

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA

ABUNDÂNCIA DE *Farfantepenaeus paulensis*
(PÉREZ FARFANTE, 1967) E CAPTURA
INCIDENTAL DE *Callinectes sapidus*
RATHBUN, 1896 NO ESTUÁRIO DA LAGOA
DOS PATOS, RS.

VINICIUS MENDES RUAS

Tese apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Oceanografia
Biológica da Universidade Federal
do Rio Grande, como requisito à
obtenção do título de DOUTOR.

Orientador: Dr. Fernando D’Incao

RIO GRANDE
Março 2015

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer às pessoas mais importantes da minha vida: meus pais, dona Iara e seu Abílio. Eu poderia apenas agradecer pelo fato de serem meus pais, mas isso não basta! Agradeço pelo modo como fui educado e por todos os valores e princípios que foram transmitidos nas palavras, e pelo exemplo de vida deles.

Ao meu orientador Dr. Fernando D'Incao por me apoiar desde a graduação, mas especialmente por buscar e oferecer todas as condições possíveis para desenvolver este trabalho, e por ter confiado a mim uma bolsa de doutorado vinculada ao seu projeto aprovado na CAPES.

Aos professores Dr. Felipe Dumont, Dr. Gonzalo Velasco e ao Dr. Paul Kinas pelos incentivos e contribuições nos artigos.

Ao professor Dr. Rogério Caetano da Costa por aceitar participar da avaliação desta tese.

A todos os pescadores artesanais que contribuíram para a obtenção dos dados utilizados na tese, em especial, quero agradecer ao Flávio e ao “seu Pedrinho” pela parceria firmada.

Aos colegas Gabriela, Dérien, Daiane e Raoní, pela amizade e por dividirem as angústias, decepções, ansiedades, e acima de tudo, por tentarmos buscar fortalecimento diante destas dificuldades, as quais, infelizmente, parecem inerentes aos alunos da pós-graduação.

À Roberta pelas revisões dos artigos.

Ao Marcos pela parceria firmada e pelas contribuições nos trabalhos.

Meu profundo agradecimento aos estagiários: Christopher, Cintia e Gabrielle Quadrado, pela ajuda na biometria e pelo comprometimento com o trabalho.

Ao pessoal do laboratório pela amizade e momentos de descontração.

Ao pessoal da Larus (embarcação da FURG) em especial ao Giovani, que ao longo destes anos de doutorado tornou-se um amigo.

À Jáde, muito mais do que um cão, ela foi minha fiel, eterna e inesquecível amiga, e por 14 anos me proporcionou as mais puras sensações na relação entre cão e homem. Fica a saudade!

Ao meu amigo Marlon pelo simples e valioso fato de ser meu amigo.

À minha namorada Keller pelo carinho e apoio.

Ao carinho e apoio da minha grande família, que mesmo diante das perdas, do meu avô paterno e da minha avó materna, manteve a força e a união.

A todas as pessoas que contribuíram de alguma forma e que por ventura eu tenha enquecido de mencionar.

À Deus.

ÍNDICE

RESUMO	1
ABSTRACT	3
1. INTRODUÇÃO GERAL	5
1.1. Importância econômica	5
1.2. Ciclo de vida e influência do meio sobre a abundância do siri-azul e do camarão-rosa.....	6
1.3. A captura incidental do siri-azul associada à pesca do camarão-rosa	10
1.4. Hipóteses	12
1.5. Estrutura da tese e objetivos.....	13
2. MATERIAL E MÉTODOS GERAL	14
2.1. O ambiente de estudo.....	14
2.2. Coleta de dados	16
3. CAPÍTULO 1: Variação espaço-sazonal na abundância de pós-larvas e juvenis do camarão-rosa <i>Farfantepenaeus paulensis</i> (Pérez Farfante, 1967) em um estuário do sul do Brasil	20
3.1. Introdução	21
3.2. Material e Métodos.....	23
3.3. Resultados	27
3.4. Discussão	36
3.5. Conclusões	43
4. CAPÍTULO 2: Seleção de habitat do camarão-rosa <i>Farfantepenaeus paulensis</i> e do siri-azul <i>Callinectes sapidus</i> em duas enseadas rasas num	

estuário do sul do Brasil: influência da salinidade e das pradarias de fenerógamas submersas.....	44
4.1. Resumo.....	45
5. CAPÍTULO 3: Avaliação da captura incidental do siri-azul <i>Callinectes sapidus</i> na pesca dirigida ao camarão-rosa <i>Farfantepenaeus paulensis</i> em um estuário subtropical	46
5.1. Resumo.....	47
6. CONCLUSÕES GERAIS	48
7. LITERATURA CITADA	51
8. ANEXOS.....	64
8.1. Anexo I: Habitat selection of the pink shrimp <i>Farfantepenaeus paulensis</i> and the blue crab <i>Callinectes sapidus</i> in an estuary in southern Brazil: influence of salinity and submerged seagrass meadows	65
8.2. Anexo II: Evaluation of the blue crab <i>Callinectes sapidus</i> bycatch in pink shrimp <i>Farfantepenaeus paulensis</i> fisheries in a subtropical estuary	102

RESUMO

O camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* e o siri-azul *Callinectes sapidus* são espécies que utilizam os estuários durante seus ciclos de vida, e nestes ambientes são encontrados nas fases de pós-larva e juvenil, no caso do camarão-rosa, e zoé, megalopa, juvenil e adulto no caso do siri-azul. O sucesso de entrada destes organismos nos estuários onde ocorrem, depende das entradas de água salgada. Nos estuários estas espécies tornam-se alvo da pesca artesanal. Com o objetivo de contribuir para o conhecimento ecológico destas espécies, esta tese está composta por três capítulos independentes que avaliaram a variação espaço-sazonal na abundância, a seleção de habitat e a captura incidental. Os estudos foram realizados no estuário da Lagoa dos Patos, sul do Brasil. O primeiro capítulo aborda a variação espaço-sazonal na abundância relativa de pós-larvas e juvenis do camarão-rosa. Comparou-se a abundância dos organismos entre as áreas protegida (enseadas rasas) e a desprotegida (margens rasas do corpo de água central), e foi analisada a influência da salinidade e da temperatura. As maiores abundâncias de pós-larvas foram encontradas na área desprotegida, enquanto que os juvenis foram mais abundantes na área protegida. A abundância dos organismos aumentou com a temperatura e a salinidade, sendo que esta última variável influenciou na chegada das pós-larvas na área protegida. A abundância do camarão-rosa apresentou uma variação sazonal bem definida. O segundo capítulo comparou as variações da abundância relativa e do tamanho, das pós-larvas e juvenis do camarão-rosa, e de juvenis do siri-azul, considerando a influência da salinidade e da presença de pradarias de fanerógamas submersas. As espécies

apresentam uma variação ontogenética na preferência por habitat no estuário. A salinidade e a presença de pradarias de fanerógamas submersas exerceram influência sobre a abundância e o tamanho dos indivíduos encontrados. O terceiro capítulo avaliou a captura incidental do siri-azul na pesca artesanal do camarão-rosa. A maior CPUE ocorreu na área mais próxima da abertura do estuário ao oceano. As capturas indicaram um maior impacto sobre os machos e uma baixa seletividade da rede, o que pode causar prejuízos na reprodução da espécie.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoa dos Patos, salinidade, pós-larvas, vegetação submersa, seleção de habitat, pesca incidental.

ABSTRACT

The pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* and the blue crab *Callinectes sapidus* are species that use estuaries during their life cycle, and these environments are found in stages of post-larval and juvenile growth in the case of the pink shrimp, and zoea, megalopa, juvenile and adult in the case of the blue crab. The inputs of these organisms in estuaries depends on the salt water inlets where, entries of seawater carry individuals in planktonic stages. The pink shrimp and the blue crab are important fishery resources in the estuaries where they occur. This thesis is composed of three independent chapters. The studies were conducted in the estuary of Patos Lagoon, southern Brazil. The first chapter addresses the space-seasonal variation in the relative abundance of post-larvae and juveniles of the pink shrimp. We compared the abundance of organisms between the protected (shallow inlets) and unprotected areas (shallow margins of the central body of water), and analyzed the influence of salinity and temperature. The highest abundances of post-larvae were found in the unprotected area, while juveniles were more abundant in the protected area. The abundance of organisms increased with temperature and salinity, the latter influencing the entry of post-larvae in the protected area. The pink shrimp showed a well-defined seasonal variation in abundance, as the spring and summer represented recruitment seasons in the estuary. In the second chapter, we compared the variations of relative abundance and size of post-larvae and juvenile pink shrimp and juvenile blue crabs, considering the influence of salinity and the presence of prairies of submerged phanerogams. The species show ontogenic habitat preferences in the estuary. The salinity and

the presence of submerged phanerogams prairies had an influence on the abundance and size of the analysed specimens. The third chapter evaluated the incidental catch of blue crab in pink shrimp fisheries. The highest CPUE occurred in the area closest to the opening of the estuary to the ocean. Catches indicated a greater impact on males and a low selectivity of the nets, which can affect the reproduction of the species.

KEY WORDS: Patos Lagoon, salinity, post-larvae, submerged vegetation, habitat selection, incidental catch.

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. Importância econômica

Os crustáceos representam um importante recurso pesqueiro no cenário mundial, suas capturas aumentaram de quatro por cento da produção total de pescado na década de 50 para sete por cento até o ano de 2002 (Csirke 2005). Os camarões, por exemplo, estão entre os produtos pesqueiros mais valiosos, e chegam a representar 15% do valor financeiro de pescado comercializado no mundo (FAO 2012). No entanto, as recentes quedas nas capturas globais, particularmente em áreas tropicais e subtropicais, alertam para uma possível situação de crise (EJF 2003). No Brasil não é diferente, e no caso da pesca industrial do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez Farfante, 1967), a sobre-exploração do estoque adulto resultou em uma crise nesta atividade (D’Incao et al. 2002). Este cenário também pode ser observado na pesca artesanal no estuário da Lagoa dos Patos, onde tem sido demonstrada uma redução na produção do camarão-rosa ao longo dos anos (D’Incao & Dumont 2010). Neste estuário, considerado o maior berçário da espécie no Brasil, o camarão-rosa assume grande importância econômica para as comunidades envolvidas na pesca (D’Incao et al. 2002). Portanto, uma melhor compreensão da dinâmica populacional da espécie, é indispensável para a recuperação do estoque.

O siri-azul *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896), por sua vez, é explorado principalmente por pescadores artesanais nos estuários da costa do oceano Atlântico nos Estados Unidos, no Golfo do México e no Brasil (Stagg & Whilden 1997, Severino-Rodrigues et al. 2001, Ferreira 2007, Mendonça et al. 2010,

Lima & Velasco 2012, Kalikoski & Vasconcellos 2013). Embora haja poucas informações sobre as capturas da espécie no Brasil, registros de declínios na produção chamam a atenção para a necessidade de uma melhor avaliação da biologia e pesca da espécie (Severino-Rodrigues et al. 2001, Mendonça et al. 2010, Kalikoski & Vasconcellos 2013). Na Lagoa dos Patos, a importância econômica, da pesca do siri-azul, ocorre no sentido de complementar a renda dos pescadores, tornando-se algumas vezes um recurso alternativo nas falhas das principais safras (Ferreira 2007, Lima & Velasco 2012, Kalikoski & Vasconcellos 2013).

1.2. Ciclo de vida e influência do meio sobre a abundância do siri-azul e do camarão-rosa

O siri-azul *C. sapidus* é encontrado nos estuários nas fases de zoé, megalopa, juvenil e adulto (Bulger et al. 1995, Hines et al. 1987 Vieira & Calazans 2010, Rodrigues & D’Incao 2014). A cópula ocorre nas águas salobras estuarinas, e as fêmeas migram para as salinidades mais altas da região oceânica costeira para a desova (Kennedy & Cronin 2007, Rodrigues & D’Incao 2014). Os indivíduos entram nos estuários nas fases de zoé e megalopa, acompanhando a entrada de água salgada (Bulger et al. 1995, Epifanio 2007).

Já foi relatado em estuários da costa do oceano Atlântico nos Estados Unidos, que o siri-azul apresenta uma preferência por determinados habitats em função da competição intraespecífica, da busca por melhores condições de alimentação e da proteção contra predadores (Orth & van Montfrans 1987,

Williams et al. 1990, Hovel & Lipcius et al. 2002, Lipcius 2005, Posey et al. 2005). Nestes estuários foi mostrado que durante o desenvolvimento juvenil do siri-azul as maiores abundâncias são encontradas nas menores salinidades, e a utilização de diferentes habitats está relacionada ao tamanho dos indivíduos (Orth & Montfrans 1987, Williams et al. 1990, Posey et al. 2005). No Brasil há uma carência de trabalhos que demonstrem a preferência por habitat da espécie. No estuário da Lagoa dos Patos, o trabalho de Rodrigues & D'Incao (2014) mostrou uma segregação sexual relacionada ao comportamento reprodutivo. Rodrigues (2012) mostrou a relação entre o aumento da temperatura e o incremento da abundância do siri-azul; uma variação espacial na abundância dos juvenis também foi identificada. No entanto, uma possível influência da salinidade sobre a variação da abundância, e a seleção de habitat durante a fase juvenil da espécie, seguem sem maiores investigações no estuário.

