológico (Coelho e Santos, 1994) e estrutura populacional (Santos e Freitas, 2004). Entretanto, tais estudos abordam os aspectos biológicos de maneira isolada, necessitando de uma pesquisa mais aprofundada e integrada acerca da sua dinâmica populacional, possibilitando estabelecer subsídios para o manejo sustentável desse estoque. Adicionalmente, o Estado de Pernambuco não dispõe do período de defeso para camarões, como ocorre em outros estados do litoral brasileiro, que pode estar associada à carência de informações deste recurso, acarretando um risco potencial para a sustentabilidade da espécie e manutenção da atividade pesqueira.

Nesse contexto, devido à importância biológica e econômica do *L. schmitti* no nordeste do Brasil, objetivou-se com o presente estudo fornecer informações sobre a estrutura da população, crescimento, mortalidade e rendimento máximo por recruta para a espécie no litoral sul de Pernambuco, nordeste do Brasil.

2. Material e métodos

2.1 Coleta de dados

A coleta foi realizada na principal área de pesca de camarões do Estado de Pernambuco, localizada no Município de Sirinhaém, próxima à foz do Rio Sirinhaém (08° 35' 57'' S - 08° 36' 57'' S e 034° 56' 58'' W - 035° 00' 48'' W, Figura 1).

Inserir Figura 1

Exemplares de *L. schimitti* foram coletados mensalmente de agosto de 2011 a julho de 2012 em período diurno durante a fase de lua cheia. A pesca foi realizada em um barco da frota artesanal, que operava com arrasto duplo através de redes de 10 m de comprimento e boca de 6,10 m, com 30 e 25 mm do tamanho de malha no corpo e saco da rede, respectivamente. A cada coleta foram realizados três arrastos com duração de duas horas cada, onde foram selecionados aleatoriamente 40 camarões por arrasto. Ainda na embarcação, os camarões foram imediatamente colocados em gelo até o momento da análise.

A identificação do sexo dos animais foi determinada através dos caracteres externos (presença de téllico nas fêmeas e petasma nos machos). Em seguida, os animais foram mensurados quanto ao comprimento de cefalotórax (CC, da base do rostro à margem posterior da carapaça) e comprimento total (CT, da ponta do rostro a extremidade do télson) utilizando um paquímetro digital (mm) e pesados (PT, peso total úmido) em balança analítica (precisão de 0,1 g).

2.2 Estrutura da população

A estrutura da população foi analisada considerando os meses e os sexos. Para determinar diferenças significativas quanto ao CT entre os mesmos, foi realizada a ANOVA (two-way) (dados transformados $\log_{10}(x + 1)$) (Sokal e Rohlf, 1987), considerando as premissas necessárias de normalidade (Teste Kolmogorov-Smirnov) e homocedasticidade (Teste de Levene). O teste de Bonferroni foi utilizado para determinar diferenças significativas entre meses e sexos ($p < 0,05$). A proporção sexual

em relação às classes de CT de 0,5 cm foi comparada utilizando o teste do Qui-quadrado ($p < 0,05$).

2.3 Relações biométricas

As relações biométricas foram estimadas para sexos separados e agrupados através de análises de regressão, onde o CT foi a variável independente e o CC e PT as variáveis dependentes. As regressões foram ajustadas pelo método dos mínimos quadrados, com nível de significância de 95% (Sokal e Rohlf, 1987).

A relação entre o CT e CC foi realizada através da regressão linear ($CC = a + bCT$), onde a é o intercepto e b é o coeficiente de alometria (crescimento alométrico positivo quando $b > 1$, alométrico negativo quando $b < 1$ e isométrico quando $b = 1$). Para avaliar a relação entre o CT e PT, foi realizada a regressão potencial ($PT = aCT^b$), onde a é o intercepto e b é o coeficiente de alometria (crescimento alométrico positivo quando $b > 3$, alométrico negativo quando $b < 3$ e isométrico quando $b = 3$). O teste t de Student foi utilizado para comparar o coeficiente b dessas relações com 1 e 3, respectivamente, para as regressões linear e potencial, assim como para comparar as relações entre os sexos (Zar, 2009).

2.4 Crescimento

A frequência de dados de CT foi analisada utilizando o pacote computacional FISAT II (FAO/ICLARM Stock Assessment Tools) (Gayanilo et al., 2005), e o crescimento foi descrito através do modelo de von Bertalanffy (1938), de acordo com a seguinte equação:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-kt}]$$

onde, L_t é o comprimento total (cm) na idade t ; L_∞ é o comprimento total assintótico (cm); k é o coeficiente de crescimento (ano^{-1}).

Os parâmetros da curva de crescimento de von Bertalanffy foram determinados através da distribuição das medidas de CT de machos, fêmeas e sexos agrupados em intervalos de classe de 0,5 cm para cada mês, a fim de definir os comprimentos médios por idade, utilizando o método de Bhattacharya (1967). Em seguida, a ferramenta “Linking of means” (FISAT II) (Gayanilo et al., 2005) foi utilizada para identificar o incremento em tamanho ao longo do crescimento. Os parâmetros de crescimento foram estimados através dos métodos Gulland e Holt, Munro, Faben, Appeldoorn (1987) e Length-at-age.

Para obter o melhor ajuste do modelo de crescimento de von Bertalanffy, as frequências de comprimento também foram restruturadas através do ELEFAN (Gayanilo et al., 2005), disponível no FISAT II.

2.5 Mortalidade

A mortalidade total (Z) foi estimada através da curva de captura (Pauly, 1984) e modelo de Beverton e Holt (Beverton e Holt, 1956). A mortalidade natural (M) foi estimada através do método de Rikhter e Efanov (1976), e a mortalidade por pesca (F) através da diferença entre Z e M .

A taxa de exploração foi estimada através da razão de F e Z . O comprimento de primeira captura (L_c) foi estimado como sendo o comprimento correspondente a 50% de probabilidade de captura. O rendimento máximo por recruta (E_{RMR}) foi estimado através do modelo de rendimento relativo por recruta (Y/R) (Beverton e Holt, 1966) e a longevidade através do método de Hoening (1982).

3. Resultados

3.1 Estrutura da população

Durante o período de estudo, foram coletados 1.169 espécimes de *Litopenaeus schimitti*, correspondendo a 678 fêmeas (58%) e 491 machos (42%), com exceção do mês de janeiro, onde nenhum indivíduo foi capturado. O comprimento total do camarão variou de 8,5 a 20,9 cm, com os machos apresentando uma menor amplitude de tamanho (8,5 a 16,5 cm) em relação às fêmeas (8,6 a 20,9 cm).

A maior frequência absoluta de CT para os sexos agrupados foi observada na classe de 13,0-13,5 cm, porém, sem diferenças significativas entre machos e fêmeas ($p < 0,05$). Em geral, as fêmeas foram maiores ($14,10 \pm 1,96$ cm) que os machos ($12,93 \pm 1,07$ cm) ($p < 0,05$) e dominaram nas maiores classes de comprimento, como observado a partir da classe 14,0-14,5 cm, enquanto os machos foram predominantes apenas na classe 12,5-13,0 cm.

Inserir Figura 2

Os maiores camarões foram observados no mês de fevereiro, com CT médio de $16,26 \pm 1,15$ cm, diferindo significativamente dos animais capturados de agosto a dezembro e de abril a julho ($p < 0,05$) (Figura 3). Não foram observadas diferenças significativas quanto ao CT de machos e fêmeas nos meses de setembro a novembro e abril a maio. Entretanto, as fêmeas foram significativamente maiores nos meses de agosto e dezembro de 2011 e nos meses de fevereiro, março, junho e julho de 2012 (Figura 3).

Inserir Figura 3

3.2 Relações biométricas

A relação CT e CC foi significativa para machos, fêmeas e sexos agrupados, com crescimento alométrico negativo ($p < 0,01$), onde o camarão cresce mais em comprimento total em relação a comprimento de cefalotórax. O coeficiente “*b*” da equação CT-CC, que representa o tipo de crescimento, demonstrou diferença

significativa entre machos e fêmeas ($p < 0,01$) (Tabela 1). A relação entre o CT e PT para machos, fêmeas e sexos agrupados foi significativa, apresentando crescimento alométrico negativo ($p < 0,01$), onde o animal cresce menos em peso do que comprimento. O coeficiente “*b*” da equação *PT-CT* demonstrou diferença significativa entre machos e fêmeas ($p < 0,01$) (Tabela 1).

Inserir Tabela 1

3.3 Crescimento

Foram identificadas cinco coortes para machos e cinco para fêmeas, com crescimento similar para ambos os sexos (Tabela 2). Os valores de L_{∞} estimados pelos diferentes métodos foram maiores para as fêmeas (20,31 a 22,47 cm) em relação aos machos (16,06 a 16,68 cm), entretanto, os machos atingiram maior valor de *k* (1,40 a 2,21 ano⁻¹) em relação as fêmeas (1,06 a 1,79 ano⁻¹) (Tabela 3). Os parâmetros de crescimento estimados pelos métodos Length-at-age e ELEFAN foram utilizados para os modelos de estimativa de mortalidade e rendimento máximo por recruta, uma vez que apresentaram valores mais coerentes com o crescimento da espécie, considerando dados da literatura para *L. schimitti* e outras espécies do gênero (Figura 4, Figura 5).

Inserir Tabela 2

Inserir Tabela 3

Inserir Figura 4

Inserir Figura 5

3.4 Mortalidade

As mortalidades *Z* (2,01 a 6,16 ano⁻¹), *M* (0,98 a 1,37 ano⁻¹) e *F* (1,03 a 4,97 ano⁻¹) apresentaram variação de acordo com as diferentes metodologias. Através do método de crescimento Length-at-age, foram estimados maiores valores de mortalidade em

relação ao ELEFAN, e a mortalidade Z estimada através da curva de captura apresentou maiores valores em relação ao método Beverton e Holt (Tabela 4).

Inserir Tabela 4

Em geral, a mortalidade das fêmeas foi maior em relação aos machos independente do método utilizado, entretanto, a taxa de exploração (E) foi similar entre os sexos, onde o método da curva de captura estimou valores de 0,78-0,80 para machos e 0,75-0,81 para fêmeas, os quais foram similares aos valores de rendimento máximo por recruta (E_{RMR}), estimados em 0,85-0,86 e 0,72-0,78 para machos e fêmeas, respectivamente (Tabela 4).

Com o método Beverton e Holt, foram estimados valores de taxa de exploração inferiores ao rendimento máximo por recruta. O comprimento de primeira captura foi similar entre os sexos, com valores de 11,90 cm para machos e 12,29-12,81 para fêmeas. As fêmeas apresentaram longevidade maior que os machos, independente da metodologia utilizada para estimar a mortalidade, assim como os métodos Length-at-age e ELEFAN (Tabela 4).

4. Discussão

No litoral sul de Pernambuco, as fêmeas do camarão branco *L. schimitti* foram maiores e mais abundantes que os machos. De acordo com Garcia e Le reste (1986), há uma tendência das fêmeas de peneídeos se apresentarem em maior número nas maiores classes de tamanho, o que está de acordo com os resultados observados no presente estudo. O dimorfismo sexual é característico em peneídeos, onde as fêmeas são maiores e mais pesadas que os machos (Boschi, 1963; Hartnoll, 1982). De acordo com Gab-Alla et al. (1990), o maior tamanho do cefalotórax e abdômen das fêmeas pode corresponder ao maior desenvolvimento do ovário e incremento na produção de ovócitos,

umentando também a fecundidade. Santos et al. (2008) reportaram um maior comprimento de fêmeas de *L. schimitti* em área de mar aberto na baixada santista, São Paulo. Essa mesma tendência foi observada por Santos et al. (2005) para a mesma espécie em diferentes localidades da região nordeste do Brasil. Os menores indivíduos encontrados no presente estudo foram observados nos meses de setembro-outubro e junho-julho, indicando um possível recrutamento durante esses meses, o que está de acordo com a principal época de desova da espécie na região, nos meses de agosto a novembro e fevereiro a março (Calazans, 2013).

Em peneídeos, é comum relacionar as medidas de tamanho, como o comprimento do cefalotórax e comprimento total, assim como entre o comprimento e peso (Dall et al., 1990; Albertoni et al., 2003). No presente estudo, o *L. schimitti* apresentou crescimento alométrico negativo nas relações *CT-CC* e *CT-PT*. O crescimento alométrico negativo foi observado na relação peso-comprimento para o *L. schimitti* na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro (Carvalho, 2013). Resultados similares foram reportados por Albertoni et al. (2003) e Freitas Jr et al. (2011) para *F. brasiliensis* e *F. paulensis* no Rio de Janeiro e Santa Catarina, respectivamente. Entretanto, Santos et al. (2004) observaram um crescimento alométrico positivo para o *L. schimitti* na região nordeste. Essa mesma tendência foi observada para *F. subtilis* na região norte (Isaac et al., 1992) e *F. brasiliensis* e *F. paulensis* em São Paulo (Leite e Petrere, 2006). As dimensões corporais dos crustáceos aumentam em razões diferentes para cada organismo e, frequentemente, tais diferenças estão relacionadas ao sexo e estágio maturacional do animal (Hartnoll, 1982). O menor incremento em peso em relação ao comprimento observado no presente estudo pode estar associado à condição desta espécie na área, principalmente imatura ou em desenvolvimento (Calazans, 2013).

O crescimento em crustáceos é caracterizado por um processo descontínuo, com uma sucessão de mudas separadas por períodos de intermuda (Hartnoll, 1982). A presença do exoesqueleto impossibilita que o aumento em tamanho ocorra de maneira contínua (Petriella e Boschi, 1997). Em consequência desse crescimento descontínuo, somado a ausência de estruturas rígidas indicadoras de idade, a análise dos dados de frequências de comprimento é o mais adequado para a determinação dos parâmetros populacionais em peneídeos (Sparre e Venema, 1997; Etim e Sankare, 1998). Para estas espécies, o assincronismo e alta frequência de mudas por ano permite a utilização de modelos de crescimento como o von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1938; Garcia e Le Reste, 1986).