O camarão-rosa *F. paulensis* depende dos estuários para completar seu ciclo de vida. Os adultos habitam o oceano, onde acontece a reprodução e o desenvolvimento das primeiras fases larvais, as quais migram para a região costeira pela ação das correntes marinhas, e nos estuários onde ocorrem, os indivíduos entram durante a fase de pós-larva, carregados pela água salgada. Nos estuários ocorre o crescimento juvenil, e o ciclo é completado pelo retorno dos indivíduos ao oceano, onde irão recrutar ao estoque adulto (Garcia & Le Reste 1981, Dall et al. 1990, D'Incao 1991). As pós-larvas são consideradas como um estágio de transição entre o período larval e o juvenil (Iwai 1978). Na

Lagoa dos Patos, as pós-larvas encontradas tem em média 2,65 mm de comprimento de carapaça (Soares 1999).

O sucesso da entrada das pós-larvas no estuário da Lagoa dos Patos, vem sendo analisado através da relação das variações anuais na produtividade pesqueira com as oscilações ambientais. As safras menos produtivas estão positivamente relacionadas à elevada pluviosidade na bacia hidrográfica da Lagoa dos Patos. Nestas circunstâncias, a forte vazão de água doce pela estreita abertura que liga o estuário ao oceano, impede a estrada de água salgada e compromete o recrutamento do camarão-rosa no estuário (Möller et al. 2009, Pereira & D’Incao 2012). Destaca-se, contudo, que estes estudos, não quantificaram as variações da abundância das pós-larvas.

Em alguns estuários a queda da salinidade já foi evidenciada como um fator limitante para a distribuição e abundância das pós-larvas de *Melicertus plebejus* (Hess, 1865) e *Fenneropenaeus merguiensis* (De Man, 1888) (Young & Carpenter 1977, Vance et al. 1998). São escassos os trabalhos publicados sobre a distribuição e variação da abundância das pós-larvas de *F. paulensis* nos estuários Brasileiros, sendo que os trabalhos sobre o assunto restringem-se aos estudos de Soares (1999), Ruas 2010 e Ruas et al. (2014). Inexistem estudos sobre as condições ambientais que permitam ou limitam o sucesso do recrutamento e a distribuição; que analisem as variações da abundância; e que identifiquem o possível alcance das pós-larvas ao alto estuário.

Em alguns estuários da costa do Golfo do México, por exemplo, a temperatura, a salinidade e a ocorrência de vegetação submersa, foram identificadas como fatores importantes na distribuição e abundância das pós-

larvas, juvenis e pré-adultos de diferentes espécies de camarões. As maiores abundâncias de pós-larvas e juvenis estão relacionadas ao aumento da salinidade, temperatura e às maiores biomassas de fanerógamas submersas (Pérez-Castañeda & Defeo 2001, 2004, Pérez-Castañeda et al. 2010). Nos estuários Brasileiros, a influência destes fatores sobre a abundância dos juvenis e pré-adultos de *F. paulensis* foi estudada por D’Incao (1991), Garcia et al. (1996), Branco & Verani (1998), Costa et al. (2008) e Lüchmann et al. (2008). D’Incao (1991), mesmo sem quantificar possíveis variações na abundância do camarão-rosa na Lagoa dos Patos, observou a preferência dos indivíduos da espécie pelas enseadas rasas protegidas. Variações espaciais nas capturas por pesca dos juvenis foram observados por Ruas et al. (2011). No entanto, as causas das variações espaciais da abundância ainda não estão esclarecidas, mas pode-se supor que exista alguma influência da preferência alimentar, da proteção contra predadores e da estabilidade da salinidade na seleção do habitat no estuário (D’Incao 1991, D’Incao & Dumont 2010).

Tem sido demonstrado nos estuários da costa da Virginia, Carolina do Norte e Golfo do México, que as maiores abundâncias de pós-larvas e juvenis de peneídeos, e do siri-azul, estão associadas à presença de pradarias de fanerógamas submersas, caracterizando-as como importantes berçários (Orth & van Montfrans 1987, Williams et al. 1990, Haywood et al. 1995, Sánchez 1997, Pérez-Castañeda & Defeo 2001, 2004, Hovel & Lipicius 2002, Heck Jr et al. 2003, Lipicius 2005, Pérez-Castañeda et al. 2010). No Brasil, a influência da vegetação submersa sobre a abundância de *F. paulensis* e de *C. sapidus*, foi estudada por Garcia et al. (1996) em uma enseada rasa do estuário da Lagoa

dos Patos. Os autores compararam a abundância e a diversidade de crustáceos, entre uma pradaria de *Ruppia marítima* (Linnaeus, 1753) e um fundo não vegetado adjacente, onde foi evidenciado que as maiores abundâncias de juvenis do camarão-rosa e do siri-azul ocorreram na pradaria. Os autores concluíram que estes habitat apresentam melhores condições para a alimentação destes crustáceos. Cabe salientar que Garcia et al. (1996) não capturaram pós-larvas, tampouco compararam o tamanho dos indivíduos, o que poderia indicar uma segregação por tamanho, mostrando a preferencia dos menores pela vegetação (Williams et al. 1990, Pérez-Castañeda & Defeo 2001).

1.3. A captura incidental do siri-azul associada à pesca do camarão-rosa

Guardada a importância econômica das pescarias de camarões, o impacto causado por esta atividade no ecossistema também tem chamado à atenção da comunidade científica, que busca gerar subsídios para mitigar os efeitos da pesca através de um enfoque holístico, onde se consideram também a captura incidental e os impactos na comunidade bentônica (Hall et al. 2000, Hall & Mainprize 2005). A captura incidental gerada pela pesca de camarões remove grande número de espécimes de pequeno porte e juvenis, que são importantes elos na teia trófica, e afeta a sustentabilidade de outras pescarias marinhas (Hall et al. 2000, EJF 2003).

No estuário da Lagoa dos Patos a pesca dirigida ao camarão-rosa *F. paulensis* é realizada com artes licenciadas como as redes de espera (“saco”, “saquinho” e “aviãozinho”), e com artes proibidas, que são as redes de arrasto

(Benedet et al. 2010). Dentro destas artes de pesca, a rede de “saquinho” é a mais utilizada (Almeida & D’Incao 1999). Esta rede é usada no estuário de forma agrupada, e o número de redes empregadas por cada pescador é bastante variável. De acordo com o eixo de abertura para a entrada dos camarões, as redes podem pescar posicionadas paralela ou perpendicularmente às correntes da água, respectivamente, “ao correr” ou “embocada”, segundo a denominação tradicional.

Os trabalhos publicados sobre a pesca do siri-azul *Callinectes sapidus*, no Brasil, são muito incipientes e sua avaliação como captura incidental parece estar restrita aos trabalhos realizados na costa do Rio Grande do Sul (Vieira et al. 1996, Severino-Rodrigues et al. 2001, Loebmann & Vieira 2006, Vianna & D’Incao 2006, Mendonça et al. 2010, Dumont & D’Incao 2011, Lima & Velasco 2012, Kalikoski & Vasconcellos, 2013). A espécie, segundo os estudos de Vieira et al. (1996) e Marques (1997) desenvolvidos em duas enseadas rasas no estuário da Lagoa dos Patos, é a mais abundante nas capturas incidentais da pesca do camarão-rosa pelas redes de “saquinho”. Estes trabalhos limitam-se na descrição e quantificação das capturas do siri-azul, sem a aplicação de métodos comparativos para avaliar possíveis variações da abundância, da dinâmica de populações e da influência das variáveis ambientais. De acordo com os pescadores locais, o posicionamento das redes também pode influenciar nas capturas incidentais da espécie, e tal fato, também carece de comprovação.

1.4. Hipóteses

Hipótese 1 – capítulo 1: As pós-larvas de *F. paulensis* podem se distribuir por todo o estuário, nas enseadas rasas protegidas a abundância sofre um efeito positivo do aumento da salinidade.

Hipótese 2 – capítulo 1: A abundância das pós-larvas e juvenis de *F. paulensis* apresenta uma variação sazonal, e sofre um efeito positivo do aumento da temperatura.

Hipótese 3 – capítulo 1: Os juvenis de *F. paulensis* são mais abundantes nas enseadas rasas protegidas e apresentam uma relação positiva com a salinidade.

Hipótese 4 – capítulo 2: Pós-larvas e juvenis de *F. paulensis*, e juvenis de *C. sapidus*, são mais abundantes nos fundos vegetados por fanerógamas submersas, a preferência pela pradaria ocorre principalmente pelos menores indivíduos.

Hipótese 5 – capítulos 2 e 3: Juvenis do siri-azul são mais abundantes nas menores salinidades.

Hipótese 6 – capítulo 3: A captura incidental do siri-azul na pesca com rede de “saquinho” apresenta variação espaço-temporal, e sofre influência do posicionamento das redes e da variação da salinidade.

1.5. Estrutura da tese e objetivos

Os resultados obtidos neste estudo estão apresentados na forma de capítulos. O primeiro capítulo é apresentado em sua íntegra em português. O segundo e o terceiro capítulos são apresentados de modo resumido, suas versões completas, em inglês, encontram-se em forma de dois artigos independentes, nos anexos I e II. O item material e métodos apresenta uma breve descrição da metodologia, enquanto que uma abordagem mais detalhada é feita no capítulo 1, e em cada um dos artigos.

Os objetivos desta tese buscam responder as hipóteses formuladas sobre o camarão-rosa *F. paulensis* e o siri-azul *C. sapidus*. Ao final de cada objetivo está indicado o capítulo correspondente, como segue abaixo:

- 1.5.1. Analisar a variabilidade espacial e sazonal na abundância relativa das pós-larvas e dos juvenis do camarão-rosa no estuário, e investigar a influência das variáveis ambientais (salinidade, temperatura) (Capítulo 1).
- 1.5.2. Comparar a abundância relativa, das pós-larvas e juvenis do camarão-rosa, e dos juvenis do siri-azul, entre os fundos vegetados por fanerógamas submersas, com fundos não vegetados adjacentes (Capítulo 2).
- 1.5.3. Comparar o tamanho dos juvenis do camarão-rosa e do siri-azul entre os locais de estudo (Capítulo 2).
- 1.5.4. Quantificar e comparar a captura incidental do siri-azul pelas redes de “saquinho”, entre diferentes anos e áreas de pesca no estuário, e investigar uma possível influência da variação da salinidade (Capítulo 3).

- 1.5.5. Verificar a razão sexual, em cada área de pesca, dos exemplares do siri-azul capturados incidentalmente pela ação das redes de “saquinho” (Capítulo 3).
- 1.5.6. Estimar o tamanho em que a probabilidade de captura incidental, pelas redes de “saquinho”, é de 50% (Capítulo 3).
- 1.5.7. Comparar a captura incidental do siri-azul entre as redes de “saquinho” posicionadas paralelamente a corrente da água, com as perpendicularmente posicionadas (Capítulo 3).

2. MATERIAL E MÉTODOS GERAL

2.1. O ambiente de estudo

A Lagoa dos Patos, classificada como a maior laguna do tipo estrangulado no mundo, tem uma superfície de 10.360 Km² (Kjerfve 1986). Estende-se no sentido NE-SW na planície costeira do Rio Grande do Sul. Sua região estuarina (Fig. 2.1) encontra-se ao sul da laguna, e representa cerca de 10% da área total da Lagoa dos Patos (971 Km²), onde por um estreito canal, com 20 km de comprimento e largura que varia de 0,5 a 3 km, ocorrem as trocas de água com o oceano (Asmus 1998).

A entrada de água oceânica e a circulação estuarina são controladas pela descarga de água doce do sistema lagunar, e pela força e direção dos ventos (Fernandes et al. 2005, Möller et al. 2009). Os principais ambientes estuarinos são constituídos por enseadas rasas protegidas que apresentam menor variação da salinidade e velocidade da corrente, e pelo corpo de água central desprotegido, com maior profundidade, e maior variabilidade da

salinidade e velocidade da corrente (Asmus 1998, Fernandes et al. 2007, Martins et al. 2007, D'Incao & Dumont 2010). As condições ambientais das enseadas rasas como circulação reduzida e sedimento arenoso, favorecem o estabelecimento e o desenvolvimento de fanerógamas submersas enraizadas, havendo o domínio da espécie *Ruppia maritima* (Costa et al. 1997, Copertino & Seeliger 2010).