Os parâmetros de crescimento, obtidos pelos métodos Length-at-age e ELEFAN no presente estudo, apresentaram resultados similares para o *L. schimitti*. O L_{∞} foi maior para fêmeas (20,60 a 21,63 cm) em relação aos machos (16,48 a 16,68 cm), entretanto, os machos apresentaram valores de k superiores (1,40 a 1,59 ano⁻¹) às fêmeas (1,20 a 1,38 ano⁻¹). Essa mesma tendência foi observada por Santos et al. (2006) em Sirinhaém, Pernambuco, onde as fêmeas de *L. schimitti* apresentaram maior L_{∞} (4,9 cm-CC) em relação aos machos (4,36 cm-CC), que apresentaram maior k (1,6 ano⁻¹) que as fêmeas (1,4 ano⁻¹). Da mesma forma, Andrade de Pasquier e Pérez (2004) reportaram para a mesma espécie na Venezuela, um L_{∞} de 19,4 cm para machos e 21,7 cm para fêmeas, com k de 1,24 e 0,95 ano⁻¹, respectivamente. Em peneídeos, os machos apresentam menor valor de L_{∞} e maior valor de k em relação às fêmeas (Garcia e Le Reste, 1986; Dall et al., 1990), corroborando com os resultados observados no presente estudo. Entretanto, Carvalho (2013) estimou um maior valor de k para fêmeas de *L. schimitti* na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. Essa mesma tendência foi observada por Isaac et al. (1992) para *F. subtilis* na região norte do Brasil. Essa inversão já foi reportada por

D'Incao e Fonseca (1999) para várias espécies de peneídeos. De acordo com Albertoni et al. (2003) e Fernandes et al. (2011), tais diferenças podem ser justificadas uma vez que os parâmetros de crescimento podem variar de maneira espacial e temporal entre as espécies, podendo está relacionado com fatores intrínsecos (efeitos genéticos) e extrínsecos (fatores ambientais), assim como a localização geográfica, sexo e estágio de vida.

A obtenção dos parâmetros de crescimento do modelo de von Bertalanffy (1938), serve como entrada de dados para estimar as taxas de mortalidade, que serão utilizadas para auxiliar em uma melhor gestão da pesca (Keunecke et al., 2008). Para as populações de espécies exploradas, a mortalidade total é composta pela mortalidade natural e mortalidade por pesca (Quinn II e Deriso, 1999), que ocorrem por diversos fatores tais como, condições adversas, falta de alimento, competição e predação (Niamaimandi et al., 2007).

A mortalidade Z estimada no presente estudo variou de acordo com os métodos da curva de captura e Beverton e Holt, assim como os métodos de crescimento, utilizados como entrada de dados. O modelo de Beverton e Holt estimou valores de mortalidade inferiores à curva de captura, além disso, a utilização dos parâmetros de crescimento estimados pelo ELEFAN proporcionou valores inferiores de mortalidade quando comparados aos parâmetros estimados pelo Length-at-age. Entretanto, independente dos cenários metodológicos utilizados, registrou-se uma maior mortalidade das fêmeas (2,47 a 6,16 ano⁻¹) em relação aos machos (2,13 a 5,63 ano⁻¹). Essa mesma tendência foi observada por Andrade e Stotz (1999) para a mesma espécie na Venezuela, que estimou Z de 5,43 e 8,08 ano⁻¹ para machos e fêmeas, respectivamente. Niamaimandi et al. (2007) estimaram valores de 6,4 ano⁻¹ para machos e 8,2 ano⁻¹ para fêmeas de *Penaeus semisulcatus*. Entretanto, Carvalho (2013) não

observou distinção entre sexos na mortalidade de *L. schimitti* no Rio de Janeiro, apresentando valor de 6,0 ano⁻¹.

A mortalidade M observada no presente estudo variou de 0,98 a 1,37 ano⁻¹, apresentando valores ligeiramente maiores para as fêmeas (1,16-1,19 ano⁻¹) em relação aos machos (1,0-1,14 ano⁻¹). Para o *L. schimitti* na Venezuela, Andrade e Stotz (1999) utilizaram o mesmo método de estimativa de M do presente estudo, e reportaram valores de 1,83 e 2,04 ano⁻¹ para machos e fêmeas, respectivamente. Resultado similar foi observado por Carvalho (2013) para a mesma espécie, com M de 1,92 ano⁻¹. Para o *F. brasiliensis* e *F. paulensis* foi observado M de 1,8 e 1,9 ano⁻¹, respectivamente (Leite e Petrere, 2006). A mortalidade natural é aquela produzida por qualquer outra causa que não a pesca, sendo um parâmetro extremamente crítico em estudos de dinâmica populacional, principalmente pela dificuldade em obtê-lo por meio de medições diretas (Sparre e Vanema, 1997), dessa forma, qualquer método de estimativa da mortalidade natural é válido para fins de comparação (Isaac et al., 1992).

A mortalidade por pesca (F) observada no presente estudo (1,03-4,97 ano⁻¹) apresentou variação de acordo com as metodologias para estimar a mortalidade total e os parâmetros de crescimento, entretanto, os coeficientes de F foram maiores em relação aos coeficientes de M em todos os casos. Os machos apresentaram F variando de 1,13 a 4,49 ano⁻¹, enquanto as fêmeas mostraram F ligeiramente maior, com valores de 1,31 a 4,97 ano⁻¹. Valores similares foram observados por Palacios et al. (1993) para *L. stylirostris*, com F de 2,81 e 3,02 ano⁻¹ para machos e fêmeas, respectivamente. Entretanto, Andrade e Stotz (1999) e Garcia (1976) reportaram F de 4,91-9,40 ano⁻¹ para *L. schimitti* na Venezuela e 7,12 para *Penaeus californiensis* no México, respectivamente. Da mesma forma, D'Incao (1984) estimou F de 6,24 ano⁻¹ para machos e 5,52 ano⁻¹ para fêmeas de *F. paulensis* no sul do Brasil.

No presente estudo, os valores de longevidade diferiram de acordo com os métodos de estimativa da mortalidade Z e crescimento. Devido aos baixos valores de Z , estimados através do método de Beverton e Holt, a longevidade foi estimada em 1,21 a 1,43 anos para machos e 1,36 a 1,69 anos para fêmeas. Niamaimandi et al. (2007) estimaram longevidade de 1,3 a 1,8 anos para *P. semisulcatus*, o que está de acordo com os nossos resultados. Entretanto, ao determinar a mortalidade Z através da curva de captura no presente estudo, a longevidade foi estimada em 2,0 e 2,18 anos para machos e 1,99 e 2,27 anos para fêmeas, o que parece estar mais coerente com a espécie. Carvalho (2013) estimou valores de 2,3 e 2,79 anos para fêmeas, e 2,5 e 2,87 para machos de *L. schimitti*. Dall et al. (1990) reportam que o ciclo de vida dos peneídeos é estimado em torno de dois anos. Porém, alguns estudos sugerem uma longevidade para peneídeos variando de 1,3 a 2,5 anos (Garcia e Le Reste, 1986; Fonseca, 1998). Os valores observados no presente estudo se ajustam dentro das estimativas de longevidade para a família, o que mostra a confiabilidade na estimativa dos valores de crescimento, sendo de extrema importância para a credibilidade das estimativas de mortalidade.

A avaliação dos estoques pesqueiros geram informações das condições de exploração dos recursos aquáticos (Sparre e Venema, 1997). Nesse contexto, a taxa de exploração (E) fornece uma noção de como o recurso está sendo explorado. As taxas de exploração observadas no presente estudo apresentaram valores de 0,53 a 0,80 para machos e 0,53 a 0,81 para fêmeas, atingindo valores muito próximos ou superiores às estimativas de rendimento máximo por recruta (E_{RMR}), 0,85 a 0,86 para machos e 0,72 a 0,78 para fêmeas, demonstrando que independentemente da metodologia para estimativa dos parâmetros de crescimento e mortalidade, os resultados indicam que o *L. schimitti* está próximo ao estado de sobrexploração, e no caso das fêmeas, já se encontra sobrexplorado. Somado a isso, observa-se que o comprimento de primeira captura das

fêmeas (12,29 a 12,81 cm de CT) no presente estudo é abaixo do comprimento de primeira maturação sexual, que de acordo com Calazans (2013) foi estimado em 13,96 cm de CT. Adicionalmente, a falta de legislação específica para a pesca de camarões no estado de Pernambuco torna esse estoque ainda mais vulnerável.

Diante do contexto, é necessária uma diminuição do esforço de pesca nesse estoque através da diminuição do número de embarcações, criação de área de proteção ambiental (APA), principalmente nos períodos de recrutamento da espécie. A criação de uma legislação para pesca de camarões no estado não só protegeria o *L. schmitti*, mas também outros peneídeos que também são explorados nessa região e mostram um padrão biológico similar.

Agradecimentos

O presente estudo foi apoiado pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Silvio Peixoto e Flávia Lucena Frédou são bolsistas de produtividade em pesquisa do CNPq.

Referências

- Albertoni, E.F., Palma-Silva, C., Esteves, F.A., 2003. Crescimento e fator de condição na fase juvenil de *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille) e *F. paulensis* (Pérez-Farfante) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) em uma lagoa costeira tropical do Rio de Janeiro, Brasil. Rev. Bras. Zool. 20, 409-418.
- Andrade de Pasquier, G., Pérez, E.P., 2004. Age and growth of the White shrimp *Litopenaeus schmitti* in western Venezuela. INCI 29, 17p.

Andrade de Pasquier, G., Stotz, W., 1999. Crecimiento y mortalidad del camarón blanco, *Penaeus schmitti*, en el Lago de Maracaibo, Venezuela. Zoot. Trop. 17, 63-89.

Beverton, R.J.H., Holt, S. J., 1956. A review of methods for estimating mortality rates in exploited fish populations, with special reference to sources of bias in catch sampling. Rapp.P.-V.Réun. CIEM 140, 67-83.

Beverton, R.J.H., Holt, S.J., 1966. Manual of methods for fish stock assessment. Part II. Tables of yield function. FAO Fish. Biol. Tech. Pap., 38.

Bhattacharya, C.G., 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. Biometrics 23, 115-135.

Boschi, E.E., 1963. Los camarones comerciales de la familia Penaeidae de la costa Atlántica de America del Sur. Bol. Inst. Biol. Mar. 3, 1-39.

Branco, J.O., Verani, J.R., 1998. Estudo populacional do camarão-rosa *Penaeus paulensis* Perez Farfante (Natantia, Penaeidae) na Lagoa da Conceição, Santa Catarina, Brasil. Rev. Bras. Zool. 15, 353-364.

Calazans, N.K.F., 2013. Dinâmica reprodutiva do camarão branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) (Decapoda: Penaeidae) no litoral sul de Pernambuco. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, Brasil, 69 pp.

Carvalho, C., 2013. Crescimento e Mortalidade do camarão branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) em ambiente natural e em confinamento. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 94 pp.

Coelho, P.A., Santos, M.C.F., 1994. Ciclo biológico de *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936 em Pernambuco (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). Bol. Técn. Cient. CEPENE 2, 35-50.

Dall, W., Hill, B.J., Rothlisberg, P.C., Staples, D.J., 1990. The Biology of the Penaeidae. Advances in Marine Biology. Academic Express, London.

D’Incao, F., 1984. Estudo sobre o crescimento de *Penaeus*, *Farfantepenaeus*, *paulensis* Perez-Farfante, 1967 da Lagoa dos Patos, RS, Brasil, Decapoda, Penaeidae. Atlântica Rio Grande 7, 73-84.

D’Incao, F., 1995. Taxonomia, padrões distribucionais e ecológicos dos Dendrobranchiata (Crustacea: Decapoda) do Brasil e Atlântico Ocidental. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil, 365 pp.

D’Incao, F., Fonseca, D.B., 1999. The performance of the von Bertalanffy growth curve in penaeid shrimps: A critical approach, in: Proceedings of the fourth international crustacean congress, Amsterdam, The Netherlands, pp. 733-737.

Etim, L., Sankare, Y., 1998. Growth and mortality, recruitment and yield of the freshwater shrimp, *Macrobrachium vollenhovenii* Herklots, 1857 (Crustacea, Palaemonidae) in Fahe Reservoir, Cote d’Ivoire, West Africa. Fish. Res. 38, 211-223.

Fernandes, L.P., Silva, A.C., Jardim, L.P., Keunecke, K.A., Di Benedetto, A.P.M., 2011. Growth and Recruitment of the Atlantic Seabob Shrimp, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda, Penaeidae), on the Coast of Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. Crustaceana, 84, 1465-1480.

FAO., 2009. The state of world fisheries and aquaculture, Roma, Itália. 1-176.

Fonseca, D.B., 1998. *Kalliapseudes schubartii* Mañé-Garzón, 1949 (Crustacea, Tanaidacea): comparação entre metodologias de análise de crescimento e dinâmica populacional da espécie. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil.

Freire, J.L., Marques, C.B., Bentes, B., 2012. Crescimento e avaliação do estoque de *Macrobrachium amazonicum* em um estuário do nordeste do Pará, Brasil. Bol. Inst. Pesca 38, 215-229.

Freitas Jr, F., Fracasso, H.A.A., Branco, J.O., Christoffersen, M.L., 2011. Ten-year variations in population structure of pink-shrimp in a southwestern Atlantic Bay affected by highway construction. Braz. J. Oceanogr. 59, 377-390.

Gab-Alla, A.A.F.A., Hartnoll, R.G., Ghobashy, A.F., Mohammed, S.Z., 1990. Biology of penaeid prawns in the Suez Canal lakes. Mar. Biol. 107, 417-426.

Garcia, S., Le Reste, L., 1986. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeiros. FAO Doc. Téc. Pesca, 203.

Garcia, X.R., 1976. Crecimiento del camarón azul, *Penaeus stylirostris*, y camarón café, *Penaeus californiensis*, en la zona de Puerto Peñasco, Sonora. Memorias, Simp. Biol. y Dinámica Poblacional de Camarones 2, 189-211.

Gayanilo, F.C., Sparre, P., Pauly, D., 2005. FAO-ICLARM Stock assessment tools II (FISAT II). User's guide, FAO Computerized Information, Roma, Itália.

Hartnoll, R. G., 1982. Growth, in: Bliss, D. (Ed.), The biology of Crustacea, 2, New York, pp. 111-185.

Hoening, J.M., 1982. Estimating mortality rate from the maximum observed age. ICES. C.M./1982/D:5 10p.

IBAMA., 2005. Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do nordeste do Brasil. 1-79.

IBAMA., 2007. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis, Estatística de Pesca Brasil, Grandes Regiões e Unidade da Federação. 1-151.

Isaac, V.J., Dias Neto, J., Damasceno, F.G., 1992. Camarão-rosa da Costa Norte: Biologia, dinâmica e administração pesqueira. Série de Estudos de Pesca, Coleção Meio Ambiente, Brasília, Brasil.

Keunecke, K.A., D’Incao, F., Moreira, G.N., Silva Jr, D.R., Verani, J.R., 2008. Idade e crescimento de *Callinectes danae* e *C. ornatus* (Crustacea, Decapoda) na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. Iheringia, Série Zoologia 98, 231-235.

Leite JR, N.O., Petrere JR, M., 2006. Growth and mortalities of the Pink-shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* Latreille, 1970 and *F. paulensis* Pérez-Farfante 1967 in Southeast Brazil. Braz. J. Biol. 66, 523-536.

MPA., 2012. Boletim estatístico da pesca e aquicultura. 1-128.

Neiva, G.S., Santos, E.P., Jankauskis, V., 1971. Análise preliminar da população de camarão legítimo *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936, na Baía de Santos – Brasil. Bol. Inst. Pesca 1, 7-14.

Niamaimandi, N., Arshad, A.B., Daud, S.K., Saed, R.C., Kiabi, B., 2007. Population dynamic of green tiger prawn, *Penaeus semisulcatus* (De Haan) in Bushehr coastal waters, Persian Gulf. Fish. Res. 86, 105-112.

Palacios, J.A., Rodríguez, J.A., Ângulo, R., 1993. Algunos aspectos biológicos pesqueros para la ordenación de las pesqueiras del camarón blanco (*Penaeus stylirostris*) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Actas Simposio: Investigaciones Acuícolas en Centroamérica, UNA-LUW/ECB/UMA, pp. 119-126.

Pauly, D., 1984. Length-converted catch curves: a powerful tool for fisheries research in the tropics (Part II). ICLARM Fishbyte 2, 17-19.

Pérez-Farfante, I., 1970. Sinopsis de datos biológicos sobre el camarón blanco *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936. FAO Fisheries Reports, Roma, 37, 1417-1438.

Petriella, A.M., Boschi, E.E., 1997. Crecimiento en crustáceos decápodos: resultados de investigaciones realizadas em Argentina. Invest. Mar. Valparaíso 25, 135-157.

Quinn II, T.J., Deriso, R.B., 1999. Quantitative Fish Dynamics. Oxford University Press, New York.

Rikhter, V.A., Efanov, V.N., 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. ICNAF Res. Doc. 79/VI/8, 12p.

Santos, J.L., Severino-Rodrigues, E., Vaz-Dos-Santos, A.M., 2008. Estrutura populacional do camarão-branco *Litopenaeus schmitti* nas regiões estuarina e marinha da baixada santista, São Paulo, Brasil. B. Inst. Pesca 34, 375-389.

Santos, M.C.F., Freitas, A.E.T.S., 2004. Estrutura populacional e pesca do camarão branco, *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) capturado no estuário da Lagoa Papari, Município de Nísia Floresta (Rio Grande do Norte – Brasil). Bol. Técn. Cient. CEPENE 12, 21-41.

Santos, M.C.F., Pereira, J.A., Ivo, C.T.C., 2004. Caracterização morfométrica do camarão-branco, *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae), no Nordeste Oriental do Brasil. Bol. Técn. Cient. CEPENE 12, 51-72.

Santos, M.C.F., Pereira, J.A., Ivo, C.T.C., 2005. Dinâmica reprodutiva do camarão branco, *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae), no Nordeste do Brasil. Bol. Técn. Cient. CEPENE 13, 27-45.

Santos, M.C.F., Pereira, J.A., Ivo, C.T.C., Souza, R.F., 2006. Crescimento do camarão branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) no Nordeste do Brasil. Bol. Técn. Cient. CEPENE 14, 59-70.

Siddeek, M.S., Hermosa, G., Al-Amri, M.N., Al-Aisery, A., 2001. Stock assessment of shrimp in the Gulf of Masirah, Sultanate of Oman. in Goddard, S., Al-Oufi, H., McIlwain, J., Claereboudt, M. (Eds.), Proc. 1st International Conference on Fisheries,

Aquaculture and Environment in the NW Indian Ocean, Sultan Qaboos University, Muscat, Sultanate of Oman, pp. 107-118.

Simões, S.M., 2012. Estrutura da comunidade e biologia reprodutiva dos camarões marinhos (Penaeidea e Caridea), no Complexo Baía-Estuário de Santos e São Vicente/SP, Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil, 149 pp.

Sokal, R.R., Rohlf, F.J., 1987. Introduction to biostatistics. New York, Freeman Publication.

Sparre, P., Venema, S.C., 1997. Introduction to tropical fish stock assessment. Parte 1 - manual. FAO Fish. Paper.

Von Bertalanffy, L., 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). Hum. Biol. 10, 181-213.

Zar, J.H., 2009. Biostatistical analysis. Upper Saddle River, Prentice-Hall International INC.

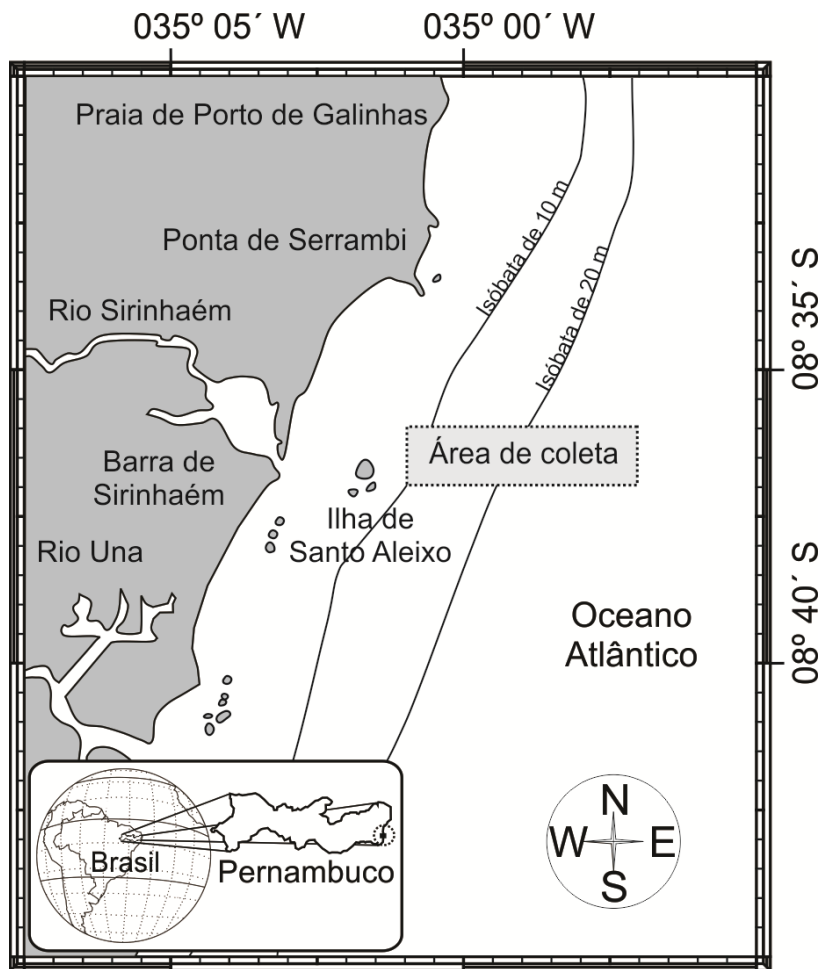


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo na costa de Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil.

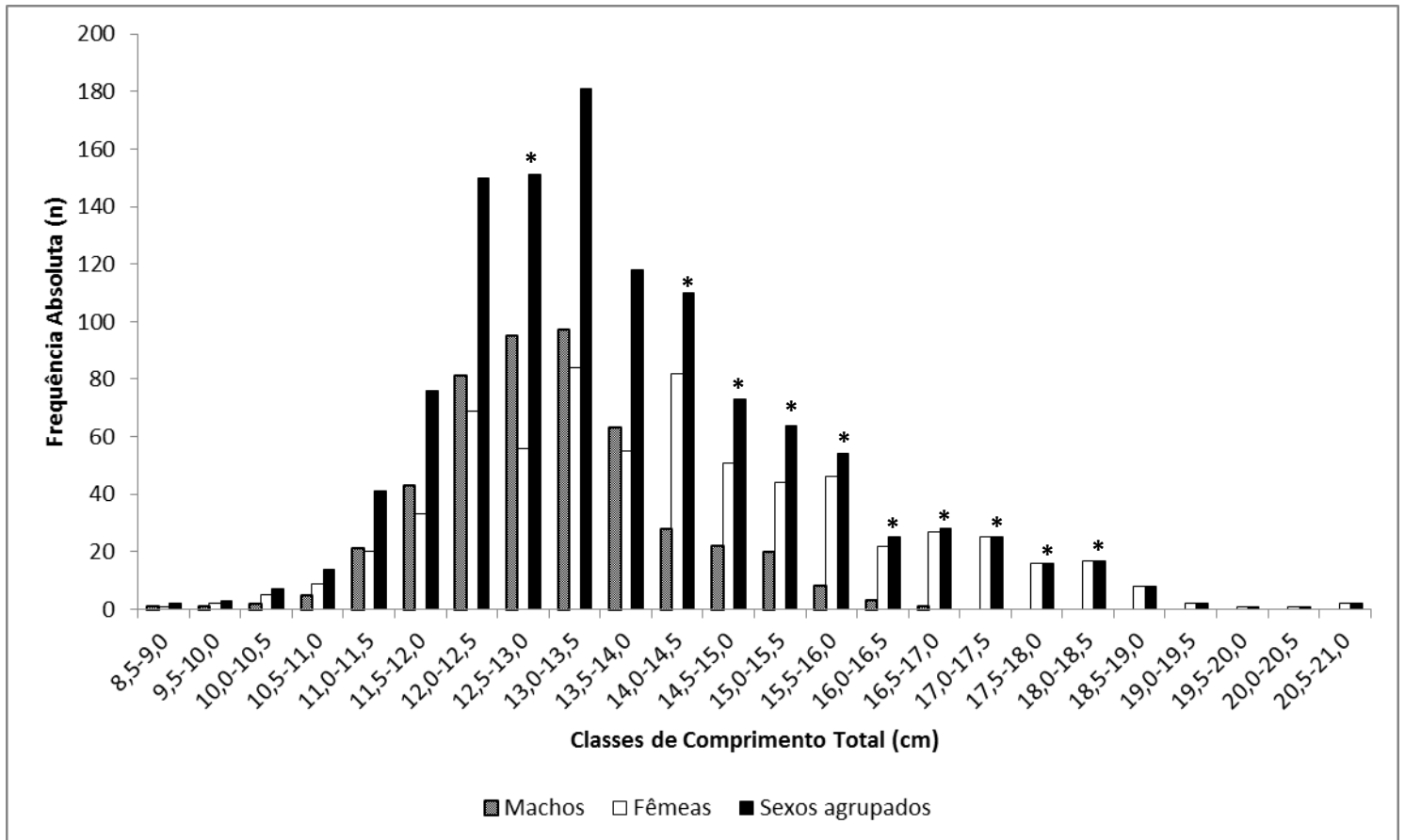


Figura 2. Distribuição de frequência absoluta por classes de comprimento total de machos, fêmeas e sexos agrupados para o camarão branco *Litopenaeus schimitti*, capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil. *diferenças significativas entre machos e fêmeas