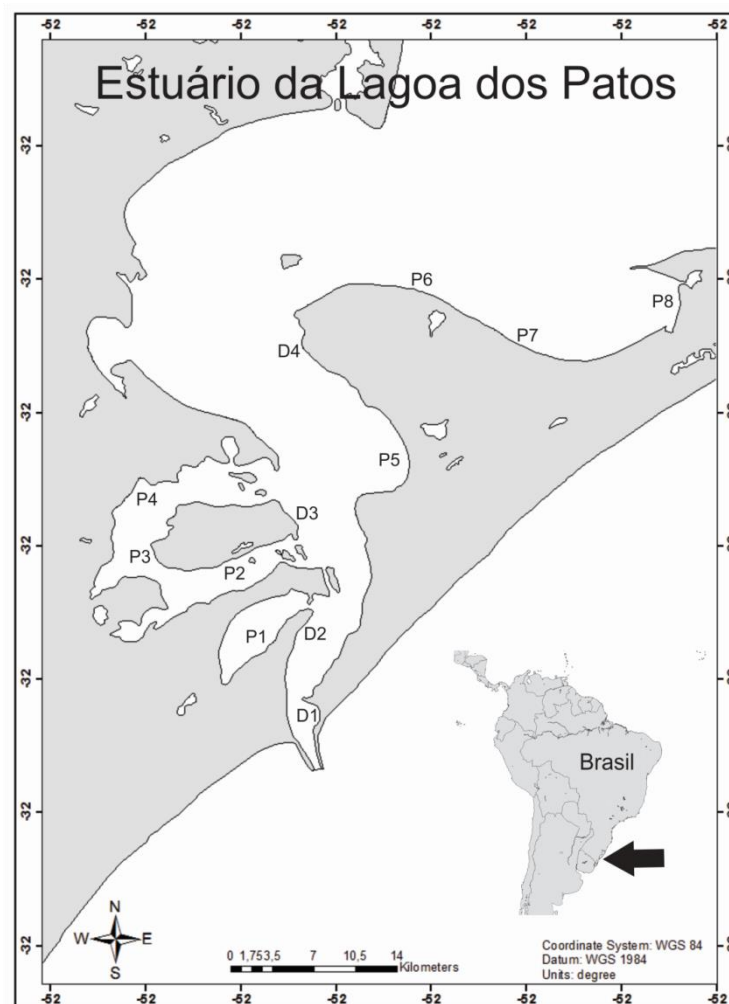


Figura 2.1: Estuário da Lagoa dos Patos, com destaque para os pontos de coleta.

2.2. Coleta de dados

2.2.1. Análise ecológica

Para analisar a variação espaço temporal da abundância relativa das pós-larvas e juvenis do camarão-rosa, foram determinados oito pontos de coletas nas enseadas rasas protegidas (P1 à P8), e quatro pontos nas margens da porção central desprotegida (D1 à D4) do estuário (Fig. 2.1). As coletas foram realizadas mensalmente de setembro de 2010 até janeiro de 2013, durante o dia e em profundidade inferior a 1,5 metros.

As coletas foram executadas através de embarques em uma lancha de alumínio da Universidade Federal do Rio Grande – FURG, de modo que todos os pontos fossem percorridos em um mesmo dia. Foi utilizada a rede de arrasto, descrita por Renfro (1963) (Fig. 2.2). Em cada arrasto a rede era puxada manualmente por uma distância de 40 metros. A salinidade e a temperatura da água foram verificadas a cada arrasto, através de uma mini sonda portátil YSI modelo 556 MPS. O material coletado foi armazenado em sacos plásticos devidamente identificados, contendo formaldeído a 4%.

A comparação do efeito da vegetação sobre o tamanho e a abundância relativa do camarão-rosa e do siri-azul, foi realizada com os dados coletados nos pontos P1 e P4, localizados, respectivamente, nas enseadas denominadas como Saco da Mangueira e Saco do Arraial. Para estabelecer estas comparações, as coletas ocorreram enquanto havia a presença das pradarias, que correspondeu ao intervalo de outubro de 2010 até fevereiro de 2011.



Figura 2.2: Rede de arrasto utilizada nas coletas no estuário da Lagoa dos Patos.

2.2.2. Captura incidental

As coletas foram realizadas em áreas rasas tradicionalmente importantes para a pesca artesanal do camarão-rosa (D’Incao 1991). As áreas denominadas como “A”, “B”, “C” e “D” (na figura 1 podem ser identificadas respectivamente, pelos pontos P1, P2, P3 e P6) foram escolhidas devido às diferenças de salinidade, à facilidade de acesso e à formação de parceria com os pescadores para obtenção dos dados. As coletas dos exemplares do siri-azul, capturados incidentalmente pelas redes de “saquinho” (Fig. 2.3), foram realizadas durante três safras consecutivas (2011, 2012 e 2013), entre os meses de fevereiro e maio. A rede de “saquinho”, descrita por Benedet et al. (2010), opera de modo passivo durante a noite e as capturas ocorrem pelo uso de um atrativo luminoso.

Foi estabelecida uma parceria com pescadores locais, o que viabilizou a coleta dos dados. Em todas as áreas foram obtidas as capturas totais de duas redes posicionadas paralelamente a corrente da água. Na área “B” (identificada pelo ponto P2 na Fig. 2.1), a parceria firmada com o pescador possibilitou a

coleta das capturas totais de duas redes posicionadas perpendicularmente à corrente da água durante todo o período de estudo. A comparação do posicionamento das redes sobre as capturas ocorreu apenas nesta área, e foi possível devido ao pescador utilizar habitualmente, em suas atividades, redes com esses dois posicionamentos.

O intervalo de coleta em cada área dependeu da atividade dos pescadores e variou de 15 a 25 dias. As coletas foram realizadas em dias sequencias entre as áreas de estudo. A salinidade foi medida *in situ*, no momento da despesca, através de um refratômetro, e foi anotado o tempo de atuação das redes para cálculo da abundância relativa, estimada pela captura por unidade de esforço (CPUE). Devido ao baixo rendimento pesqueiro a atuação dos pescadores foi reduzida na área “A” em 2012 e 2013 e na área “C” e “D” em 2013, o que inviabilizou as coletas durante estes períodos nas referidas áreas.

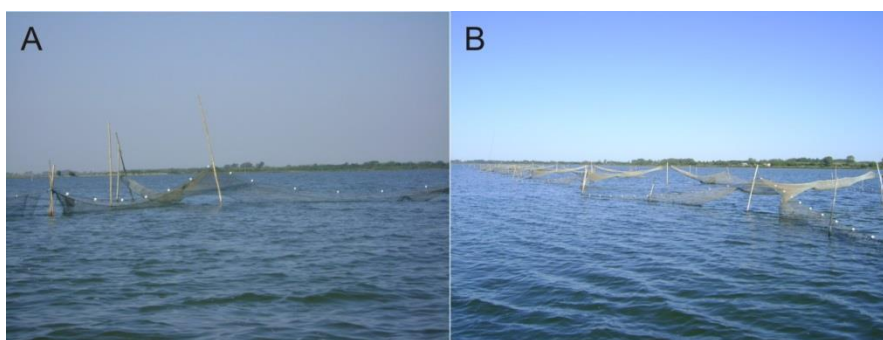


Figura 2.3: Rede de “saquinho” utilizada na captura do camarão-rosa no estuário da Lagoa dos Patos (A). Redes colocadas enfileiradas formando um agrupamento, denominado andaina (B).

2.2.3. Procedimentos laboratoriais

No laboratório, o material coletado foi separado e identificado em nível de espécie de acordo com D’Incao (1999) e Melo (1996), e separados por sexo. As pós-larvas (PL) do camarão-rosa foram identificadas conforme Calazans (1993). As medidas obtidas foram do comprimento da carapaça no caso do camarão, tomada do ângulo orbital até a extremidade dorsal da carapaça, e da largura da carapaça no caso do siri, tomada entre os primeiros espinhos anterolaterais.

3. CAPÍTULO 1

VARIAÇÃO ESPAÇO-SAZONAL NA ABUNDÂNCIA DE PÓS-LARVAS E
JUVENIS DO CAMARÃO-ROSA *Farfantepenaeus paulensis* (PÉREZ
FARFANTE, 1967) EM UM ESTUÁRIO DO SUL DO BRASIL.

3.1. Introdução

Estuários e lagoas costeiras oferecem condições ideais para desenvolvimento de uma grande variedade de organismos marinhos, e são considerados como berçários (Boesch & Turner 1984). O camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* beneficia-se desta condição e utiliza os estuários durante a fase juvenil, os indivíduos entram nestes habitats seguindo o padrão observado para outras espécies do gênero *Farfantepenaeus*, em que as pós-larvas planctônicas são carregadas pela entrada de água oceânica. O ciclo é completado pelo retorno dos camarões ao oceano, onde irão recrutar ao estoque adulto e reproduzir (Garcia & Le Reste 1981, Dall et al. 1990, D’Incao 1991, Lhomme 1992, Cházaro-Olvera et al. 2009). A espécie é considerada um importante elo na teia trófica, exercendo intensa pressão de predação sobre invertebrados bentônicos e representando, por exemplo, o principal item na dieta da garça azul *Egretta caerulea* (Jorgensen et al. 2009, Gianuca et al. 2012). Além disso, nos estuários em que ocorre, o camarão-rosa caracteriza-se como um importante alvo de pesca artesanal, e na Lagoa dos Patos, maior berçário da espécie no Brasil, tornou-se o principal recurso pesqueiro das comunidades à medida que outras pescarias entraram em colapso (D’Incao et al. 2002).

Variações temporais e espaciais, na distribuição e abundância de camarões peneídeos nos estuários do Indo-Pacífico e Golfo do México vêm sendo analisadas sobre a ótica da influência das variáveis ambientais. Foi evidenciado que as maiores abundâncias de pós-larvas e juvenis geralmente estão associadas às maiores salinidades, ao aumento da temperatura e à

presença de vegetação submersa (Mohan et al. 1995, Sánchez 1997, Vance et al. 1998, Pérez-Castañeda & Defeo 2001, 2004, Adnan et al. 2002, Pérez-Castañeda et al. 2010). Já foi demonstrado, por exemplo, que o aumento da salinidade permite que as pós-larvas de *Melicertus plebejus* (Hess, 1865) e *Fenneropenaeus merguiensis* (De Man, 1888) consigam chegar às áreas mais internas dos estuários onde ocorrem (Young & Carpenter 1977, Vance et al. 1998). Estudos experimentais evidenciaram maior sobrevivência de *F. paulensis* e *Farfantepenaeus aztecus* (Ives, 1891) quando expostos à salinidade acima de 10, onde também foi mostrado o aumento da mortalidade em cenários com grande variação salina (Tsuzuki et al. 2000, Saoud & Davis 2003). Por sua vez, o incremento da abundância com o aumento da temperatura, tem sido sugerido como um período de crescimento sazonal nos estuários, além disso, os camarões podem encontrar condições mais favoráveis para sobrevivência em temperaturas acima de 25° C (D’Incao 1991, Branco & Verani 1998, Tsuzuki et al. 2000, Pérez-Castañeda & Defeo 2001).

Trabalhos sobre distribuição e abundância, do camarão-rosa, nos estuário das regiões sudeste e sul do Brasil, foram realizados apenas sobre os juvenis, para os quais tem sido demonstrada uma variação sazonal na abundância e a preferência por salinidade entre 15 e 30 (D’Incao 1991, Branco & Verani 1998, Costa et al. 2008, Lückmann et al. 2008, Ferreira & Freire 2009). No estuário da Lagoa dos Patos a distribuição do camarão-rosa foi estudada inicialmente por D’Incao (1991), que mesmo sem a aplicação de uma análise quantitativa, menciona que as maiores abundâncias de juvenis podem ser encontradas nas enseadas rasas protegidas, onde há maior oferta de

alimento e proteção contra predadores. Neste estuário, os estudos sobre a abundância de juvenis do camarão-rosa, vêm sendo dirigidos através das análises das variações anuais na produtividade das safras, as quais são relacionadas às variadas combinações das condições pluviométricas e do vento, que regulam o sucesso de recrutamento das pós-larvas (Möller et al. 2009, Pereira & D'Incao 2012).

Mais recentemente, Ruas et al. (2014) compararam a abundância de pós-larvas e juvenis, entre duas enseadas rasas protegidas na Lagoa dos Patos, onde foi investigado a influência da salinidade e da presença de vegetação submersa. O artigo de Ruas et al. (2014), consiste no único trabalho realizado sobre a preferência de hábitat das pós-larvas do camarão-rosa no Brasil, no entanto, não foi identificado o período de recrutamento, tampouco foi mostrado a distribuição das pós-larvas no estuário. O presente trabalho investigou a variação espacial e sazonal, na abundância relativa das pós-larvas e juvenis de *F. paulensis* no estuário da Lagoa dos Patos. Foi analisado o efeito da área de coleta, da salinidade e da temperatura.

3.2. Material e Métodos

Área de estudo

O trabalho foi realizado no estuário da Lagoa dos Patos, localizado na costa sul do Brasil (Fig. 3.2.1). Neste estuário, as trocas de água com o oceano ocorrem através de um canal com 20 km de comprimento, e largura variando de 0,5 até 3 km. A hidrodinâmica é controlada pela força e direção dos ventos e pela descarga de água doce (Möller et al. 2009, Fernandes et al. 2005). Os

principais ambientes neste estuário são as enseadas rasas protegidas, que apresentam menor variação da salinidade e velocidade da corrente, e o corpo de água central desprotegido com maior profundidade, e maior variabilidade da salinidade e velocidade da corrente (Asmus 1998, Fernandes et al. 2007, Martins et al. 2007, D'Incao & Dumont 2010).

Coleta dos dados e procedimentos laboratoriais

As coletas ocorreram em oito pontos amostrais nas enseadas rasas protegidas (P1 a P8), e em quatro pontos nas margens da porção central desprotegida (D1 a D4) do estuário (Fig. 3.2.1). Foram realizadas mensalmente, de setembro de 2010 até janeiro de 2013, durante o dia e em profundidade inferior a 1,5 metros. As coletas foram executadas através de embarques em uma lancha de alumínio da Universidade Federal do Rio Grande, de modo que todos os pontos fossem percorridos em um mesmo dia.

As coletas foram realizadas com rede de arrasto, tipo descrito por Renfro (1963). Esta rede é formada por uma panagem com malhas de 5 mm entre nós opostos e de um ensacador de 500 μ , e possui uma abertura invariável de 1,8 m. Cada arrasto teve uma extensão de 40 m. Em cada coleta foram realizados dois arrastos por ponto. Para minimizar o efeito do barco, próximo aos locais de arrasto o motor era desligado e o deslocamento da lancha era feito com remo, a rede era colocada na água e o cabo esticado até atingir a marca de 40 metros, fundeava-se a lancha para evitar variação na distância do arrasto, então, à rede era puxada manualmente. A salinidade e a temperatura da água foram verificadas a cada arrasto com uma mini sonda portátil YSI modelo 556 MPS. O

material coletado foi armazenado em sacos plásticos devidamente identificados, contendo formaldeído a 4%.

No laboratório, o material coletado foi lavado com água corrente em uma peneira de 500 μ , e os camarões foram separados e identificados de acordo com D'Incao (1999). As pós-larvas (PL) do camarão-rosa foram identificadas conforme Calazans (1993). Assumiu-se, como PL, para este trabalho, os camarões com até 3 mm de comprimento de carapaça - CC (Haywood et al. 1995), acima deste tamanho foram classificados como juvenis (JU). A abundância relativa foi determinada para PL e JU pela contagem dos indivíduos em cada arrasto.

As medidas em milímetros do CC das pós-larvas e juvenis do camarão-rosa, foram tomadas do ângulo orbital até a extremidade dorsal da carapaça. As medidas foram obtidas com auxílio de um estereomicroscópio munido de ocular milimetrada, e paquímetro (0,1 mm).

Análise dos dados

Os pontos P6, P7 e P8 foram mantidos apenas na estatística descritiva, pois problemas envolvendo os embarques comprometeram as coletas dos dados ao longo do período de estudo. A abundância relativa média foi estimada pelo número de indivíduos capturados por arrasto. Foi calculada a salinidade média para cada ponto. A estrutura de tamanho dos camarões capturados, foi analisada através da distribuição de frequência por classe de tamanho (CC), agrupada em intervalos de 1 mm. As médias calculadas apresentam um intervalo de confiança de 95%.

Os pontos utilizados na análise exploratória foram P1 a P5 e D1 a D4. Para verificar a similaridade entre os pontos, foi aplicada uma análise de agrupamento utilizando o índice Bray-Curtis (com algoritmo de ligação completa), do programa estatístico PAST 3.04 (Hammer et al. 2001, Hair et al. 2009). Para esta análise, foi utilizada uma matriz de abundância média mensal do número de indivíduos capturados por arrasto (pontos amostrais x juvenis e pós-larvas), transformada pelo $\ln(x+1)$.

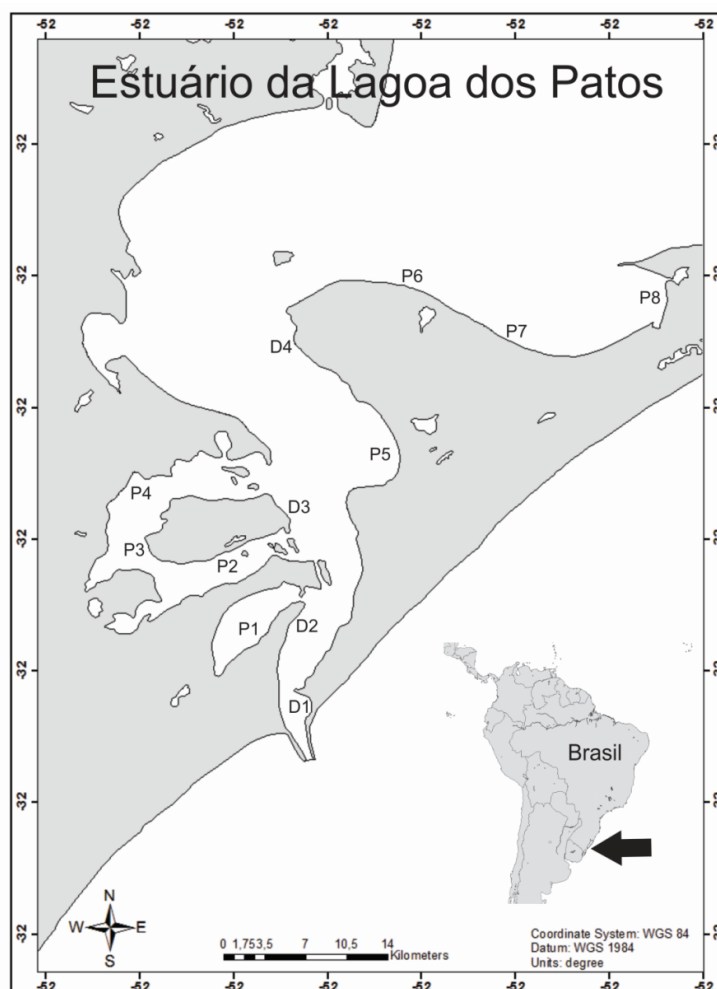


Figura 3.2.1: Estuário da Lagoa dos Patos, Brasil, com destaque para os pontos de coleta nas enseadas rasas protegidas (P1 à P8) e nas margens da porção central desprotegida (D1 à D4).

A variação na abundância relativa (número de indivíduos capturados por arrasto) foi analisada pela aplicação de Modelos Lineares Generalizados (GLM), utilizando-se a família de distribuição Binomial Negativa que permite incorporar a sobre-dispersão, o que é característico em dados de contagem (McCullagh & Nelder 1989). Nos modelos, os pontos foram agrupados de modo que P1 a P5 compuseram a área protegida, e D1 a D4 a área desprotegida. As análises foram realizadas utilizando o software R versão 3.0.1 (R. Development Core Team 2013). A área estuarina (protegida ou desprotegida), a estação do ano (verão, outono, inverno ou primavera), a temperatura e a salinidade da água, compõem as variáveis explicativas sobre a abundância dos camarões. O critério de seleção do melhor modelo foi realizado através do método “forward stepwise”, baseado na escolha do modelo com menor valor do Critério de Informação de Akaike – AIC (Burnham & Anderson 2002). Comparações múltiplas das médias entre os níveis da variável estação do ano foram realizadas através do teste Tukey, utilizando-se a função “glht” do pacote “multcomp” (Hothorn et al. 2008).

3.3. Resultados

Variáveis ambientais

Na área protegida a salinidade foi muito semelhante entre os pontos P1 a P5, com as médias variando de $10,43 \pm 2,03$ até $14,51 \pm 2,33$ (Fig. 3.3.2). As menores médias ocorreram mais ao norte do estuário (P6 a P8), nos locais mais distantes da abertura ao oceano. Na área desprotegida a salinidade seguiu um gradiente de queda em direção ao interior do estuário, com a maior

média no ponto D1 ($17,99 \pm 2,75$) e a menor no D4 ($11,01 \pm 2,56$) (Fig. 3.3.2). Quando comparadas as áreas, a salinidade média da área protegida foi menor ($12,86 \pm 0,95$) do que da área desprotegida ($14,49 \pm 1,32$), nessa última, a maior variabilidade da salinidade pode ser identificada pelo maior intervalo de confiança (Fig. 3.3.5). As menores médias da salinidade ocorreram no inverno ($10,37 \pm 1,77$) e na primavera ($8,41 \pm 1,26$), e as maiores no verão ($17,60 \pm 1,29$) e no outono ($17,21 \pm 1,61$) (Fig. 3.3.6). A temperatura foi muito similar entre as áreas, protegida ($22,35 \pm 0,57$) e a desprotegida ($22 \pm 0,58$). A variação sazonal da temperatura mostrou o inverno com a menor média ($15,77 \pm 0,52$) e o verão ($26,72 \pm 0,44$) com a maior, a primavera ($20,13 \pm 0,57$) e o outono ($22,92 \pm 0,59$) apresentaram temperaturas intermediárias (Fig. 3.3.6).

Capturas gerais

Foram realizados 667 arrastos ao longo do período de estudo, e obtidos 9153 indivíduos (2530 pós-larvas e 6623 juvenis). Pós-larvas e juvenis foram capturados em todos os pontos de coleta. As menores médias da abundância, de PL e JU na área desprotegida, ocorreram no ponto D1 (PL = $2,6 \pm 1,66$; JU = $0,84 \pm 0,40$) mais próximo da boca do estuário, e as maiores no ponto D2 (PL = $11,45 \pm 6,43$; JU = $5,86 \pm 2,48$). Nos pontos que compõem a área protegida, as menores abundâncias de PL e JU ocorreram no ponto P4 (PL = $0,98 \pm 0,97$; JU = $7,25 \pm 2,81$), já as maiores ocorreram nos pontos P5 (PL = $4,56 \pm 5,28$) e P1 (JU = $26,83 \pm 17,76$). Quando considerado todos os pontos, P7 apresentou os menores valores médios (PL = $0,6 \pm 0,82$; JU = $1,85 \pm 1,35$), e P8 o maior abundância de juvenis ($32,35 \pm 35,47$). O padrão observado foi uma maior

abundância de juvenis nos pontos da área protegida, e de maior abundância pós-larvas na área desprotegida (Fig. 3.3.2).

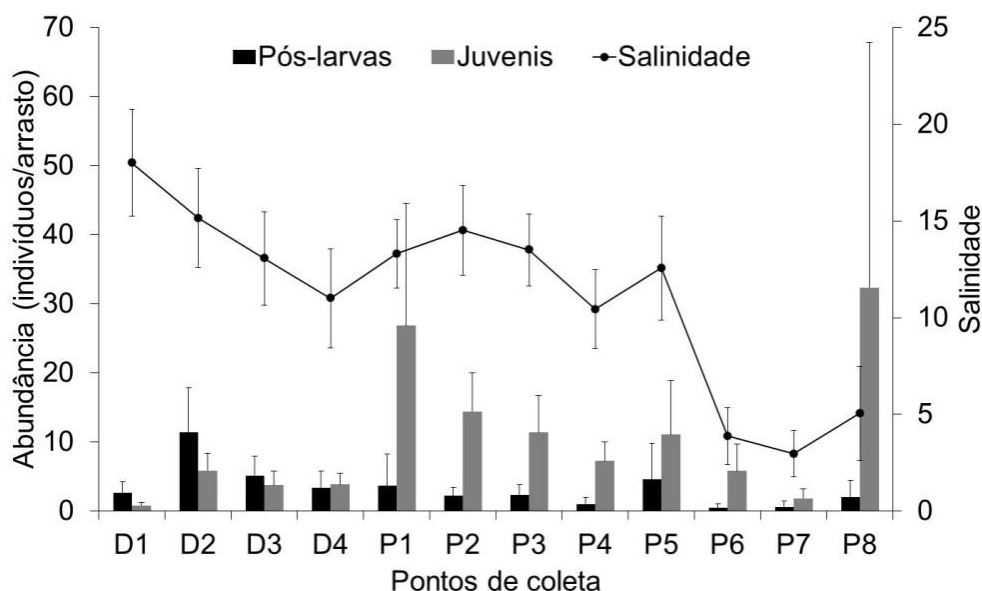


Figura 3.3.2: Valores médios da salinidade (linha), e da abundância relativa (barras) de pós-larvas e juvenis de *Farfantepenaeus paulensis*, nos pontos de coleta da área protegida (P1 a P8) e desprotegida (D1 a D4), ao longo do período de estudo, com seus respectivos intervalos de confiança de 95%. Abundância expressa pela média do número de indivíduos capturados por arrasto.

Estrutura de tamanho e análise exploratória

Todas as pós-larvas capturadas foram medidas. Dos juvenis capturados, foram medidos 6009 indivíduos. A análise da estrutura de tamanho permitiu a identificação de diferença no número de indivíduos entre pós-larvas e juvenis em cada área. O maior juvenil medido tinha 25 mm de CC, no entanto as principais classes de tamanho estavam entre 2 e 15 mm de CC. Na área protegida, a distribuição dos tamanhos apresentou um pico de ocorrência no

intervalo de classe 3,01 – 4 mm, seguindo uma queda gradual na ocorrência de indivíduos para as maiores classes. Na área desprotegida, foi possível identificar uma maior ocorrência de pós-larvas, seguindo uma queda acentuada no número de indivíduos nas classes de tamanho acima de três mm (Fig. 3.3.3).

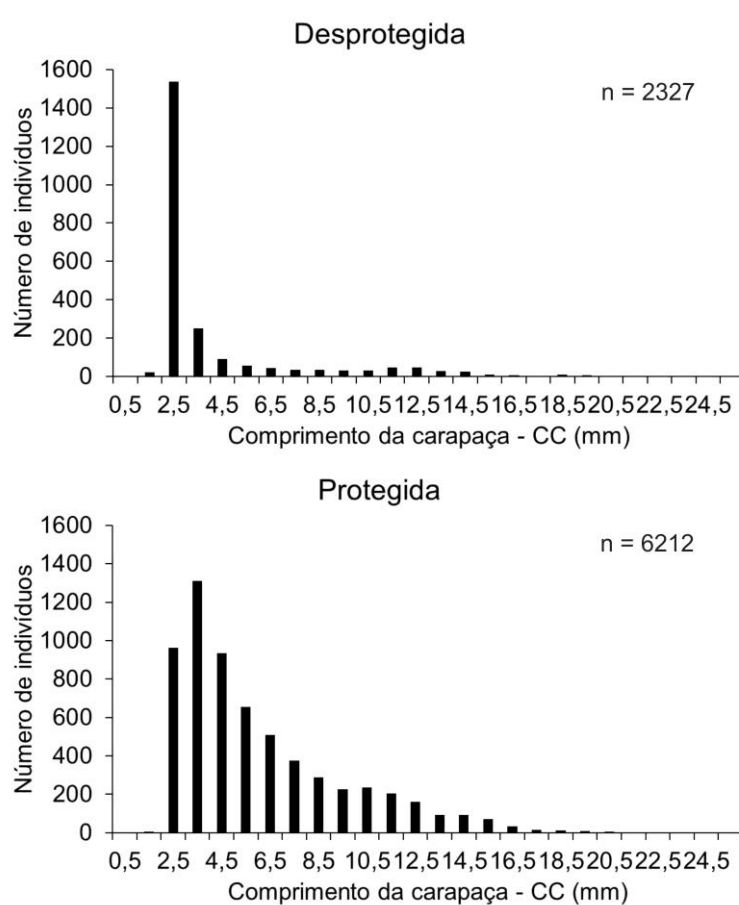


Figura 3.3.3: Distribuição de frequência por comprimento da carapaça (CC), agrupado em intervalos de 1 mm, para *Farfantepenaeus paulensis* nas áreas desprotegida e protegida no estuário da Lagoa dos Patos.