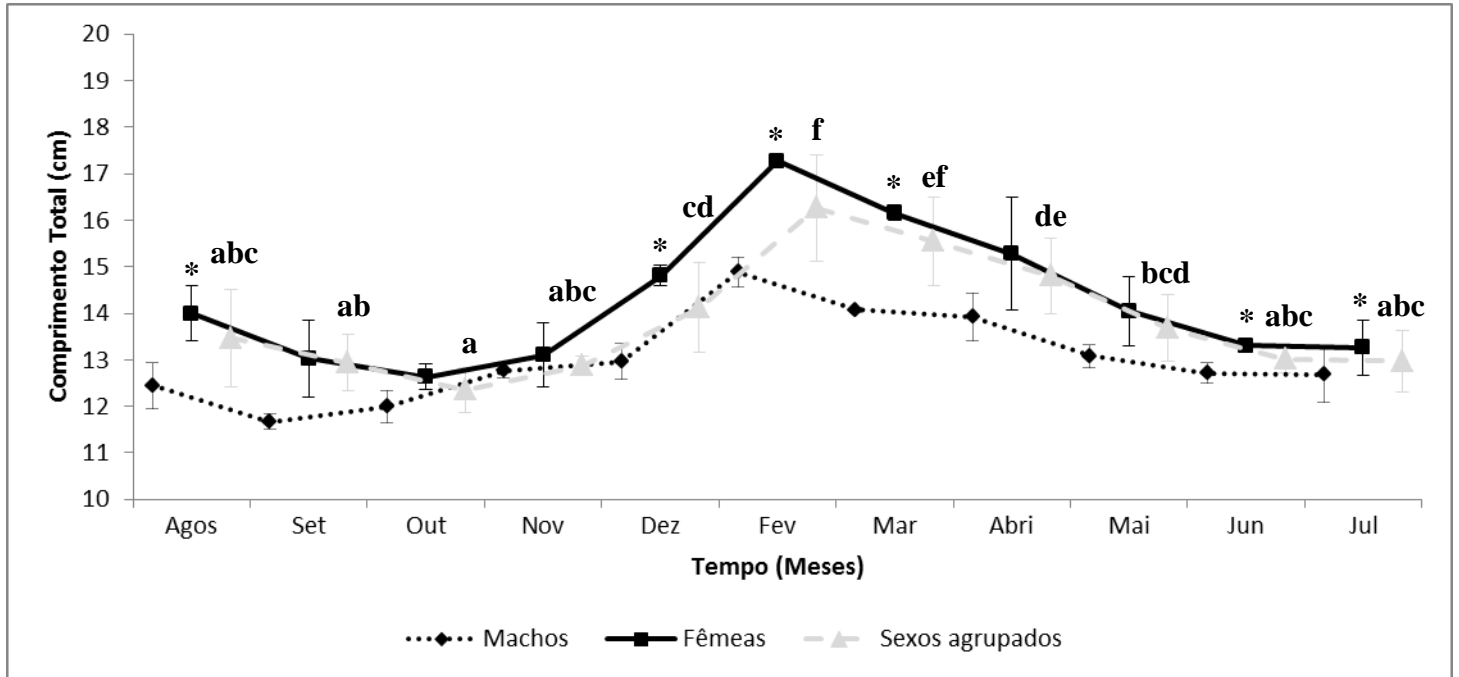


Figura 3. Média mensal (\pm DP) do comprimento total (CT) (cm) de machos, fêmeas e sexos agrupados do camarão branco *Litopenaeus schimitti*, capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil. Letras distintas indicam diferenças significativas entre os meses.

*diferenças significativas entre machos e fêmeas.

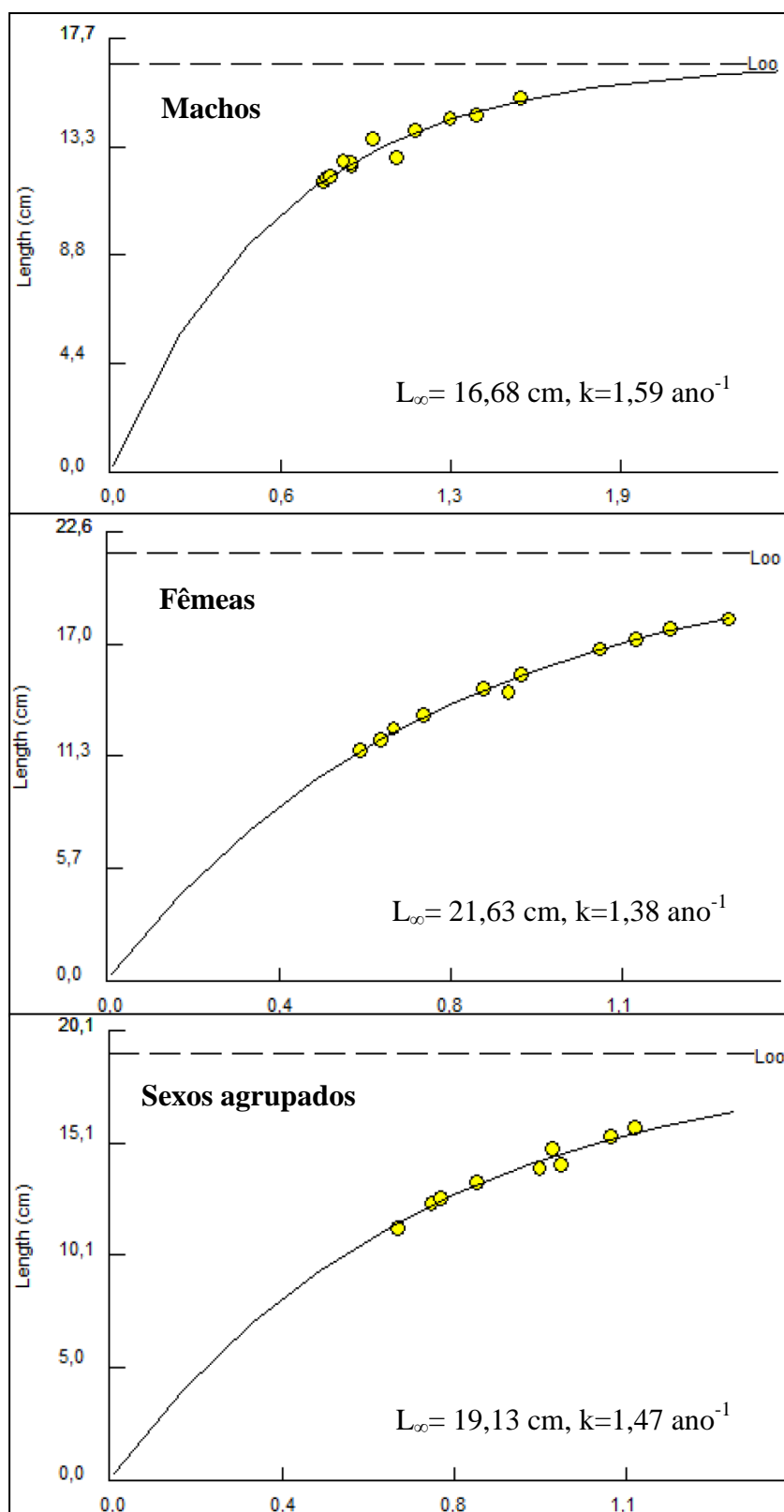


Figura 4. Curva de crescimento de machos, fêmeas e sexos agrupados estimada pelo método Length-at-age para o camarão branco *Litopenaeus schimitti*, capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil.

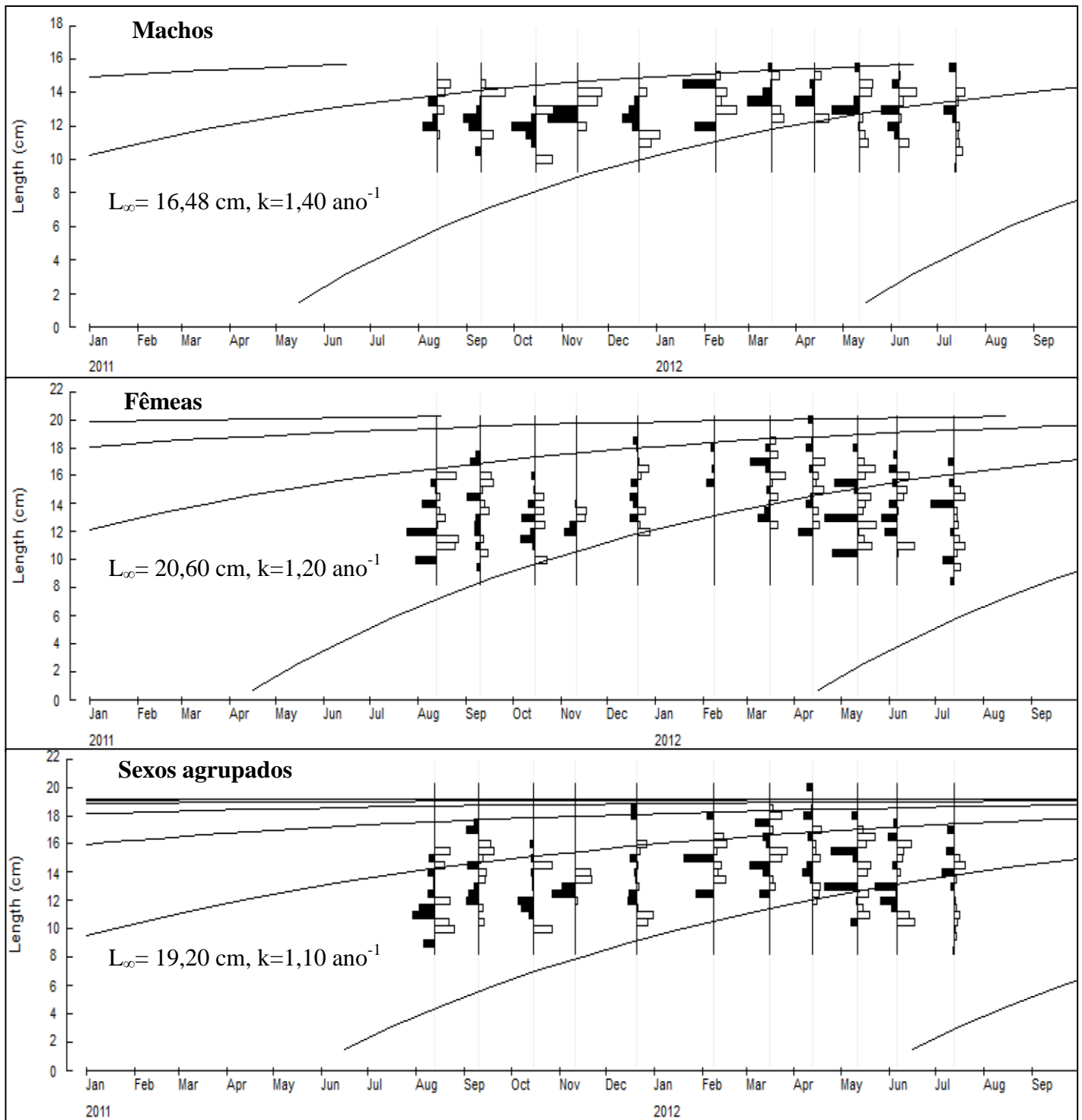


Figura 5. Curva de crescimento de machos, fêmeas e sexos agrupados estimada pelo método ELEFAN para o camarão branco *Litopenaeus schimitti*, capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil.

Tabela 1. Estatística descritiva e parâmetros das relações biométricas (*CT-CC* e *PT-CT*) do camarão branco *Litopenaeus schmitti* capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil.

	Machos	Fêmeas	Sexos agrupados
Características de comprimento (cm)			
<i>CT</i> , média±D.P. (<i>CT</i> _{min} - <i>CT</i> _{max})	12,93±1,07 (8,5–16,5)	14,10±1,96 (8,6–20,9)	13,61±1,74 (8,5–20,9)
<i>CC</i> , média±D.P. (<i>CC</i> _{min} - <i>CC</i> _{max})	2,68±0,25 (1,87–3,4)	3,07±0,51 (1,73–4,9)	2,91±0,46 (1,73–4,9)
Equação <i>CT-CC</i>	$CC = 0,2098CT + 0,0244$	$CC = 0,2362CT + 0,2544$	$CC = 0,2426CT + 0,3874$
Determinação do coeficiente (r^2)	0,80	0,81	0,83
Teste t (Coeficiente <i>b</i>)	p<0,01	p<0,01	p<0,01
Tipo de crescimento	Alométrico (-) ^a	Alométrico (-) ^b	Alométrico (-)
Características de peso (g)			
<i>PT</i> , média±D.P. (<i>PT</i> _{min} - <i>PT</i> _{max})	17,49±4,45 (6,7–31,73)	23,73±10,42 (4,9–65,98)	21,12±8,98 (4,9–65,98)
Equação <i>PT-CT</i>	$PT = 0,014CT^{2,7774}$	$PT = 0,0089CT^{2,9594}$	$PT = 0,0092CT^{2,9417}$
Determinação do coeficiente (r^2)	0,81	0,94	0,92
Teste t (Coeficiente <i>b</i>)	p<0,01	p<0,01	p<0,01
Tipo de crescimento	Alométrico (-) ^a	Alométrico (-) ^b	Alométrico (-)

Letras sobrescritas distintas indicam diferenças significativas entre machos e fêmeas. *CT*: comprimento total (cm);

DP: desvio padrão; *min*: mínimo; *max*: máximo; *CC*: comprimento de carapaça (cm); *PT*: peso total

Tabela 2. Média do crescimento por coorte e taxa de crescimento estimado para machos, fêmeas e sexos agrupados para o camarão branco *Litopenaeus schimitti*, capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil.

Machos								
Desova	Mês	Média CT (cm)	Mês	Média CT (cm)	Δt (mês)	ΔL (cm)	$\Delta L/\Delta t$ (cm mês ⁻¹)	Média $\Delta L/\Delta t$
Coorte 1	Agosto	12,10	Setembro	12,47	1	0,37	0,37	0,37
Coorte 2	Outubro	11,89	Novembro	12,72	1	0,83	0,83	0,87
	Novembro	12,72	Dezembro	13,63	1	0,91	0,91	
Coorte 3	Fevereiro	14,45	Maio	15,26	3	0,81	0,27	0,27
Coorte 4	Dezembro	12,62	Março	13,95	3	1,33	0,44	0,33
	Março	13,95	Junho	14,61	3	0,66	0,22	
Coorte 5	Fevereiro	12,00	Maio	12,83	3	0,83	0,27	0,27
Fêmeas								
	Mês	Média CT (cm)	Mês	Média CT (cm)	Δt (mês)	ΔL (cm)	$\Delta L/\Delta t$ (cm mês ⁻¹)	Média $\Delta L/\Delta t$
Coorte 1	Setembro	16,75	Dezembro	18,26	3	1,51	0,50	0,50
Coorte 2	Setembro	12,15	Outubro	13,37	1	1,22	1,22	0,90
	Outubro	13,37	Dezembro	14,54	2	1,17	0,58	
Coorte 3	Outubro	11,60	Novembro	12,74	1	1,14	1,14	1,14
Coorte 4	Março	17,22	Abril	17,75	1	0,53	0,53	0,53
Coorte 5	Abril	14,73	Maio	15,45	1	0,72	0,72	0,72
Sexos agrupados								
	Mês	Média CT (cm)	Mês	Média CT (cm)	Δt (mês)	ΔL (cm)	$\Delta L/\Delta t$ (cm mês ⁻¹)	Média $\Delta L/\Delta t$
Coorte 1	Agosto	11,26	Outubro	13,35	2	2,09	1,04	0,72
	Outubro	13,35	Dezembro	14,15	2	0,8	0,4	
Coorte 2	Novembro	12,63	Fevereiro	14,87	3	2,24	0,74	0,6
	Fevereiro	14,87	Abril	15,79	2	0,92	0,46	
Coorte 3	Dezembro	12,43	Março	14,00	3	1,57	0,52	0,35
	Março	14,00	Maio	14,38	2	0,38	0,19	

Tabela 3. Estimativa dos parâmetros de crescimento L_{∞} (cm) e k (ano^{-1}) (\pm E.P) e índice do desempenho de crescimento (ϕ') através de diferentes métodos para machos, fêmeas e sexos agrupados para o camarão branco *Litopenaeus schimitti*, capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil.

Métodos	Sexo	L_{∞} (cm)	K (ano^{-1})	ϕ'
Gulland e Holt	Machos	16,14	1,94	2,70
	Fêmeas	20,70	1,58	2,83
	Sexos agrupados	20,70	1,13	2,68
Munro	Machos	16,34	1,86	2,69
	Fêmeas	20,31	1,79	2,86
	Sexos agrupados	17,78	2,04	2,81
Faben	Machos	16,06	2,21	2,75
	Fêmeas	21,05	1,59	2,84
	Sexos agrupados	18,89	1,51	2,73
Appeldoorn (1987)	Machos	16,03 \pm 1,99	1,90 \pm 1,60	2,68
	Fêmeas	22,47 \pm 11,50	1,06 \pm 0,73	2,73
	Sexos agrupados	18,17 \pm 4,49	1,78 \pm 1,76	2,77
Length-at-age	Machos	16,68 \pm 2,08	1,59 \pm 1,12	2,64
	Fêmeas	21,63 \pm 1,65	1,38 \pm 0,36	2,81
	Sexos agrupados	19,13 \pm 6,19	1,47 \pm 1,72	2,73
ELEFAN I	Machos	16,48	1,40	2,58
	Fêmeas	20,60	1,20	2,71
	Sexos agrupados	19,20	1,10	2,61

Tabela 4. Estimativas da mortalidade total ($Z\text{-ano}^{-1}$), mortalidade natural ($M\text{-ano}^{-1}$), mortalidade por pesca ($F\text{-ano}^{-1}$), taxa de exploração (E), comprimento de primeira captura ($L_c\text{-cm}$), longevidade (Long. ano^{-1}) e rendimento máximo por recruta (E_{RMR}) através dos métodos da curva de captura (Length-Converted Catch Curve) e Beverton e Holt de machos, fêmeas e sexos agrupados para o camarão branco *Litopenaeus schimitti*, capturado no período de agosto de 2011 a julho de 2012, em Barra de Sirinhaém, Pernambuco, nordeste do Brasil.

Métodos	Curva de captura						Beverton e Holt					
	Z	M	F	E	L_c	Long.	Z	M	F	E	E_{RMR}	Long.
	<i>Machos</i>											
Length-at-age	5,63	1,14	4,49	0,80	11,90	2,18	2,65	1,14	1,51	0,57	0,85	1,43
ELEFAN I	4,69	1,00	3,69	0,78	11,90	2,00	2,13	1,0	1,13	0,53	0,86	1,21
	<i>Fêmeas</i>											
Length-at-Age	6,16	1,19	4,97	0,81	12,29	2,27	3,42	1,19	2,23	0,65	0,72	1,69
ELEFAN I	4,64	1,16	3,48	0,75	12,81	1,99	2,47	1,16	1,31	0,53	0,78	1,36
	<i>Sexos agrupados</i>											
Length-at-age	4,26	1,37	2,89	0,68	11,55	1,91	2,64	1,37	1,27	0,48	0,76	1,43
ELEFAN I	3,25	0,98	2,27	0,70	11,56	1,63	2,01	0,98	1,03	0,51	0,75	1,15

4.3.1- Normas da Revista Journal of Experimental Marine Biology and Ecology

Instructions for Authors

Types of contribution

1. Original research articles (Regular Articles)
2. Essay Reviews
3. Monographs
4. Book Reviews

Original research articles should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form.

Essay Reviews will deal with tightly defined topics which are highly novel and of particular interest to the readership of the Journal. These Reviews discuss topics that may be rather dispersed in the literature, but with a high degree of relevance to experimental marine ecology.

Monographs are comprehensive and integrated studies (up to 100 pages) that represent a detailed synthesis and in-depth interpretation of results. A small number (2 to 4) of monographs will be published a year, authors should consult with the editors regarding possible contributions prior to submission of full monographs.

Book Reviews will be included in the journal on a range of relevant books which are not more than 2 years old. Book reviews will be solicited by the Book Review Editor. Unsolicited reviews will not usually be accepted, but suggestions for appropriate books for review may be sent to the Book Review Editor:

I. Marsden,
University of Canterbury,
Private Bag 4800,
Christchurch,
New Zealand

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or

academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

Contributors

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. **The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.**

Changes to authorship

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

Before the accepted manuscript is published in an online issue: Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

After the accepted manuscript is published in an online issue: Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

Copyright

This journal offers authors a choice in publishing their research: Open Access and Subscription.

For Subscription articles

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <http://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement. Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted

forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

For Open Access articles

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

Retained author rights

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights. For more information on author rights for: Subscription articles please see <http://www.elsevier.com/journal-authors/author-rights-and-responsibilities>. Open access articles please see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

Open Access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An Open Access publication fee is payable by authors or their research funder

Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our access programs (<http://www.elsevier.com/access>)
- No Open Access publication fee

All articles published Open Access will be immediately and permanently free for everyone to read and download. Permitted reuse is defined by your choice of one of the following Creative Commons user licenses:

Creative Commons Attribution (CC BY): lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the

article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA): for noncommercial purposes, lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text and data mine the article, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation, and license their new adaptations or creations under identical terms (CC BY-NC-SA).

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND): for noncommercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

To provide Open Access, this journal has a publication fee which needs to be met by the authors or their research funders for each article published Open Access. Your publication choice will have no effect on the peer review process or acceptance of submitted articles.

The publication fee for this journal is **\$2500**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Language Services

Manuscripts should be written in English. Authors who are unsure of correct English usage should have their manuscript checked by someone proficient in the language. Manuscripts in which the English is difficult to understand may be returned to the author for revision before scientific review. Authors who require information about language editing and copyediting services pre- and postsubmission please visit <http://www.elsevier.com/languagepolishing> for more information. Please note Elsevier neither endorses nor takes responsibility for any products, goods or services offered by outside vendors through our services or in any advertising. For more information please refer to our Terms & Conditions: <http://www.elsevier.com/termsandconditions>.

Submission

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail. Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/jembe/>

Referees

Please submit, with the manuscript, the names and addresses of four potential referees.

Page charges

Journal of Experimental Marine Biology and Ecology has no page charges.

PREPARATION

Use of word processing software

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

LaTeX

You are recommended to use the Elsevier article class *elsarticle.cls* (<http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/elsarticle>) to prepare your manuscript and BibTeX (<http://www.bibtex.org>) to generate your bibliography. For detailed submission instructions, templates and other information on LaTeX, see <http://www.elsevier.com/latex>.

Article structure

Subdivision

Manuscripts should be typewritten with numbered lines, with wide margins and double spacing throughout, i.e. also for abstracts, footnotes and references. **Every page of the manuscript, including the title page, references, tables, etc., should be numbered in the upper righthand corner.** However, in the text no reference should be made to page numbers; if necessary, one may refer to sections. Avoid excessive usage of italics to emphasize part of the text.

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Theory/calculation

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Glossary

Please supply, as a separate list, the definitions of field-specific terms used in your article.

Essential title page information

- ***Title.*** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- ***Author names and affiliations.*** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- ***Corresponding author.*** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**
- ***Present/permanent address.*** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separate from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, they must be cited in full, without reference to the reference list. Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself. Abstracts must not be longer than 400 words.

Graphical abstract

A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article.

Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images also in accordance with all technical requirements: Illustration Service.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Nomenclature and Units

1. Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the International Code of Botanical Nomenclature, the International Code of Nomenclature of Bacteria, and the International Code of Zoological Nomenclature.

2. All biota (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is used, with the exception of common domestic animals.

3. The first mention of the scientific names of the species used in the work - in title or text - should be accompanied by the taxonomic authority unless they can all be referred to a general work in which the authorities are given. Scientific names of species referred to in other studies need no authority. Generic names should only be abbreviated when immediately preceded in the text by the mention of the same species or another of the same genus.

4. All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.
5. For chemical nomenclature, the conventions of the International Union of Pure and Applied Chemistry and the official recommendations of the IUPAC-IUB Combined Commission on Biochemical Nomenclature should be followed.
6. When referring to salinity, please do not use units i.e. no PSU or 0/00. Please use "a salinity of X, or salinity" instead of adding units.

Genbank

GenBank/DNA sequence linking. DNA sequences and GenBank Accession numbers
Many Elsevier journals cite "gene accession numbers" in their running text and footnotes. Gene accession numbers refer to genes or DNA sequences about which further information can be found in the databases at the National Center for Biotechnical Information (NCBI) at the National Library of Medicine. Elsevier authors wishing to enable other scientists to use the accession numbers cited in their papers via links to these sources, should type this information in the following manner:

For each and every accession number cited in an article, authors should type the accession number in **bold, underlined text**. Letters in the accession number should always be capitalised. (See Example 1 below). This combination of letters and format will enable Elsevier's typesetters to recognize the relevant texts as accession numbers and add the required link to GenBank's sequences.

Example 1: "GenBank accession nos. **AI631510, AI631511, AI632198, and BF223228**), a B-cell tumor from a chronic lymphatic leukemia (GenBank accession no. BE675048), and a T-cell lymphoma (GenBank accession no. AA361117)".

Authors are encouraged to check accession numbers used very carefully. An error in a letter or number can result in a dead link.

In the final version of the printed article, the accession number text will not appear bold or underlined (see Example 2 below).

Example 2: "GenBank accession nos. AI631510, AI631511, AI632198, and BF223228), a B-cell tumor from a chronic lymphatic leukemia (GenBank accession no. BE675048), and a T-cell lymphoma (GenBank accession no. AA361117)".

In the final version of the electronic copy, the accession number text will be linked to the appropriate source in the NCBI databases enabling readers to go directly to that source from the article (see Example 3 below).

Example 3: "GenBank accession nos. AI631510, AI631511, AI632198, and BF223228), a B-cell tumor from a chronic lymphatic leukemia (GenBank accession no. BE675048), and a T-cell lymphoma (GenBank accession no. AA361117)".

Formulae

1. Formulae should be typewritten, if possible. Leave ample space around the formulae.
2. Subscripts and superscripts should be clear.
3. Greek letters and other non-Latin or handwritten symbols should be explained in the margin where they are

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Table footnotes

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

Artwork

Electronic Artwork

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Save text in illustrations as 'graphics' or enclose the font.
- Only use the following font in your illustrations: Arial.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- When labelling composite figures, please label as A,B,C, etc. in Arial font, positioned on the upper left corner, on the panel whenever possible. Please do not include any periods, parentheses, etc.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Produce images near to the desired size of the printed version.
- Submit each figure as a separate file.
- Extra frames and boxes around figures should be eliminated.

Please include only X and Y (and Z if applicable) axes. Background lines on figures should only be included when absolutely necessary.

- Legend material and explanations of symbols, etc. should be on the panel, not hanging off to the side of the figure. No frame is necessary. If this material does not fit on the panel, it should be included in the actual figure legend.
- Submitting figures as they are printed from Excel or other spread sheets is not acceptable formatting for publication.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF: Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then

please supply 'as is'. **Please do not:**

- Supply files that are optimised for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color Artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition highresolution black and white versions of all the color illustrations. Simply printing color as black and white is not acceptable.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication. Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead

of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, highresolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Data at PANGAEA

Electronic archiving of supplementary data enables readers to replicate, verify and build upon the conclusions published in your paper. We recommend that data should be deposited in the data library PANGAEA (<http://www.pangaea.de>). Data are quality controlled and archived by an editor in standard machine-readable formats and are available via Open Access. After processing, the author receives an identifier (DOI) linking to the supplements for checking. As your data sets will be citable you might want to refer to them in your article. In any case, data supplements and the article will be automatically linked as in the following example: doi:10.1016/0016-7037(95)00105-9. Please use PANGAEA's web interface to submit your data (<http://www.pangaea.de/submit/>).

Submission Checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Phone numbers

The cover letter must include a declaration that all authors agree to the submission

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations:

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>

AFTER ACCEPTANCE

Use of the Digital Object Identifier

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal *Physics Letters B*):

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059>

When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

Online proof correction

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our ProofCentral system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors. If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately - please upload all of your corrections within 48 hours. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via email (the PDF file is a watermarked version of the published article and includes a

cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use). For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>). Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints/myarticlesservices/booklets>).