A análise de agrupamento mostrou a formação de quatro grupos. O grupo A foi formado pelos pontos D2, D3 e D4 da área desprotegida; o grupo B pelos pontos P1, P2, P3 e P5 da área protegida; e os grupos C e D compostos

respectivamente, pelos pontos P4 e D1 (Fig. 3.3.4). O valor de 0,89 do coeficiente de correlação indicou um bom ajuste dos dados.

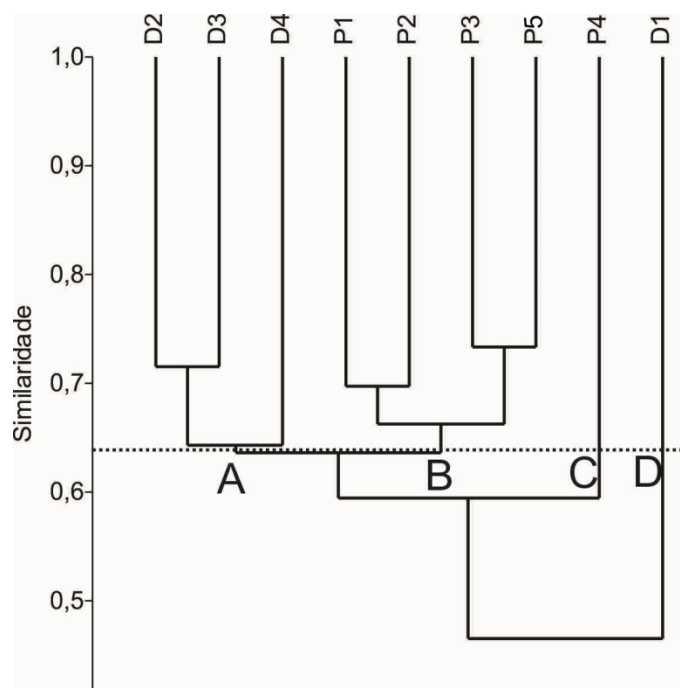


Figura 3.3.4: Dendrograma de similaridade utilizando o índice de Bray-Curtis, gerado a partir da média mensal da abundância relativa de pós-larvas e juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* no estuário da Lagoa dos Patos. Os grupos formados são identificados pelas letras A, B, C e D.

Seleção dos modelos e estimativa das variáveis explicativas

Os modelos lineares generalizados utilizados estão apresentados na tabela 3.3.1 com os respectivos valores de AIC e seu poder de explicação (D^2 ajustado). Os modelos selecionados com o melhor ajuste apresentaram quatro variáveis explicativas: “área”, “estação”, “salinidade” e “temperatura”. No caso das PL o modelo mostrou interação entre as variáveis “área*salinidade” (Tab. 3.3.2).

Tabela 3.3.1: Modelos gerados para explicar a variação na abundância relativa das pós-larvas e juvenis do camarão-rosa através do método “forward stepwise”, contendo os valores de Critério de Informação de Akaike (AIC) e seu poder de explicação (D^2 ajustado). “*” indica a interação entre as variáveis explicativas. Modelo selecionado em negrito.

VARIÁVEL RESPOSTA	MODELO	AIC	D^2 Ajustado
Pós-larva	area	2115	0,02
	area+estação	2011	0,24
	area+estação+salinidade	1997	0,27
	area+estação+salinidade+temperatura	1990	0,28
	area+estação+salinidade+temperatura+area*salinidade	1983	0,30
	area+salinidade+estação+area*salinidade+estação*salinidade	1991	0,29
Juvenil	area	3101	0,08
	area+estação	2911	0,36
	area+estação+salinidade	2888	0,39
	area+estação+salinidade+temperatura	2870	0,41
	area+estação+salinidade+temperatura+area*salinidade	2871	0,40
	area+salinidade+estação+area*salinidade+estação*salinidade	2885	0,39

Tabela 3.3.2: Estimativas das variáveis explicativas dos modelos selecionados para pós-larvas e juvenis do camarão-rosa. Valores significativos ($p < 0,05$) em negrito.

ORGANISMO	VARIÁVEIS EXPLICATIVAS	ESTIMATIVA	p-VALOR
Pós-larva	intercepto	-2.67089	0,0000
	area_prot	-1.99054	0,0000
	estação_out	-0.56613	0,2306
	estação_pri	2.39879	0,0000
	estação_ver	2.14456	0,0000
	salinidade	0.02646	0,0544
	temperatura	0.09274	0,0018
	area_prot*salinidade	0.07059	0,0007
Juvenil	intercepto	-4.518499	0,0000
	area_prot	1.111475	0,0000
	estação_out	1.499976	0,0000
	estação_pri	2.472677	0,0000
	estação_ver	3.113184	0,0000
	salinidade	0.054869	0,0000
	temperatura	0.101377	0,0000

O modelo selecionado para pós-larvas apresentou coeficiente, significativamente, negativo para “area_prot”, indicando que a abundância relativa das PL do camarão-rosa é menor na área protegida quando comparada com a desprotegida (Fig. 3.3.5). O coeficiente positivo da variável “area_prot*salinidade” mostrou uma interação significativa entre a área e a salinidade. Esta interação indica que na área protegida a abundância das PL aumenta com a salinidade, diferentemente da área desprotegida onde esta variável ambiental não influenciou no incremento da abundância. A temperatura influenciou, significativamente, a abundância das PL, o coeficiente positivo desta variável mostrou que a abundância aumenta com o aumento da temperatura. A variação sazonal da abundância ficou claramente demonstrada no modelo, pois, a variável estação mostrou influência significativa sobre as PL, de forma que o coeficiente positivo para “estação_pri” e “estação_ver”

demonstrou que as maiores abundâncias ocorreram na primavera e no verão (Fig. 3.3.6). É importante salientar que as pós-larvas ocorreram em todas as estações do ano, e o coeficiente negativo da variável “estação_out”, embora, não significativo, indica que ocorreu menor abundância no outono quando comparado ao inverno (Fig. 3.3.6). Pelo teste de Tukey, foi possível identificar que a maior abundância relativa média, ocorreu na primavera e no verão, quando comparado com o outono e o inverno. Não houve diferença na abundância quando comparado a primavera e o verão (Fig. 3.3.6).

O modelo selecionado para juvenis apresentou coeficiente significativamente positivo para “area_prot”, indicando que a maior abundância relativa ocorreu na área protegida (Fig. 3.3.5). As variáveis, “salinidade” e “temperatura”, mostraram influência significativa na abundância dos juvenis, os coeficientes positivos destas variáveis indicaram que a abundância aumentou com o aumento da salinidade e da temperatura. A variável estação apresentou influência significativa sobre os JU. O teste de Tukey demonstrou que houve diferenças significativas na abundância relativa entre o inverno e as demais estações. O verão apresentou diferença em todas as comparações. A primavera, quando comparada com o outono, também apresentou diferença significativa na abundância. A maior abundância média ocorreu no verão. A primavera apresentou maior abundância quando comparada com o outono e o inverno. O outono apresentou maior abundância apenas quando comparado com o inverno. A variação sazonal na abundância relativa pode ser observada na figura 3.3.6.

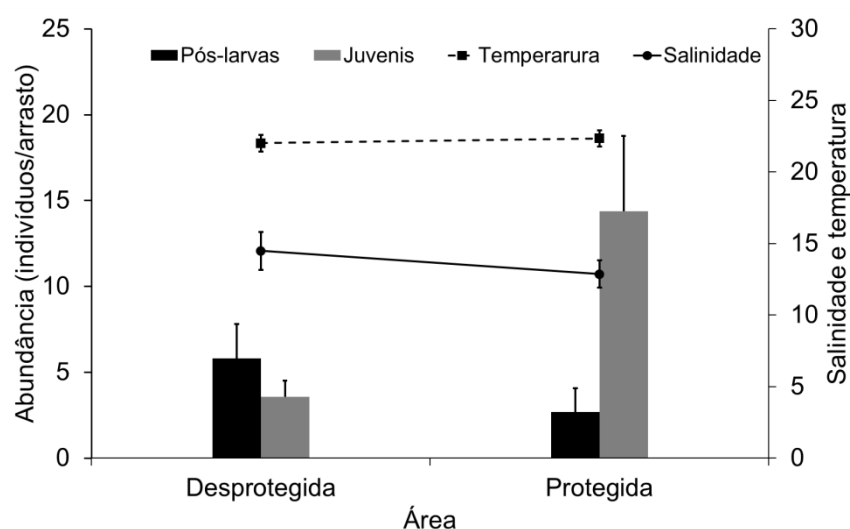


Figura 3.3.5: Valores médios da salinidade (linha cheia), temperatura (linha tracejada) e da abundância relativa (barras) de pós-larvas e juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* nas áreas desprotegida e protegida ao longo do período de estudo, com seus respectivos intervalos de confiança de 95%. Abundância expressa pelo número de indivíduos capturados por arrasto.

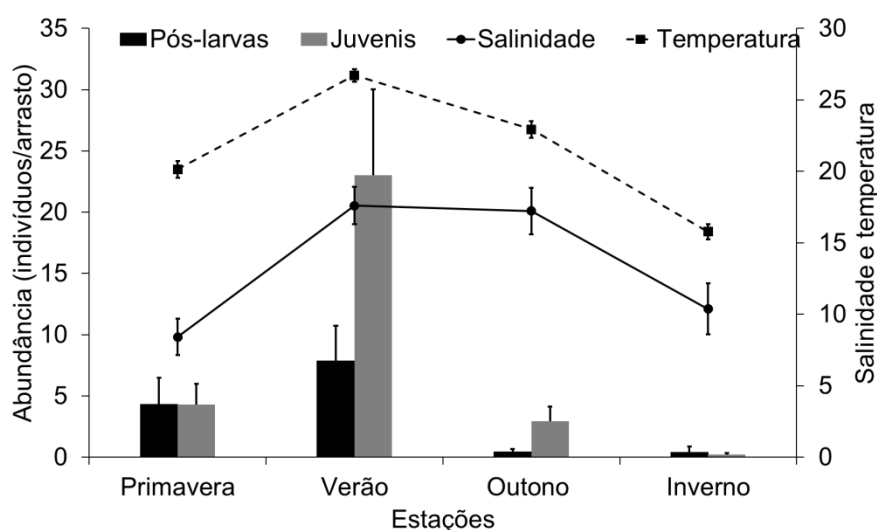


Figura 3.3.6: Valores médios da salinidade (linha cheia), temperatura (linha tracejada) e da abundância relativa (barras) de pós-larvas e juvenis de *Farfantepenaeus paulensis*, entre as estações do ano ao longo do período de estudo, com seus respectivos intervalos de confiança de 95%. Abundância expressa pelo número de indivíduos capturados por arrasto.

3.4. Discussão

Capturas totais

De acordo com o observado no presente trabalho, o camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* pode apresentar uma ampla distribuição, tanto na fase de pós-larva quanto juvenil, ocupando locais próximos à abertura ao oceano e com maiores valores de salinidade, até as porções mais ao norte com salinidades mais baixas. Esta ampla distribuição é marcada pela preferência de habitat, que pode ser reconhecida pela variação espacial da abundância da espécie. D'Incao (1991) destacou a ampla distribuição e a importância das enseadas rasas para o crescimento dos juvenis. Ruas et al. (2014) analisando a variação da abundância do camarão-rosa em duas enseadas rasas, mostrou a preferência de pós-larvas e juvenis por vegetação submersa e por maior salinidade. De fato, a preferência de habitat é um comportamento reconhecido para algumas espécies de peneídeos, Pérez-Castañeda et al. (2010) demonstraram a preferência de *Farfantepenaeus aztecus* e *Farfantepenaeus dourarum* (Burkenroad, 1939) por vegetação submersa. Pérez-Castañeda & Defeo (2001; 2004) trabalhando com espécies do gênero *Farfantepenaeus* em uma lagoa costeira do Golfo do México, demonstraram haver uma segregação espacial intraespecífica na distribuição dos camarões, as maiores abundâncias de recrutas (CC < 8 mm) e juvenis, foram associadas às maiores salinidades e às áreas vegetadas em busca de proteção. Segundo Mohan et al. (1995) o substrato lamoso e rico em matéria orgânica também pode ser considerado um importante fator na seleção de habitat por pós-larvas e juvenis de *Feneropenaeus indicus* (H. Milne-Edwards, 1837) e *F. merguiensis*.