Author's Discount

Contributors to Elsevier journals are entitled to a 30% discount on most Elsevier books, if ordered directly from Elsevier.

AUTHOR INQUIRIES

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission) please visit this journal's homepage. For detailed instructions on the preparation of electronic artwork, please visit <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You can also check our Author FAQs at <http://www.elsevier.com/authorFAQ> and/or contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.

4.4- Artigo científico IV (short communication)

Artigo científico a ser encaminhado a Revista **The Journal of Crustacean Biology**.

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as estabelecidas pela referida revista (em anexo).

Fluorescence technique for penaeid sperm quality

Use of fluorescence technique for sperm quality of penaeid shrimp species

Emanuell Felipe Silva, André Mariano Batista, Sildivane Valcácia Silva, Nathalia

Calazans, Thaís Castelo Branco, Madalena Guerra, Silvio Peixoto

(EFS, corresponding author) Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial,

Bananeiras, PB, Brazil (emanuelfelipe@yahoo.com.br);

(AMB, MG, SVS) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Medicina Veterinária, Laboratório de Andrologia, 52171-900, Recife, PE, Brazil

(mariannob@yahoo.com.br, mpguerra@dmv.ufrpe.br, sildivane@yahoo.com.br);

(NC, TCB, SP) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Laboratório de Tecnologia em Aquicultura, 52171-900, Recife, PE, Brazil

(nathicalazans@hotmail.com, thais_castelo@yahoo.com.br,

silvio.peixoto@gmail.com).

ABSTRACT

The present study is the first attempt to evaluate the use of fluorescence technique as a tool for determining the sperm quality in penaeid shrimp species. The probes propidium iodide and 6-carboxyfluorescein diacetate (CFDA) were used in combination to assess sperm quality of *Litopenaeus vannamei* captive broodstock and wild stocks of *Farfantepenaeus subtilis* and *Litopenaeus schimitti*. *L. vannamei* showed a significant higher amount of live cells (80.87%) after 93 days in captivity, when compared to animals entering in the maturation system (61.03%). The percentages of live sperm cells for wild-caught *F. subtilis* and *L. schimitti* were above 50% over the 12-month sample period in northeastern Brazil. These results demonstrate the viability of using

fluorescence technique to assess penaeid sperm quality, allowing to evaluate the males performance in aquaculture systems, as well as to determine their reproductive cycle in fisheries researches.

KEY WORDS: reproduction, sperm viability, spermatophore, propidium iodide, carboxyfluorescein diacetate

INTRODUCTION

Studies on reproductive biology of wild penaeid shrimp are usually focused on females, addressing aspects of their reproductive period, size at sexual maturity and ovarian maturation cycle (Peixoto et al., 2003; Yamada et al., 2007; Castilho et al., 2008; Hossain and Ohtomi, 2008). In aquaculture studies it is possible to find more details about the reproductive aspects of males (Ceballos-Vázquez et al., 2003; Nakayama et al., 2008; Braga et al., 2010), but the great majority of studies have been focused on female maturation and spawning performance in captivity (Palacios et al., 1999; Hoa et al., 2009; Peixoto et al., 2011). Nevertheless, this lack of information on male reproduction in aquaculture and fisheries researches may be related to techniques available to assess their spermatophore quality.

The spermatophore quality of penaeid is generally measured by a series of parameters, such as spermatophore weight, malformation or absence of the spike, sperm count and sperm viability (Leung-Trujillo and Lawrence, 1987; Parnes et al., 2004). The sperm viability has been analyzed by trypan blue or eosin-nigrosin staining methods to assess the percentage of dead cells (Ceballos-Vázquez et al., 2003; Nimrat et al., 2005; Nimrat et al., 2006; Bart et al., 2006). However, these methods have been questioned as they are difficult to accurately estimate live and dead cells (Wang et al. 1995; Bhavanishankar and Dubramoniam, 1997; Braga et al., 2010).

Fluorescence techniques have been successfully used to determine sperm viability of different species, including bovines (Garner et al., 1997), equines (Gravance et al., 2000), goats (Zúccari et al., 2008), sheeps (Peterson et al., 2007) and fishes (Mojica, 2004). According to Rodriguez-Martinez et al. (1997), a reliable tool for determining the sperm functionality is through cellular staining techniques using fluorescent probes to verify the DNA, intracytoplasmic enzymes, lectins or membranes. In general, two probes are used in combination, the propidium iodide (PI) and 6-carboxyfluorescein diacetate (CFDA), where the intact membrane stained in green, by binding the CFDA to esterases and damaged cells stained in red by binding of PI to DNA in the nucleus (Coletto et al., 2002). Despite the efficiency of fluorescence technique to determine the sperm quality, it has not been applied yet to penaeid species.

The present study aimed to evaluate the use of fluorescence technique as a tool for determining the sperm quality in penaeid species for aquaculture and fisheries research purposes.

MATERIALS AND METHODS

Spermatophore quality of *Litopenaeus vannamei* in a commercial maturation system

Captive broodstock males were obtained from in a commercial hatchery (Maricultura Netuno S/A) located in Pernambuco, Brazil. Spermatophore quality was determined by the spermatophore weight, counting and viability of sperm cells from 15 shrimp entering in the maturation system (day 0) and after 93 days. Shrimp were kept in maturation tanks (15 tons) with water temperature of 28-29°C, 33-35‰ salinity, photoperiod of 12 h light:12 h dark, constant water renewal and stocked at a ratio of one male for each female (6 shrimp/m²). Diet consisted of fresh food (fish, squid and

Artemia biomass) and commercial maturation diet (Breed S Inve[®] - INVE Aquaculture Nutrition), offered seven times a day alternately.

Each male was individually weighed and one spermatophore was manually extruded (pressure on the base of the 5th pereopod pair) and weighed in analytical balance with precision of 0.0001 g. The spermatophore was homogenized in an eppendorf tube with 1 mL of calcium-free artificial seawater (CFASW) and counted using a hemacytometer under a light microscope. Then, an aliquot of 200 μ L was used to evaluate the sperm viability by adding 5 μ L of PI (0.5 mg/mL in DMSO) and 5 μ L of CFDA (0.46 mg/mL in DMSO) and incubated at 38°C for ten minutes. After that, an aliquot of 10 μ L was placed on a slide and a total of 100 sperm were evaluated under an epifluorescence microscope (Carl Zeiss, Göttingen, Germany) at 400 x magnification, using a DBP 485/20 nm excitation and DBP 580-630 nm emission filters. The sperm were classified as having an intact membrane when stained green (live sperm) and a damaged membrane when stained red (dead sperm).

The values of body weight, spermatophore weight, sperm count and sperm viability (percentage of live/dead cells) were analyzed by Student's t-test ($p < 0.05$). Results are presented as mean \pm standard error.

Spermatophore quality in wild penaeid shrimp stocks

Specimens of *Farfantepenaeus subtilis* and *Litopenaeus schmitti* were monthly collected from august 2011 to july 2012 in the coast of Barra de Sirinhaém, Pernambuco state, northeastern Brazil (08° 35' 57'' S - 08° 36' 57'' S and 034° 56' 58'' W - 035° 00' 48'' W). For each month, one spermatophore was manually extruded from 10 shrimp of each species and the sperm count and viability were determined using the same methodology described above. The proportion of live and dead sperm was determined through χ^2 test (chi-square), with a significance level of 5%.

RESULTS

Spermatophore quality of *Litopenaeus vannamei* in a commercial maturation system

Animals with 93 days in the maturation tank showed a significantly higher weight compared to animals entering in the system. However, the spermatophore weight and number of sperm cells did not differ between the two groups of shrimp analyzed (Table 1). For sperm viability, the animals with 93 days showed a significant higher percentage of intact cells (live sperm) compared with animals from day 0, which had a higher proportion of dead sperm cells (Table 1).

Insert Table 1

Spermatophore quality in wild penaeid shrimp stocks

F. subtilis showed sperm counts ranging from 227.5×10^4 cells mL^{-1} to 636.25×10^4 cells mL^{-1} , while the proportion of live sperm ranged from 53.88 to 99.0% during the sampling period. A higher proportion of live sperm was observed during all months, except for December when no significant difference was observed between live (53.88%) and dead sperm (46.12%) (Figure 1). For *L. schimitti*, sperm concentration ranged from 357×10^4 cells mL^{-1} to 722.5×10^4 cells mL^{-1} , with significant predominance of live sperm during all months, except for december when values of live (55.9%) and dead (44.10%) sperm did not differ significantly (Figure 2).

Insert Figure 1

Insert Figure 2

DISCUSSION

This study demonstrates the viability of using fluorescence technique for determination of sperm quality in penaeid shrimp. Celeghini et al. (2007) reported that

fluorophores or fluorescent probes monitors the integrity and functionality of sperm structures, as they have the ability to bind to specific regions of the cells, allowing direct diagnosis. Probes with affinity for DNA as propidium iodide are used in the evaluation of plasmatic membrane integrity, because when the membrane is damaged the probe stained the nucleus in red, where the DNA is concentrated. Another way to assess membrane integrity is through the use of probes classified as amphipathic, such as carboxyfluorescein diacetate, which can cross the intact membrane and bind to esterases, identifying viable cells (Coletto et al., 2002; Silva et al., 2009). The CFDA penetrates through the plasma membrane into the cell and it is hydrolyzed by non-specific esterases resulting in an impermeable fluorescent compound to the plasmatic membrane which absorbs and fluoresces in green (Medina et al., 2000).

In shrimp hatcheries, the production of quality postlarvae depends on broodstock condition (Racotta et al., 2003). According to Pratoomchat et al. (1993), problems with the amount and viability of sperm cells could affect the larvae production through a decrease in fertilization and hatching rates. Although the sperm count was similar between the two groups of *L. vannamei*, the animals with 93 days in the maturation system showed a higher sperm viability compared to animals entering in the system. Therefore, it is suggested that is not necessary to replace the males after approximately three months of use, a common practice in commercial maturation systems due to female reproductive exhaustion (Palacios et al., 1999). The determination of sperm viability by fluorescence technique may assist in the broodstock management, avoiding disposal of animals with reproductive potential from the maturing systems.

The knowledge of reproductive aspects is essential to determine the appropriate management of wild stocks, as well as to contribute for the conservation of fisheries resources (Carbonell et al., 2006; Kevrekidis and Thessalou-Legaki, 2013). Evaluation

of sperm quality of *F. subtilis* and *L. schimitti* wild stocks using fluorescence technique showed that regardless the sperm counts, the percentage of viable cells was well above 50% during the sample period. These results are unprecedented in studies of penaeid reproductive biology, suggesting a more accurate approach than rely only on the ovarian maturation to describe the reproductive cycle of wild stocks (Quintero and Gracia, 1998; Crocos et al., 2001; Yamada et al., 2007).

The simplest classification of sperm viability is on the basis of malformation or absence of spike of the cells, as reported for *Penaeus setiferus* (Pascual et al., 1998), *L. vannamei* (Perez-Velazquez et al., 2002) and *Penaeus monodon* (Meunpol et al., 2005). Furthermore, staining techniques have been used to determine penaeid sperm viability. Leung-Trujillo and Lawrence (1987) determined the percentage of dead sperm of *P. setiferus* through a solution of 0.1% trypan blue prepared in calcium-free saline solution. This same method was used by Braga et al. (2011) to determine the sperm quality of *Farfantepenaeus paulensis* and *Farfantepenaeus brasiliensis* in captivity. A similar technique was applied by Vuthiphandchai et al. (2007) to *Penaeus monodon* and Nimrat et al. (2006) to *L. vannamei*, but staining sperm cells with eosin-nigrosin. Although these methods are practical and dispense the use of epifluorescence microscope, they may be inaccurate, since the interpretation of the sperm malformation and color pattern may vary according to the observer (Braga et al., 2010). Bhavanishankar and Dubramoniam (1997) suggest that staining techniques are not accurate when based on the principle that live cells are not stained. According to Wang et al. (1995), the membranes permeability of the sperm cells may vary to different types of dyes, and usually these techniques overestimate the number of viable cell.

In this context, the evaluation of sperm quality by fluorescence technique may provide a reliable basis to determine the reproductive performance of penaeid males in aquaculture systems, as well as their reproductive cycle in the wild stocks.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the Coordination for the Improvement of the Higher Level Personnel (CAPES) and the National Council of Technological and Scientific Development (CNPq). Sílvio Peixoto and Madalena Guerra are research fellows of CNPq.

REFERENCES

- Bart, A. N., S. Choosuk, and D. P. Thakur. 2006. Spermatophore cryopreservation and artificial insemination of black tiger shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius). *Aquaculture Research*: 37, 523-528.
- Bhavanishankar, S., and T. Subramoniam. Cryopreservation of spermatozoa of the edible mud crab *Scylla serrata* (Forsk.) *Journal of Experimental Zoology* 277: 326-336.
- Braga, A. L., C. L. Nakayama, J. G. Martins, E. P. Colares, and W. Wasielesky. 2010. Spermatophore quality of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* broodstock fed with different maturation diets. *Aquaculture* 307: 44-48.
- , D. L. A. Lopes, D. Krummenauer, L. H. Poersch, and W. Wasielesky. 2011. A comparison of the reproductive performance of the wild pink shrimp species *Farfantepenaeus paulensis* and *Farfantepenaeus brasiliensis* in captivity. *Journal of Shellfish Research* 30: 963-967.

Carbonell, A., A. Grau, V. Laurence, and C. Gomez. 2006. Ovary development of the red shrimp, *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) from the Northwestern Mediterranean Sea. *Crustaceana* 79: 727-743.

Castilho, A. L., M. Furlan, R. C. Costa, and V. Fransozo. 2008. Reproductive biology of the rock shrimp *Sicyonia dorsalis* (Decapoda: Penaeoidea) from the southeastern coast of Brazil. *Invertebrate Reproduction & Development* 52: 59-68.

Ceballos-Vázquez, B. P., C. Rosas, and I. S. Racotta. 2003. Sperm quality in relation to age and weight of white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 228: 141-151.

Coletto, Z. F., M. M. P. Guerra, and A. M. Batista. 2002. Avaliação do sêmen congelado de caprinos com drogas fluorescentes. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária* 24: 101-104.

Crocos, P. J., Y. C. Park, D. J. Die, K. Warburton, and F. Manson. 2001. Reproductive dynamics of endeavour prawns, *Metapenaeus endeavor* and *M. ensis*, in Albatros Bay, Gulf of Carpentaria, Australia. *Marine Biology* 138: 63-75.

Garner, D. L., C. A. Thomas, H. W. Joerg, J. M. De Jarnette, and C. E. Marchall. 1997. Fluorometric assessments of mitochondrial function and viability in cryopreserved bovine spermatozoa. *Biology of Reproduction* 57: 1401-1406.

Gravance, C. G., D. L. Garner, J. Baumber, and B. A. Ball. 2000. Assessment of equine sperm mitochondrial function using JC-1. *Theriogenology* 53, 1691-1703.

Ho, N. D., R. Wouters, M. Wille, V. Thanh, T. K. Dong, N. V. Hao, and P. Sorgeloos. 2009. A fresh-food maturation diet with an adequate HUFA composition for broodstock nutrition studies in black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798). *Aquaculture* 297: 116-121.

Hossain, M. Y., and J. Ohtomi. 2008. Reproductive biology of the southern rough shrimp *Trachysalambria curvirostris* (Penaeidae) in Kagoshima Bay, southern Japan. *Journal of Crustacean Biology* 28: 607-612.

Kevrekidis, K., and M. Thessalou-Legaki. 2013. Reproductive biology of the prawn *Melicertus kerathurus* (Decapoda: Penaeidae) in Thermaikos Gulf (N. Aegean Sea). *Helgoland Marine Research* 67: 17-31.

Leung-Trujillo, J. R., and A. L. Lawrence. 1987. Observations on the decline in sperm quality of *Penaeus setiferus* under laboratory conditions. *Aquaculture* 65: 363-370.

Medina, V. H., W. R. R. Vicente, C. R. Esper, and E. B. Malheiros. 2000. Uso de sondas fluorescentes para avaliação da integridade da membrana plasmática de espermatozoides ovinos antes e após congelação. *ARS Veterinária* 16: 204-209.

Meunpol, O., P. Meejing, and S. Piyatiratitivorakul. 2005. Maturation diet based on fatty acid content for male *Penaeus monodon* (Fabricius) broodstock. *Aquaculture Research* 36: 1216-1225.

Mojica, C. A. P. 2004. Análise ultraestrutural e avaliação do sêmen de peixes neotropicais, *Brycon orbignyanus*, *Rhamdia quelen* e *Brycon hilarii* (Pisces, Teleostei). MSc. Thesis, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, Brazil. 81 pp.

Nakayama, C. L., S. Peixoto, D. Lopes, G. Vita, D. Krummenauer, G. Foes, R. O. Cavalli, and W. Wasielesky. 2008. Métodos de extrusão manual e elétrica dos espermatóforos de reprodutores selvagens do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Decapoda: Penaeidae). *Ciência Rural* 38: 2018-2022.

Nimrat, S., T. Sangnawakij, and V. Vuthiphanchai. 2005. Preservation of Black Tiger Shrimp *Penaeus monodon* Spermatozoa by Chilled Storage. *Journal of The World Aquaculture Society*: 36, 76-86.

———, S. Siriboonlamom, S. Zhang, Y. Xu, and V. Vuthiphandchai. 2006. Chilled storage of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) spermatophores. *Aquaculture*: 261, 944-951.

Palacios, E., C. Rodriguez-Jaramillo, and I. S. Racotta. 1999. Comparison of ovary histology between different-sized wild and pond-reared shrimp *Litopenaeus vannamei* (= *Penaeus vannamei*). *Invertebrate Reproduction & Development* 35: 251-259.

Parnes, S., E. Mills, C. Segall, S. Raviv, C. Davis, and A. Sagi. 2004. Reproductive readiness of the shrimp *Litopenaeus vannamei* in a brackishwater system. *Aquaculture* 236: 593-606.

Pascual, C., E. Valera, C. Re-Regis, G. Gaxiola, A. Sánchez, L. Ramos, L. A. Soto, and C. Rosas. 1998. Effect of temperature on reproductive tract condition of *Penaeus setiferus* adult males. *Journal of the World Aquaculture Society* 29: 477-484.

Peixoto, S., R. O. Cavalli, F. D'Incao, A. M. Milach, and W. Wasielesky. 2003. Ovarian maturation on wild *Farfantepenaeus paulensis* relation to histological and visual changes. *Aquaculture Research* 34: 1255-1260.

———, W. Wasielesky, R. O. Cavalli, F. 2011. Broodstock maturation and reproduction of the indigenous pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in Brazil: an updated review on research and development. *Aquaculture* 315, 9-15.

Perez-Velazquez, M., A. L. Lawrence, D. M. Gatlin, M. L. González- Félix, and W. A. Bray. 2002. Replacement of fresh dietary components by a dry feed for successful maturation of male *Litopenaeus vannamei* (Boone) broodstock. *Aquaculture Research* 33: 1901-1905.

Peterson, K., M. A. Kappen, P. J. Ursem, J. O. Nöthling, B. Colenbrander, and B. M. Gadella. 2007. Microscopic and flow cytometric semen assessment of Dutch AI-bucks:

effect of semen processing procedures and their correlation to fertility. *Theriogenology* 67: 863-871.

Pratoomchat, B., S. Piyatiratitivorakul, and P. Menasveta. 1993. Sperm quality of pond reared and wild-caught *Penaeus monodon* in Thailand. *Journal of the World Aquaculture Society* 24: 530-540.

Quintero, M. E. S., and A. Gracia. 1998. Stages of gonadal development in the spotted pink shrimp *Penaeus brasiliensis*. *Journal of Crustacean Biology* 18: 680-685.

Racotta, I. S., E. Palacios, and A.M. Ibarra. 2003. Shrimp larval quality in relation to broodstock condition. *Aquaculture* 227: 107-130.

Rodríguez-Martínez, H., B. Larsson, and H. Pertoft. 1997. Evaluation of sperm damage and techniques for sperm clean-up. *Reproduction, Fertility and Development* 9: 297-308.

Silva, S.V., A. M. Batista, Z. F. Coletto, and M. M. P. Guerra. 2009. Diferentes métodos e técnicas na avaliação espermática: uma breve revisão. *Ciência Veterinária nos Trópicos* 12: 1-15.

Vuthiphandchai, V., S. Nimrat, S. Kotcharat, and A. N. Bart. 2007. Development of a cryopreservation protocol for long-term storage of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) spermatophores. *Theriogenology* 68: 1192-1199.

Wang, Q., M. Misamore, C. Q. Jiang, and C. L. Browdy. 1995. Water Induced Reaction and Biostain Assay of Sperm from Marine Shrimp *Penaeus vannamei*: Dietary Effects on Sperm Quality. *Journal of The World Aquaculture Society* 26: 261-271.

Yamada, R., K. Kodama, T. Yamakawa, T. Horiguchi, and I. Aoki. 2007. Growth and reproductive biology of the small penaeid shrimp *Trachysalambria curvirostris* in Tokyo Bay. *Marine Biology* 151: 961-971.

Zúccari, C. E. S. N., P. R. Carrijo, P. A. Leite, P. R. R. Scaldelai, N. C. M. Rodovalho, C. A. Zanenga, C. Kiefer, and E. V. C. Silva. 2008. Seleção em gradiente de Percoll® sobre os parâmetros espermáticos do sêmen bovino congelado. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 9: 358-366.

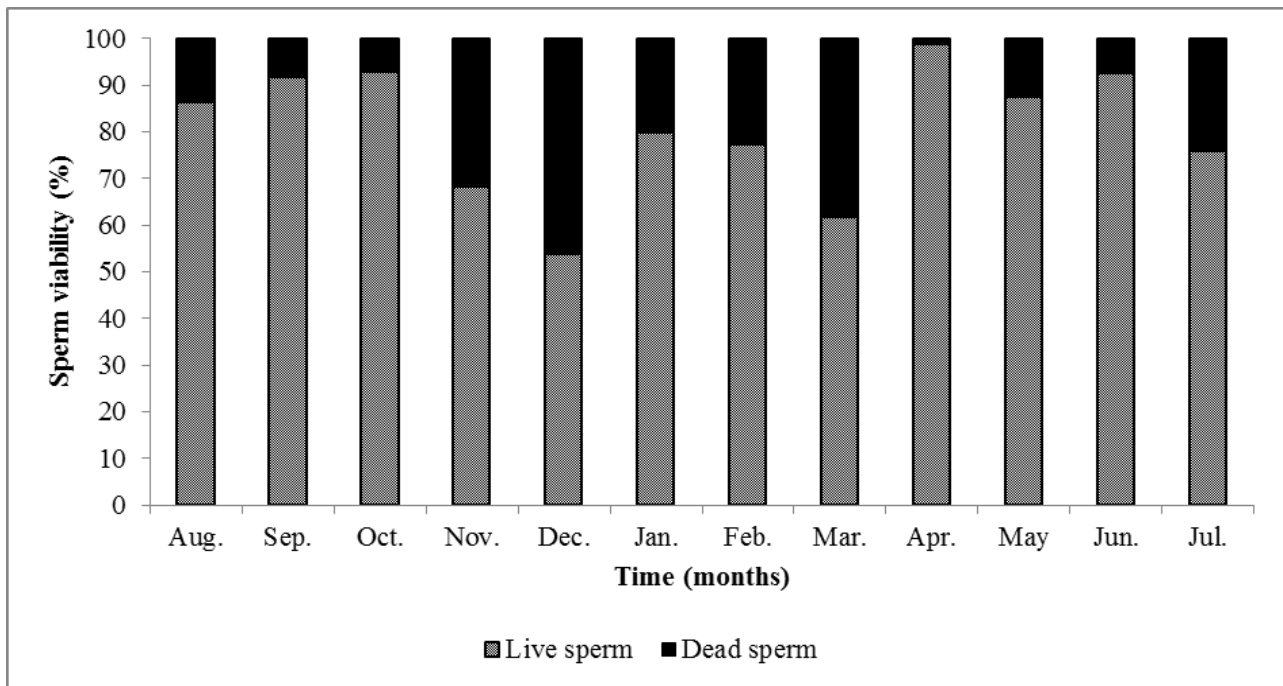


Figure 1. Proportion of sperm viability for wild-caught *Farfantepenaeus subtilis*, from august 2011 to July 2012 in northeastern Brazil.

*no significant differences were observed in december ($p < 0.05$)

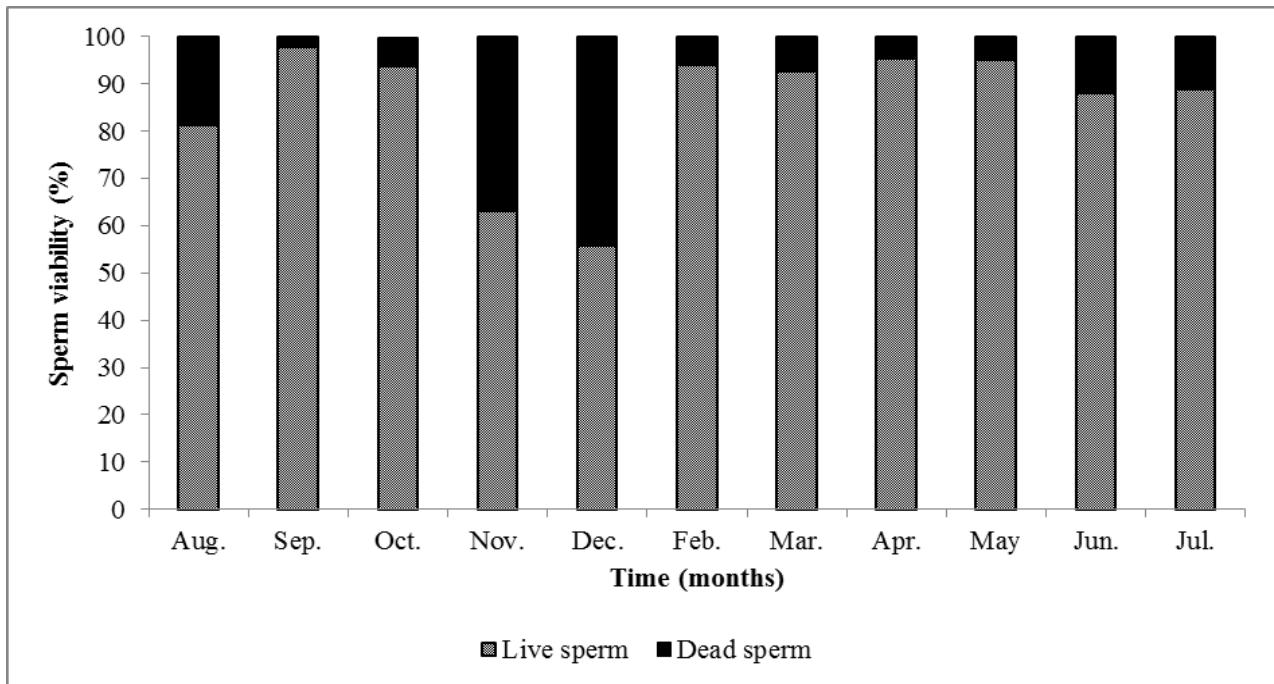


Figure 2. Proportion of sperm viability for wild-caught *Litopenaeus schimitti*, from august 2011 to july 2012 in northeastern Brazil.