Quando foi analisada a composição da estrutura de tamanho do camarão-rosa, observou-se um padrão que mostra uma clara diferença entre as áreas protegida e desprotegida. Na área protegida houve a predominância de indivíduos que representam os primeiros estágios da fase juvenil, distribuídos seguindo uma gradual queda no número de camarões com o aumento do tamanho da carapaça. Na área desprotegida destacou-se o grande número de pós-larvas, as classes de tamanho que representam os juvenis apresentaram um reduzido número de indivíduos e mostraram maior homogeneidade na distribuição entre as classes. Estas variações podem ter ocorrido devido ao comportamento da espécie durante sua ontogenia no estuário. Estudos realizados com outras espécies do gênero *Farfantepenaeus* também demonstraram uma segregação espacial por tamanho dos indivíduos (Pérez-Castañeda & Defeo 2001). Cabe mencionar que a rede de coleta pode não ter sido adequada para capturar organismos acima de 17 mm de CC, uma vez que camarões acima deste tamanho são menos vulneráveis à captura por redes com dimensões reduzidas (Adnan et al. 2002).

Variações espaciais na abundância e influência da salinidade

Os locais de coleta formaram grupos que representaram as áreas protegida e desprotegida como distintas uma da outra, dando subsídio para as comparações nos modelos. As pós-larvas, mais abundantes na área desprotegida, indicaram a importância deste ambiente para o assentamento do camarão-rosa *F. paulensis* no estuário da Lagoa dos Patos, pois suas margens rasas podem representar uma área de assentamento para os indivíduos com

origem do oceano. A busca pelo substrato das áreas rasas, tão logo entrem nos estuários, pode representar a tentativa das pós-larvas de permanecer neste ambiente, evitando que a maré vazante carregue-as novamente para o oceano, como foi demonstrado para *F. merguiensis*, *F. aztecus* e *Melicertus plebejus* (Young & Carpenter 1977, Adnan et al. 2002, Cházaro-Olvera et al. 2009). Esta tendência foi observada por Ruas et al. (2014) analisando a seleção de habitat do camarão-rosa em duas enseadas rasas na Lagoa dos Patos, onde foi demonstrado maior abundância de pós-larvas na enseada próxima à área considerada desprotegida no presente trabalho.

Sabe-se, que as pós-larvas do camarão-rosa, desde que disponíveis na zona costeira, acompanham a entrada de água marinha no sistema estuarino, conseqüentemente, o sucesso do recrutamento depende de uma combinação favorável entre a descarga de água doce e condições do vento para a entrada da cunha salina (D'Incao 1991, Möller et al. 2009, D'Incao & Dumont 2010, Pereira & D'Incao 2012). A área desprotegida é a primeira a sofrer o efeito gerado pelo gradiente de pressão da costa oceânica, que empurra água costeira para o estuário (Fernandes et al. 2005). Por isso, nesta área, seria plausível associar o aumento da abundância com o aumento da salinidade. No entanto, não foi identificada essa influência, provavelmente pelas características altamente variáveis das condições ambientais, como da própria salinidade e da velocidade da corrente da água (Martins et al. 2007, Dumont & D'Incao 2010). Sugere-se considerar que a área desprotegida representa a porção que é primeiramente habitada pelas pós-larvas, e onde ocorrem os primeiros contatos com salinidade mais baixa. Pode-se dizer que esta área

representa um espaço de aclimação às condições de salinidade no estuário, pois os indivíduos entram nesse ambiente numa idade que representa o período mais importante do desenvolvimento osmorregulatório da espécie (Tsuzuki et al. 2000).

A interação entre a área protegida e a salinidade parece indicar uma possível explicação para a chegada das pós-larvas nas enseadas rasas. A abundância na área protegida aumentou com a salinidade, indicando que este fator ambiental pode ser uma característica importante para a distribuição desses organismos. Vance et al. (1998), relata para *F. merguiensis*, em dois estuários do nordeste australiano, que o aumento das chuvas em épocas úmidas ocasiona a diminuição da salinidade, inibindo o alcance das pós-larvas às regiões mais internas do estuário. O mesmo autor destacou que a variação da abundância é o resultado de uma combinação de processos hidrodinâmicos, e mudanças comportamentais associadas ao desenvolvimento da espécie. Staples (1980) observou que as pós-larvas de *F. merguiensis*, deslocam-se do substrato para a coluna d'água, e migram estuário acima pela influência das marés de enchente (água salgada). O mesmo comportamento foi observado para *F. aztecus* em sua migração para os estuários no Golfo do México (Cházaro-Olvera et al. 2009). Pode-se considerar que se as condições forem favoráveis, com entradas de água salgada suficientemente intensas para alcançarem as áreas protegidas, haverá a possibilidade de migração das pós-larvas.

A elevação da salinidade na área protegida possibilitará, também, uma maior sobrevivência conforme o crescimento dos camarões, pois pós-larvas

mais velhas do camarão-rosa (últimos estádios), mostram-se mais suscetíveis à mortalidade quando expostas a salinidades baixas (< 10) (Tsuzuki et al. 2000), o que pode limitar a distribuição espacial. O aumento da mortalidade em baixas salinidades também foi relatado para pós-larvas de *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) e *F. aztecus* (Saoud e Davis 2003, Silva et al. 2010).

Assim como evidenciado nos trabalhos de D’Incao (1991) e Ruas et al. (2014), o atual trabalho mostrou que a distribuição espacial dos juvenis no estuário da Lagoa dos Patos, não ocorre de maneira uniforme. A menor variabilidade da salinidade, a presença de pradarias de fanerógamas submersas, a menor velocidade da corrente (Martins et al. 2007, Fernandes et al. 2007, Copertino & Seeliger, 2010, D’Incao & Dumont 2010), são fatores ambientais característicos da área protegida e podem oferecer condições ecológicas necessárias para um melhor desenvolvimento dos indivíduos, como maior oferta de alimento e proteção contra predadores (D’Incao 1991, Mohan et al. 1995, Costa et al. 1997, Martins et al. 2007, D’Incao & Dumont 2010, Pérez-Castañeda et al. 2010, Ruas et al. 2014). Com isso, pode-se justificar a maior abundância encontrada na área protegida, e caracterizá-la como um importante habitat para o crescimento de pequenos juvenis (< 15 mm de CC).

O camarão-rosa *F. paulensis*, pode ocorrer em ambientes com salinidades de 0 a 30, no entanto existem evidências da preferência por salinidades intermediárias a estes valores (D’Incao 1991, Costa et al. 2008). Segundo D’Incao & Dumont (2010) e Ruas et al. (2011), a estabilidade da salinidade aparece como uma importante característica ambiental associada às

maiores abundâncias de juvenis. Na área desprotegida, a menor abundância de juvenis pode ter ocorrido por causa da influência de uma maior variabilidade das condições ambientais (Martins et al. 2007, D'Incao & Dumont 2010). A partir dos estádios finais de pós-larva, a ampla variação da salinidade, por exemplo, pode causar impacto na sobrevivência dos organismos (Tsuzuki et al. 2000), essa característica pode ser observada também para *F. aztecus* (Saoud & Davis 2003).

O aumento da abundância dos juvenis com a salinidade corrobora os resultados prévios encontrados na Lagoa dos Patos, e parece estar ligado aos padrões anuais de variação, que apresentam maior abundância durante o período de maior salinidade (D'Incao 1991, Möller et al. 2009, Ruas et al. 2014). De acordo com Tsuzuki et al. (2000) a maior sobrevivência dos organismos da espécie está relacionada a salinidade maior que 10.

Variações sazonais e influência da temperatura

As pós-larvas do camarão-rosa *F. paulensis* capturadas em todas as estações do ano, podem sustentar a ideia proposta por D'Incao (1984, 1991) que, baseado em estudos de crescimento, sugere uma possível entrada de pós-larvas o ano inteiro no estuário da Lagoa dos Patos, como ocorre nas regiões mais ao norte do Brasil. As maiores abundâncias de pós-larvas de *F. paulensis* registradas na primavera e no verão, evidenciaram estas estações como o principal período de recrutamento, mostrando um incremento da abundância seguindo o aumento da temperatura. No entanto, cabe salientar, que nem sempre a elevação da temperatura terá influência no aumento da

abundância de pós-larvas no estuário. Em determinadas épocas, o forte fluxo de saída de água doce pode impedir a entrada das pós-larvas no estuário, retardando ou até mesmo inibindo o período de recrutamento, como observado por Möller et al. (2009) e Pereira & D'Incao (2012), analisando as safras pesqueiras. A variação sazonal da abundância de pós-larvas pode ser observada para *F. merguiensis*, e está associada à variação da salinidade que diminui em épocas de chuvas, inibindo a migração das pós-larvas para o estuário (Vance et al. 1998, Adnan et al. 2002).

A variação da abundância dos juvenis mostrou um padrão sazonal bem definido, que compreende o período da primavera ao outono, com a maior abundância encontrada no verão. A temperatura mostrou influência temporal sobre o aumento da abundância, e a inexistência de influência espacial resulta do fato desta variável ambiental ter sido muito semelhante entre as áreas. Esta variação sazonal da espécie na Lagoa dos Patos foi observada por D'Incao (1991), segundo o autor o aumento da abundância acompanha a curva de aumento da temperatura. O mesmo padrão, para a espécie, foi observado por Branco & Verani (1998) e Lüchmann et al. (2008) na Lagoa da Conceição no estado de Santa Catarina, e por Costa et al. (2008) em um estuário no litoral sudeste do Brasil. A variação da abundância de *F. dourarum*, *F. brasiliensis*, *F. notialis* e *F. aztecus* também mostrou uma influência positiva do aumento da temperatura (Pérez-Castañeda & Defeo 2001, Pérez-Castañeda et al. 2010). Percebe-se a clara influência da temperatura sobre a abundância dos camarões, e isto, em parte, se deve ao fato desta variável ambiental favorecer uma maior sobrevivência e crescimento em peneídeos, a frequência de mudas,

por exemplo, aumenta com a elevação da temperatura como uma resposta da aceleração do metabolismo (Dall et al. 1990).

3.5. Conclusões

Pós-larvas e juvenis do camarão-rosa *F. paulensis*, apresentaram uma ampla distribuição no estuário da Lagoa dos Patos, ocupando locais próximos à abertura ao oceano e com maiores valores de salinidade, até as porções mais ao norte com salinidades mais baixas. No entanto, as variações na abundância evidenciaram a importância da área desprotegida para o assentamento da espécie no estuário. A área desprotegida pode significar a porção do estuário que é primeiramente habitada pelas pós-larvas e onde ocorrem os primeiros contatos com salinidade mais baixa, representando um espaço em que ocorre aclimação. O aumento da salinidade na área protegida pode favorecer a chegada, o crescimento e a sobrevivência dos organismos. A primavera e o verão são as principais estações para o recrutamento no estuário.

A área protegida pode ser caracterizada como um importante habitat para o crescimento dos juvenis. O aumento da salinidade e da temperatura influenciou positivamente à abundância. Houve uma marcada sazonalidade na abundância dos juvenis, que compreendeu o intervalo da primavera ao outono.

4. CAPÍTULO 2

SELEÇÃO DE HABITAT DO CAMARÃO-ROSA *Farfantepenaeus paulensis* E
DO SIRI-AZUL *Callinectes sapidus* EM DUAS ENSEADAS RASAS NUM
ESTUÁRIO DO SUL DO BRASIL: INFLUÊNCIA DA SALINIDADE E DAS
PRADARIAS DE FANERÓGAMAS SUBMERSAS

A descrição detalhada deste capítulo encontra-se no Anexo I.

4.1. Resumo

O trabalho foi desenvolvido em duas enseadas rasas (Saco da Mangueira e Saco do Arraial) no estuário da Lagoa dos Patos. Foram comparadas as variações na abundância relativa e no tamanho, das pós-larvas e juvenis do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis*, e de juvenis do siri-azul *Callinectes sapidus*, considerando a influência da salinidade e da presença de pradarias de fanerógamas submersas. As análises constaram de Modelos Lineares Generalizados - GLM para avaliar as variações na abundância, e Anova para comparar as variações no tamanho dos indivíduos. Foi evidenciado que a enseada, a salinidade e a presença de vegetação submersa exerceram influência sobre a abundância das pós-larvas e juvenis do camarão-rosa. As maiores abundâncias foram encontradas no Saco da Mangueira, nas pradarias e nas maiores salinidades. Para o siri-azul, as maiores abundâncias foram encontradas no Saco do Arraial, e nas menores salinidades. A importância da vegetação submersa para o siri-azul está na preferência dos menores indivíduos pela pradaria. Foi demonstrado que as espécies apresentam uma preferência por habitat no estuário, e que a salinidade, e a presença de pradarias de fanerógamas submersas, influenciam na seleção de habitat destes organismos.

5. CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DA CAPTURA INCIDENTAL DO SIRI-AZUL *Callinectes sapidus*
NA PESCA DIRIGIDA AO CAMARÃO-ROSA *Farfantepenaeus paulensis* EM
UM ESTUÁRIO SUBTROPICAL

A descrição detalhada deste capítulo encontra-se no Anexo II.

5.1. Resumo

O trabalho avaliou a captura incidental do siri-azul *Callinectes sapidus*, na pesca artesanal, através da investigação da razão sexual; da captura por unidade de esforço (CPUE); da comparação do posicionamento das redes; da influência da salinidade e do tamanho em que a probabilidade de captura é de 50% (P_{50}). Foram coletados os indivíduos capturados nas safras dos anos de 2011, 2012 e 2013 no estuário da Lagoa dos Patos, sul do Brasil. As análises mostraram a ocorrência de maior número de machos. As variações da CPUE demonstraram que as maiores abundâncias foram encontradas na área mais próxima à abertura do estuário ao oceano. Não houve variação da CPUE quando comparadas às safras ou o posicionamento das redes. Foi identificada uma relação positiva entre a CPUE e a salinidade no estuário. O P_{50} variou entre as áreas de estudo, porém manteve-se sempre abaixo do tamanho de primeira maturação, estimado, respectivamente para machos e fêmeas, em 108 e 115 milímetros de largura de carapaça. Isto indicou a baixa seletividade da rede, o que pode causar prejuízo na reprodução da espécie. As capturas indicaram um maior impacto sobre os machos, uma vez que as fêmeas migram para desovar na área oceânica adjacente ao estuário. A variação espacial da CPUE evidenciou a não homogeneidade nas capturas por pesca, isto pode estar associado ao comportamento da espécie frente às variações das condições ambientais.

6. CONCLUSÕES GERAIS

Esta tese forneceu contribuições importantes para o conhecimento da ecologia do camarão-rosa *F. paulensis*, e da ecologia e pesca do siri-azul *C. sapidus* no estuário da Lagoa dos Patos. Foi possível concluir que:

- Pós-larvas e juvenis do camarão-rosa podem ocupar os locais com maiores valores de salinidade, próximos à abertura do estuário ao oceano, até as porções mais ao norte com salinidades mais baixas.
- A área desprotegida (margens rasas do corpo de água central), caracterizou-se como a porção do estuário que é primeiramente habitada pelas pós-larvas e onde ocorrem os primeiros contatos com salinidade mais baixa, podendo representar um espaço de aclimação às condições de salinidade do estuário.
- Na área protegida, o aumento da salinidade cria condições ideais para a chegada e estabelecimento das pós-larvas.
- A área protegida mostrou-se como um importante habitat para os juvenis. Características ambientais favoráveis à sobrevivência e ao crescimento dos indivíduos, como maior estabilidade da salinidade, são inerentes a esta área.
- O aumento da abundância do camarão-rosa com o aumento da salinidade e da temperatura, foi um resultado esperado para a espécie no estuário.
- As pós-larvas podem ocorrer em todas as estações do ano no estuário, no entanto, as variações na abundância permitiram identificar a primavera e o verão como as principais estações para o recrutamento.

- Os juvenis, do camarão-rosa, apresentaram um padrão sazonal bem definido na variação da abundância, as maiores ocorreram da primavera ao outono, e o verão apareceu como a estação mais importante.
- A enseada rasa, denominada como Saco do Arraial, pode ser considerada como um berçário para o siri-azul no estuário.
- Houve a preferência das pós-larvas, e dos menores indivíduos do siri-azul, pelas pradarias de fanerógamas submersas.
- A variação espacial, na CPUE da pesca incidental do siri-azul no estuário, evidenciou a não homogeneidade nas capturas do recurso.
- A CPUE da pesca incidental do siri-azul aumentou com a elevação da salinidade.
- As capturas incidentais do siri-azul, pelas redes de “saquinho”, ocorreram principalmente sobre os machos, pois durante o período de pesca, no estuário, as fêmeas estão na área oceânica para a desova.
- A posição da rede de “saquinho” na água, não caracterizou uma medida de redução no impacto sobre a pesca do siri-azul como fauna acompanhante.
- Existe a necessidade da implantação de um manejo mais seletivo na pesca, que favoreça os indivíduos imaturos do siri-azul.

Obviamente, ainda existem questões sobre as variações na abundância e na pesca, destas espécies no estuário, que carecem de respostas. Para estudos futuros recomenda-se:

- ✓ Analisar possíveis influências da granulometria, da disponibilidade de matéria orgânica no substrato, da vegetação emergente das marismas e da presença macroalgas, na distribuição e abundância dos organismos.
- ✓ Testar o método de coleta através de sucção, descrito por Orth & van Montfrans (1987), nas áreas ocupadas por vegetação submersa e emergente.
- ✓ Investigar o recrutamento e a migração do camarão-rosa no estuário estabelecendo comparações com a produção pesqueira.
- ✓ Traçar desenhos amostrais que permitam analisar possíveis variações anuais de curta, média e longa escalas na abundância, distribuição e pesca dos organismos no estuário.
- ✓ Analisar a variação da abundância em função da largura da carapaça dos indivíduos do siri-azul.
- ✓ Investigar a captura do siri-azul como espécie alvo, assim como estudar o possível manejo aplicado pelos pescadores, na seleção dos indivíduos capturados incidentalmente.
- ✓ Analisar as capturas incidentais de peixes pelas redes de “saquinho”, na pesca do camarão-rosa.

7. LITERATURA CITADA

- ADNAN, AN, NR LONERAGAN & RM CONNOLLY. 2002. Variability of, and the influence of environmental factors on, the recruitment of postlarval and juvenile *Penaeus merguensis* in the Matang mangroves of Malaysia. Mar. Biol., 141 (2): 241-251.
- ALMEIDA, HLPS & F D'INCAO. 1999. Análise do esforço de pesca do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na Lagoa dos Patos, Brasil. Atlântica, 21: 77-92.
- ASMUS, ML. 1998. A planície costeira e a Lagoa dos Patos. In: SEELIGER, U, C ODEBRECHT & JP CASTELO (Eds.). Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil. Ecoscientia, Rio Grande, RS, pp. 9-12.
- BENEDET, RA, D DOLCI & F D'INCAO. 2010. Descrição técnica e modo de operação das artes de pesca artesanais do camarão-rosa no estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. 2010. Atlântica, 32(1) 5-24.
- BOESCH, FB & RE TURNER. 1984. Dependence of Fishery Species on Salt Marshes: The Role of Food and Refuge. Estuaries, 7 (4A): 460-468.
- BRANCO, JO & JR VERANI. 1998. Estudo populacional do camarão-rosa *Penaeus paulensis* Pérez Farfante (Natantia, Penaeidae) na Lagoa da Conceição, Santa Catarina, Brasil. Revta. Bras. Zool., 15 (2): 353-364.
- BULGER, AJ, TA LOWERY & ME MONACO. 1995. Estuarine-catchment: a life history strategy coupling marine and estuarine environments via coastal inlets. ELMR Rep. No. 14. NOAA/NOS Strategic Environmental Assessments Division, Silver Spring, EUA, 110 p.

- BURNHAM, PK & DR ANDERSON. 2002. Modelos Selection and Multi-Model Inference: a practical information - theoretic approach. Springer-Verlag, New York. 488p.
- CHÁZARO-OLVERA, S, I WINFIELD & V CORIA-OLVERA. 2009. Transport of *Farfantepenaeus aztecus* postlarvae in three lagoon-system inlets in the southwestern gulf of Mexico. *Crustaceana*, 82 (4): 425-437.
- CALAZANS, D. 1993. Key to the larvae and decapodids of genera of the infraorder Penaeidea from the southern Brazilian coast. *Nauplius*, 1: 45-62.
- COPERTINO, M & U SEELIGER. 2010. Habitats de *Ruppia maritima* e de macroalgas. In: SEELIGER, U & C ODEBRECHT (Eds.). O estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações. FURG, Rio Grande, Brasil, pp. 91-98.
- COSTA, CSB, U SEELIGER, CPL OLIVEIRA & AMM MAZO. 1997. Distribuição, funções e valores das marismas e pradarias submersas no estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil). *Atlântica*, 19: 67-85.
- COSTA, RC, M LOPES, AL CASTILHO, A FRANZOZO & SM SIMÕES. 2008. Abundance and distribution of juvenile Pink shrimps *Farfantepenaeus* spp. In a mangrove estuary and adjacent bay on the northern shore of São Paulo State, southeastern Brazil. *Inver. Rep. Dev.*, 52: 51-58.
- CSIRKE, J. 2005. Global production and state of marine fishery resources. In: Review of the state of world marine fishery resources. FAO Fish. Tech. Pap., 457:1-9.

- DALL, W, BJ HILL, PC ROTH LISBERG & DJ STAPLES. 1990. The biology of the penaeidae. *Advances in Marine Biology*. Academic Press, London. 489p.
- D'INCAO, F. 1984. Estudo sobre o crescimento de *Penaeus (Farfantepenaeus) paulensis* Pérez-Farfante, 1967, da Lagoa dos Patos, RS, Brasil (Decapoda, Penaeidae). *Atlântica*, 7: 73-84.
- D'INCAO, F. 1991. Pesca e biologia da *Penaeus paulensis* na Lagoa dos Patos, RS. *Atlântica*, 13 (1): 159-169.
- D'INCAO, F. 1999. Subordem Dendrobranchiata. In: Buckup, L. & Bond-Buckup, G. (Eds.). *Os Crustáceos do Rio Grande do Sul*. Universidade/UFRGS, Porto Alegre, 503p.
- D'INCAO, F, H VALENTINI & LF RODRIGUES. 2002. Avaliação da pesca de camarões nas regiões sudeste e sul do Brasil. *Atlântica*, 24 (2): 103-116.
- D'INCAO, F & LFC DUMONT. 2010. A comunidade de crustáceos decápodes. In: SEELIGER, U & C ODEBRECHT (Eds.). *O estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações*. FURG, Rio Grande, RS, pp. 117-122.
- DUMONT, LFC & F D'INCAO. 2011 By-catch analysis of Argentinean prawn *Artemesia longinaris* (Decapoda:Penaeidae) in surrounding area of Patos Lagoon, Southern Brazil: effects of diferente rainfall. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.*, 91(5): 1059-1072.
- EPIFANIO, CE. 2007. Biology of larvae. In: KENNEDY, VS & LE CRONIN (Eds.). *The blue crab *Callinectes sapidus**. Maryland Sea Grant College, Maryland, United States of America, pp 513-534.

- EJF. 2003. Squandering the Seas: How shrimp trawling is threatening ecological integrity and food security around the world? Environmental Justice Foundation, London, 48p.
- FAO. 2012. The State of World Fisheries and Aquaculture 2012. Rome. 209 pp.
- FERNANDES, EH, KR DYER & OO MOLLER. 2005. Spatial gradients in the flow of Southern Patos Lagoon. J. Coastal Res., 20: 102-112.
- FERNANDES, EHL, IO MONTEIRO & OO MOLLER. 2007. On the dynamics of mangueira bay - Patos Lagoon (Brazil). J. Coastal Res., 47: 96-106.
- FERREIRA, LS. 2007. Pesca Artesanal do Siri-azul *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) (Crustácea: Decapoda: Portunidae) no estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande, Brasil, 82p.
- FERREIRA, NC & AS FREIRE. 2009. Spatio-temporal variation of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) associated to the seasonal overture of the sandbar in a subtropical lagoon. Iheringia, Sér. Zool., 99 (4): 390-396.
- GARCIA, AM, JP VIEIRA, CE BEMVENUTI & RM GERALDI. 1996. Abundância e diversidade da assembleia de crustáceos decápodos dentro e fora de uma pradaria de *Ruppia maritima* no estuário da Lagoa dos Patos (RS-Brasil). Nauplius, 4: 113-128.
- GARCIA, S & L LE RESTE. 1981. Lyfes cycles, dynamics, explotation and managment of coastal penaeid shrimp stocks. FAO Fish. Tech. Paper, 203: 1-215.

- GIANUCA, D, AT GIANUCA & CM VOOREN. 2012. Abundance, breeding and food of the Little Blue Heron *Egretta caerulea* (Aves, Ardeidae) in the Patos Lagoon estuary, a recently colonized area in southern Brazil. *Iheringia, Sér. Zool.*, 102(1): 19-25.
- HAIR, JF, WC Black, BJ Babin & RE Anderson. 2009. *Multivariate Data Analysis*. 7th edition. New Jersey: Prentice Hall, Upper Saddle River.
- HALL, MA, DL ALVERSON & KI METUZALS. 2000 By-catch: Problems and solutions. *Mar.Pollut. Bull.*, 41: 204-219.
- HALL, SJ & BM MAINPRIZE. 2005 Managing by-catch and discards: how much progress are we making and how can we do better? *Fish and Fisheries*, 6: 134-155.
- HAMMER, O, DAT HARPER & PD RYAN. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4 (1) : 1-9.
- HAYWOOD, MDE, DJ VANCE & NR LONERAGAN. 1995. Seagrass and algal beds as nursery habitats for tiger prawns (*Penaeus semisulcatus* and *P. esculentus*) in a tropical Australian estuary. *Mar. Biol.*, 122: 213-223.
- HECK JR, KL, G HAYS & RJ ORTH. 2003. Critical evaluation of the nursery role hypothesis for seagrass meadows. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 253: 123-136.
- HINES, AH, RN LIPCIUS, & AM HADDON. 1987. Population dynamics and habitat partitioning by size, sex, and molt stage of blue crabs *Callinectes sapidus* in a subestuary of central Chesapeake Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 36: 55-64.