*no significant differences were observed in december ($p < 0.05$)

** no shrimp were captured in january

Table 1. Spermatophore quality parameters (mean \pm S.E) for captive broodstock of *Litopenaeus vannamei* in the maturation system (day 0) and after 93 days.

Day	Body weight	Spermatophore	Sperm count	Sperm viability (%)	
	(g)	weight (g)	(10 ⁴ cells/mL)	(Live sperm)	(Dead sperm)
0	31.07 \pm 3.80 ^a	0.23 \pm 0.06 ^a	326.88 \pm 172.54 ^a	61.03 \pm 7.96 ^a	38.97 \pm 7.96 ^a
93	37.39 \pm 3.00 ^b	0.27 \pm 0.05 ^a	269.33 \pm 160.88 ^a	80.87 \pm 15.24 ^b	19.13 \pm 15.24 ^b

*Different superscript in the same column indicate significant differences (p<0.05).

4.4.1- Normas da Revista *The Journal of Crustacean Biology*

Instructions for Authors

Scope

The *Journal of Crustacean Biology (JCB)* is the official journal of The Crustacean Society. *JCB* is a peerreviewed, bimonthly scientific journal containing papers of broad interest on crustacean biology and other marine arthropods, biographies of renowned carcinologists, book reviews of works on Crustacea, and pertinent announcements. Papers are published in English only, but abstracts or summaries in French, German, Portuguese, or Spanish may be added when appropriate.

General Editor

Frederick R. Schram (Langley, WA, USA). E-mail: jcb@whidbey.com, Tel. + 1-360-221-2182.

Ethical and Legal Conditions

Submission of an article for publication in any of Brill's journals implies the following:

1. All authors are in agreement about the content of the manuscript and its submission to the journal.
2. The contents of the manuscript have been tacitly or explicitly approved by the responsible authorities where the research was carried out.
3. The manuscript has not been published previously, in part or in whole, in English or any other language, except as an abstract, part of a published lecture or academic thesis.
4. The manuscript has not and will not be submitted to any other journal while still under consideration for this journal.
5. If accepted, the author agrees to transfer copyright to The Crustacean Society and the manuscript will not be published elsewhere in any form, in English or any other language, without prior written consent of the Publisher.
6. If the submission includes figures, tables, or large sections of text that have been published previously, the author has obtained written permission from the original copyright owner(s) to reproduce these items in the current manuscript in both the online and print publications of the journal. All copyrighted material has been properly credited in the manuscript. For more information on the reuse of figures, please go to brill.com/downloads/Rights-in-Images.pdf.

Online Submission

Rather than submitting manuscripts in the traditional way authors are asked to submit their manuscript online via the Editorial Manager (EM) online submission system at: editorialmanager.com/jcb. Online submission considerably shortens the overall time-lag from submission to publication.

First-time users of EM need to register first. Go to the website and click on the "Register Now" link in the login menu. Enter the information requested.

When you register, select e-mail as your preferred method of contact. Upon successful registration, you will receive an e-mail message containing your Username and Password. If you should forget your Username and Password, click on the "Send Username/Password" link in the login section, and enter your first name, last name and e-mail address exactly as you had entered it when you registered. Your access codes will then be e-mailed to you. Prior to submission, authors are encouraged to read these 'Instructions for Authors' as well as the information found at brill.com/sites/default/files/jcb_guidelines_for_authors.pdf. When submitting via the

website, you will be guided stepwise through the creation and uploading of the various files. A revised document is uploaded the same way as the initial submission. The system automatically generates an electronic (PDF) proof, which is then used for reviewing purposes. All correspondence, including the editor's request for revision and final decision, is sent by e-mail.

When submitting a manuscript, please note:

The editorial board tries to keep the reviewing process as short as possible and hopes to inform the author within two months after submission. However, we have little control over the speed of our reviewers once they agree to take up the task.

File Format

Files should be uploaded as a Word document (including references, tables and figure captions). Figures should be uploaded separately and can be in other acceptable formats. When a Word or equivalent document is uploaded as the initial submission, the system automatically generates an electronic (PDF) proof, which is then used for reviewing. All files must be virus-free.

Contact Address

For any questions or problems relating to your manuscript please contact the General Editor, Frederick R. Schram at jcb@whidbey.com. For questions about Editorial Manager, authors can also contact the Brill EM Support Department at: em@brill.nl.

Book Reviews

Books for review should be submitted to Antonio Baeza, Smithsonian Tropical Research Institute, baezaa@si.edu.

Submission Requirements

Language

Papers submitted must be in English. *The Journal of Crustacean Biology* accepts either American or British spelling; but these should be consistently applied throughout the text. Metric units of measurement are to be used. Authors whose native language is not English must take great care. Poorly constructed English texts will only delay processing of a submission. We recommend that such authors either involve a native speaker, someone who is extremely fluent in English, or consult an organization such as American Journal Experts [journalexperts.com/?rcode=JCB1] who can assist in text preparation.

Length

Papers should, as a rule, not exceed 40 printed pages in length, or 12,000 words, although papers of up to 100 printed pages can be accepted.

Manuscript Structure

General

Manuscripts should be in their final form. The text should be concise and clear, and contain no footnotes. The original of the manuscript must be typed double-spaced, leaving margins of at least one inch. Use triple space above headings. Number pages consecutively at the top right-hand corner. We prefer 12 pt Times-New Roman.

Manuscripts should closely follow the format of the periodical: all those who are not already familiar with the format required for *The Journal of Crustacean Biology*, i.e., in

particular first-time authors as well as those who have no regular access to the periodical, are strongly advised to consult the detailed "Strict Format Rules" for preparing manuscripts, as available online at brill.com/sites/default/files/jcb_guidelines_for_authors.pdf.

Correspondence regarding manuscripts, proofs and reprints should invariably be sent to the General Editor. The sequence of material should be: Running Head, Title, Author(s), Address(es), Abstract, Key words, Text, Acknowledgements, References, Appendix, Tables, List of Figures, Figure files (each numbered and identified).

Title Page

Clearly indicate the title of the paper, the author's name, affiliation, and mailing address including postal code. In cases of multiple authorship, each author's initials should be enclosed in parentheses before the mailing address. Each author's e-mail address should be enclosed in parentheses and should follow the mailing address. Indicate the corresponding author. A running head or abbreviated title of not more than 52 characters should be placed on the upper part of the title page.

Abstract & Key Words

The abstract should not exceed one double-spaced page. It should contain 1) the reason for undertaking the work, 2) a summary of significant findings, and 3) note the implications of those findings. Three to eight key words should be provided.

Italics

Manuscripts should contain no other indications than those for italics, and these should be restricted to (1) scientific names of genera and lower categories; and (2) statistical symbols as well as variables in formulae. All other editorial indications are to be left to the editors.

Scientific Names of Species Category

Scientific names of the species category must be followed by authority and date once in the main text, i.e., at first mention; in figure captions and table headings mention of taxon only will suffice. Parentheses have to be properly placed according to the International Code of Zoological Nomenclature. These citations should also appear in full in the Reference list at the end of the paper.

SI Units

Units of variables should conform to the Système International (SI) but if not (as, e.g., nautical miles or fathoms) the equivalent value in SI units should be added in parentheses () or in square brackets [].

Figures and Tables

The approximate positions of all figures and tables, as desired, must be indicated in the text file. All figures and tables should be cited in the main text.

Figures

Figures must be in final form for printing. Separate figure files must be at a resolution of 600 d.p.i. for half-tone photos, or 1200 d.p.i. for line art in a TIFF format. For all figures the lettering should be of professional quality and be provided for by the author(s). Multiple components of figures should be designated in upper-case letters.

Figures should preferably be prepared such that they all require the same reduction. Large figures will occupy a 2-column format and should not exceed 17 cm in width, small figures will occupy 1-column format and should not exceed 8 cm in width. Figure captions for all illustrations should be printed together on one or more separate pages and should always mention the name(s) of the species concerned, if relevant.

Color Figures

Color plates that are published in full color in the online version only of the periodical are free of charge. However, the full expense of the publication costs of color plates in the printed version of *The Journal of Crustacean Biology* will be invoiced to the author(s) by The Crustacean Society (TCS). The costs of printing in color will be \$350 per color plate. For other information contact the executive director (tcs1921@hotmail.com).

Tables

Headings and format should be consistent. Vertical rules should be avoided. Tables ought to be kept to a minimum. Each table should start on a separate page, be provided with a concise but clear heading, and be numbered with an Arabic numeral.

References in the text should mention author and date, e.g., ‘Recent investigations (Jones, 1969) ...’ or ‘Jones (1969) remarked ...’ and the names of authors cited should not be in capitals (not: JONES).

All references cited (but *only* those) should all be presented in extenso at the end of the paper, in (1) alphabetical order of authors’ names and (2) chronological order. Authors should, prior to submitting their finished manuscript, always check once again the required 1 : 1 correspondence of the citations in their text with the list of references.

All papers referred to in the text should be listed alphabetically by the senior author’s surname under the heading “References.” Use only the author’s surname and initials in the References. Names of periodicals should be written out in full.

Smith, J. Q. 1981. The distribution of swimming-crabs. *Journal of Crustacean Biology* 1: 105-119.)

Indications such as ‘loc. cit.’ must be avoided. References in the text should be ordered (1) alphabetically [if from the same year]; according to international custom [one author works before two author works before three author ... etc.; and (2) chronologically [while mentioning a certain author only once with all his/her/their publications there cited].

References to unpublished literature (cf. International Code of Zoological Nomenclature, Article 9) should indicate that status, e.g., ‘Jones (unpublished) remarked ...’.

Further particulars must be in accordance with the following examples:

Anonymous. 1888. Large lobster at Burnham. *Essex Naturalist* 2: 256.

Abeloos, M. 1932. Hyperrégénération dans les articles distaux des pinces de Portunus puber L. *Bulletin de la Société Zoologique de France* 57: 175-184, figs. 1-5.

Burton, T., B. Knott, D. Judge, P. Vercoe, and A. Brearley. 2006. Embryonic and juvenile attachment structures in *Cherax cainii* (Decapoda: Parastacidae): implications for maternal care. *American Midland Naturalist* 157: 127-136.

Calman, W. T. 1911a. *The Life of Crustacea*: i-xvi, 1-289, text-figs. 1-85, pls. 1-32. Methuen, London.

———. 1911b. Note on a crayfish from New Guinea. *Annals and Magazine of Natural History* (8) 8: 366- 368.

- . and E. P. Wright. 1897. On the Crustacea. In, W. S. Green, Notes on Rockall Island and Bank, with an account of the petrology of Rockall, and of its winds, currents, etc.: with reports on the ornithology, the invertebrate fauna of the bank, and on its previous history. Transactions of the Royal Irish Academy 31: 77.
- von Martens, E. 1857. Ueber einige Fische und Crustaceen der süßen Gewässer Italiens. Archiv für Naturgeschichte 23 (1): 149-204, pls. 9, 10.

New series (n. ser.) and supplements to series (suppl.) are to be treated as series (as, e.g., series (8) in Calman, 1911a), while supplements to individual volumes or issues are to be treated as such (e.g., 8 (suppl.) or: 8 (1) (suppl.)). Titles of periodicals should not be abbreviated.

Authors must refrain from using politically sensitive indications when using geographical names: only internationally accepted terms will be allowed.

Permission to Reproduce

The use of general descriptive names, trademarks, etc., in this publication, even if the former are not specifically identified, is not to be taken as a sign that such names are exempt from the relevant protective Instructions to Authors laws and regulations and may accordingly be used freely by anyone.

Publication

Proofs

Upon acceptance, a PDF of the article proofs will be sent to authors by e-mail to check carefully for factual and typographic errors. Authors are responsible for checking these proofs and are strongly urged to make use of the Comment & Markup toolbar to note their corrections directly on the proofs.

Alterations to the original manuscript at this stage will result in considerable delay in publication and, therefore, are not accepted unless charged to the author. Changes other than printer's or editor's errors will be charged to authors except to update entries listed as "in press." Corrections made in proof, with exceptions, are \$5.00 each. Proofs must be returned within 4 days of receipt to the Editor.

Page Charges

Page charges are \$115 US dollars per page, optional for society members, mandatory for nonmembers. *The Journal of Crustacean Biology* accepts papers for publication on the basis of merit. While authors will be asked to assume cost of page charges, lack of funds for page charges will not prevent a paper being published. However, authors who are not members of the society must pay all page charges. For questions, contact the Executive Director at tcs1921@hotmail.com.

Offprints

An e-offprint in the form of a PDF file of the article will be supplied free of charge by the publisher to authors for personal use. Paper offprints, available by purchase only, may be ordered at the time proofs are returned.

Brill is a RoMEO green publisher. Authors are allowed to post the pdf post-print version of their articles on their own personal websites free of charge. This means they can show the article exactly as it appears in print. The institute employing the author is allowed to post the post-refereed, but pre-print version of articles free of charge on its repository. The post-refereed, pre-print version means the final accepted version of the manuscript before typesetting.

Consent to Publish

Transfer of Copyright

By submitting a manuscript, the author agrees that the copyright for the article is transferred to The Crustacean Society if and when the article is accepted for publication. For that purpose the author needs to sign the **Consent to Publish** that will be sent with the first proofs of the manuscript and return it to the journal desk manager at Brill.

Open Access

In case the author wishes to publish the article in **Open Access** he/she can choose the **Brill Open** option, which allows for a non-exclusive Open Access publication in exchange for an Article Publishing Fee, and sign a special **Brill Open Consent to Publish**. More information on Brill's policy on Open Access can be found on brill.com/open-access-policy. The Brill Open Consent to Publish can be downloaded from brill.com/downloads/BrillOpen-Consent-to-Publish.pdf.