- HOTHORN, T, F BRETZ & P WESTFALL. 2008. Simultaneous inference in general parametric models. Department of Statistics University of Munich, Technical Report Number 19.
- HOVEL, AK & RN LIPCIUS. 2002. Effects of seagrass habitat fragmentation on juvenile blue crab survival and abundance. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 271: 75-98.
- IWAI, M. 1978. Desenvolvimento larval e pós-larval de *Penaeus* (Melicertus) *paulensis* Pérez Farfante, 1967 e o ciclo de vida dos camarões do gênero *Penaeus* da região centro-sul do Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Brasil, 137p.
- JORGENSEN, P, CE BEMVENUTI & CM HEREU. 2009. Feeding of *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) (Crustacea: Penaeidae) inside and outside experimental pen-culture in southern Brazil. Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 4 (1): 39-51.
- KALIKOSKI, DC & M VASCONCELLOS. 2013. Estudo das condições técnicas, econômicas e ambientais da pesca de pequena escala no estuário da Lagoa dos Patos, Brasil: uma metodologia de avaliação. FAO, Circular de Pesca e Aquicultura, Roma, No. 1075.
- KAPUSTA, SC & CE BEMVENUTI. 1998. Atividade nictimeral de alimentação de juvenis de *Callinectes sapidus*, Rathbun, 1895 (Decapoda: Portunidae) numa pradaria de *Ruppia maritima* L. e num plano não vegetado, numa enseada estuarina da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Nauplius, 6:41-52.
- KENNEDY, VS & LE CRONIN. 2007. The blue crab *Callinectes sapidus*. Maryland Sea Grant, 774P.

- KJERFVE, B. 1986. Comparative oceanography of coastal lagoons. In: WOLFE, DA (ed.). Estuarine variability. Academic Press, New York, pp. 63-81.
- LHOMME, F. 1992. Recruitment of postlarvae of the shrimp *Penaeus-subtilis* (Perez Farfante, 1967) in 2 estuaries of French-Guiana. Annales de l'Institut Océanographique, 68 (1-2): 169-178.
- LIMA, BB & G VELASCO. 2012. Estudo piloto sobre o autoconsumo de pescado entre pescadores artesanais no estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Bol. Inst. Pesca, 38(4): 357-367.
- LIPCIUS, RN, RD SEITZ, MS SEEBO & D COLÓN-CARRIÓN. 2005. Density, abundance and survival of the blue crab in seagrass and unstructured salt marsh nurseries of Chesapeake Bay. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 319: 69-80.
- LOEBMANN, D & JP VIEIRA. 2006. O impacto da pesca do camarão-rosa *Farfantepeneaus paulensis* (Peres-Farfante) (Decapoda, Penaeidae) nas assembléias de peixes e siris do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, Rio Grande do Sul, Brasil. Revta. Bras. Zool., 23(4): 1016-1028.
- LÜCHMANN, KH, AS FREIRE, NC FERREIRA, FG DAURA-JORGE & MRF MARQUES. 2008. Spatial and temporal variations in abundance and biomass of panaeid shrimps in the subtropical Conceição Lagoon, Southern Brazil. J. Mar. Biol. Assoc. UK., 88 (2): 293-299.
- MCCULLAGH, P & JA NELDER. 1989. Generalized Linear Models. Chapman and Hall, New York, 511p.
- MARQUES, WM. 1997. Estimativa da rejeição da pesca do camarão-rosa *Penaeus paulensis* com "Aviãozinho" no estuário da Lagoa dos Patos

- (RS) Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande, Brasil, 102p.
- MARTINS, IM, JM DIAS, EH FERNANDES & JH MUELBERT. 2007. Numerical modelling of fish eggs dispersion at the Patos Lagoon estuary – Brazil. J. Marine Syst., 68 (2007): 537-555.
- MELO, GAS. 1996. Manual de Identificação dos Brachyura (Caranguejos e Siris) do Litoral Brasileiro. Plêiade, São Paulo, 603p.
- MENDONÇA, JT, JR VERANI & N NORDI. 2010. Evaluation and management of blue crab *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) (Decapoda - Portunidae) fishery in the Estuary of Cananéia, Iguape and Ilha Comprida, São Paulo, Brazil. Braz. J. Biol., 70(1): 37-45.
- MOHAN, R, V SELVAM & J AZARIAH. 1995. Temporal distribution and abundance of shrimp postlarvae and juveniles in the mangroves of Muthupet, Tamilnadu, India. Hydrobiologia, 295: 183-191.
- MÖLLER, OO, JP CASTELO & NA VAZ. 2009. The effect of river discharge and winds on the interannual variability of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* production in Patos Lagoon. Estuaries and Coasts, 32(4): 787-796.
- OLIVEIRA, A, KT PINTO, DPD SANTOS & F D'INCAO. 2006. Dieta natural do siri-azul *Callinectes sapidus* (Decapoda, Portunidae) na região estuarina da Lagoa dos Patos, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. Iheringia, Sér. Zool., 96(3):305-313.
- ORTH, RJ & J VAN MONTFRANS. 1987. Utilization of a seagrass meadow and tidal marsh creek by blue crabs *Callinectes sapidus*. I. Seasonal and

- annual variations in abundance with emphasis on post-settlement juveniles. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 41: 283-294.
- PEREIRA, N & F D'INCAO. 2012. Relationship between rainfall, pink shrimp harvest (*Farfantepenaeus paulensis*) and adult stock, associated with El Niño and La Niña phenomena in Patos Lagoon, southern Brazil. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.*, 92(7): 1451-1456.
- PÉREZ-CASTAÑEDA, R & O DEFEO. 2001. Population variability of four sympatric Penaeid shrimps (*Farfantepenaeus* spp.) in a Tropical Coastal Lagoon of Mexico. *Estuar. Coast. Shelf S.*, 52: 631-641.
- PÉREZ-CASTAÑEDA, R & O DEFEO. 2004. Spatial distribution and structure along ecological gradients: penaeid shrimps in a tropical estuarine habitat of Mexico. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 273: 173-185.
- PÉREZ-CASTAÑEDA, R, Z BLANCO-MARTÍNEZ, JG SÁNCHEZ-MARTINEZ, JL RÁBAGO-CASTRO, G AGUIRRE-GUZMÁN & ML VÁSQUEZ-SAUCEDA. 2010. Distribution of *Farfantepenaeus aztecus* and *F. dourarum* on submerged aquatic vegetation habitats along a subtropical coastal lagoon (Laguna Madre, Mexico). *J. Mar. Biol. Assoc. UK.*, 90(03): 445-452.
- POSEY, MH, TD ALPHIN, H HARWELL & B ALLEN. 2005. Importance of low salinity areas for juvenile blue crabs, *Callinectes sapidus* Rathbun, in river-dominated estuaries of southeastern United States. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 319: 81-100.

- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2013. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Disponível em <http://www.R-project.org>.
- RENFRO, WC. 1963. Small beam net for sampling postlarval shrimp. Circular United States Department of Fisheries and Wildlife Service, 161: 86-87.
- RODRIGUES, MA & F D'INCAO. 2008. Comparação do crescimento entre *Callinectes sapidus* (Crustacea, Decapoda, Portunidae) coletados em campo e mantidos em condições controladas. Iheringia, Sér. Zool., 98(3): 372-378.
- RODRIGUES, MA. 2012. Identificação baseada em mtDNA, recrutamento e dinâmica reprodutiva de *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896). Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande, Brasil, 131p.
- RODRIGUES, MA & F D'INCAO. 2014. Biologia reprodutiva do siri-azul *Callinectes sapidus* no estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Bol. Inst. Pesca, 40(2): 223-236.
- RUAS, VM. 2010. Aspectos pesqueiros, recrutamento e crescimento do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez Farfante 1967) no estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande, RS. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande, Brasil, 104p.
- RUAS, VM, LF DUMONT & F D'INCAO. 2011. Avaliação do tamanho de captura e estimativa da abundância do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez Farfante 1967) no entorno da Ilha dos Marinheiros, estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Atlântica, 33(2): 161-172.

- RUAS, VM, MA RODRIGUES, LFC DUMONT & F D'INCAO. 2014. Habitat selection of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* and the blue crab *Callinectes sapidus* in an estuary in southern Brazil: influence of salinity and submerged seagrass meadows. *Nauplius*, 22(2): 113-125.
- SÁNCHEZ, AJ. 1997. Habitat preference of *Penaeus duorarum* Burkenroad (Crustacea: Decapoda) in a tropical coastal lagoon, southwest Gulf of Mexico. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 217: 107-117.
- SAOUD, P & DA DAVIS. 2003. Salinity tolerance of brown shrimp *Farfantepenaeus aztecus* as it relates to postlarval and juvenile survival, distribution, and growth in estuaries. *Estuaries*, 26 (4A): 970-974.
- SEVERINO-RODRIGUES, E, JB PITA & R GRAÇA-LOPES. 2001. Pesca artesanal de siris (Crustacea, Decapoda, Portunidae) na região estuarina de Santos e São Vicente (SP), Brasil. *Bol. Inst. Pesca*, 27 (1): 7-19.
- SILVA, E, N CALAZANS, M SOARES, R SOARES & S PEIXOTO. 2010. Effect of salinity on survival, growth, food consumption and haemolymph osmolality of the pink shrimp *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967). *Aquaculture*, 306: 352-356.
- SOARES, RB. 1999. Análise do desenvolvimento e crescimento de megalopas do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em laboratório e resultados preliminares sobre seu assentamento no estuário da Lagoa dos Patos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande, Brasil, 129p.

- STAGG, C & M WHILDEN. 1997 The history of Chesapeake Bay's blue crab (*Callinectes sapidus*): fisheries and management. Invest. Mar. Valparaíso, 25: 93-104.
- STAPLES, DJ. 1980. Ecology of juvenile and adolescent banana prawns, *Penaeus merguensis*, in a mangrove estuary and adjacent off-shore area of the Gulf of Carpentaria. I. immigration and settlement of postlarvae. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 31(5): 635-652.
- TSUZUKI, MY, RO CAVALLI & A BIANCHINI. 2000. The effects of temperature, age, and acclimation to salinity on the survival of *Farfantepenaeus paulensis* postlarvae. J. World Aquacult. Soc., 31(3): 459-468.
- VANCE, DJ, MDE HAYWOOD, DS HEALES, RA KENYON & NR LONERAGAN. 1998. Seasonal and annual variation in abundance of postlarval and juvenile banana prawns *Penaeus merguensis* and environmental variation in two estuaries in tropical northeastern Australia: a six year study. Mar. Ecol. Prog. Ser., 163: 21-36.
- VIANNA, M & F D'INCAO. 2006. Evaluation of by-catch reduction devices for use in the artisanal pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) fishery in Patos Lagoon, Brazil. *Fish. Res.*, 81: 331-336.
- VIEIRA, JP, MC VASCONCELOS, REE SILVA & IGF FISCHER. 1996. A rejeição da pesca do camarão-rosa (*Penaeus paulensis*) no estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. *Atlântica*, 18: 123-142.
- VIEIRA, RRR & DK CALAZANS. 2010. Chave ilustrada para identificação das zoés de Brachyura do estuário da Lagoa dos Patos (RS) e região costeira adjacente. *Biota neotropica*, 10(3): 431-437.

- WILLIAMS, AH, LD COEN & MS STOELTING. 1990. Seasonal abundance, distribution, and habitat selection of juvenile *Callinectes sapidus* (Rathbun) in the northern Gulf of Mexico. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 137: 165-183
- YOUNG, PC, & SM CARPENTER. 1977. Recruitment of postlarval Penaeid prawns to nursery areas in Moreton Bay, Queensland Australian Journal Marine Freshwater Research, 28: 745-773.

8. ANEXOS

8.1. Anexo I

Habitat selection of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* and the blue crab *Callinectes sapidus* in an estuary in southern Brazil: influence of salinity and submerged seagrass meadows

Vinicius Mendes Ruas, Marcos Alaniz Rodrigues, Luiz Felipe Cestari Dumont &
Fernando D’Incao

Artigo publicado no periódico Nauplius

Habitat selection of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* and the blue crab *Callinectes sapidus* in an estuary in southern Brazil: influence of salinity and submerged seagrass meadows

Vinicius Mendes Ruas, Marcos Alaniz Rodrigues, Luiz Felipe Cestari Dumont and Fernando D’Incao

Federal University of Rio Grande (FURG) – Laboratory of Decapod Crustaceans. Rio Grande, RS, Brazil. CEP: 96201-900 – P.O. Box: 474. E-mail: ambiental.vm@gmail.com

Habitat selection of the pink shrimp and the blue crab.

ABSTRACT

This study was conducted in two estuarine inlets (Saco da Mangueira and Saco do Arraial) at the Patos Lagoon estuary, southern Brazil. The changes in relative abundance and size of post-larvae and juvenile shrimp *Farfantepenaeus paulensis* and juvenile blue crab *Callinectes sapidus* were compared, considering the influence of salinity and the presence of submerged seagrass meadows. The analyses were performed using generalized linear models (GLM) for abundance variations and ANOVA for variations on the size of individuals. The pink shrimp was more abundant at Saco da Mangueira, in seagrass meadows and areas of higher salinity. The blue crab was more abundant at Saco do Arraial and in lower levels of salinity. The importance of submerged vegetation for the blue crab lies in a preference of smaller crabs of

the species for the seagrass meadows. It has been shown that these species choose different habitats in the estuary, and both the salinity and the presence of submerged seagrass meadows influence the selection of habitat.

KEY WORDS: Patos Lagoon; GLM; submerged vegetation; crustaceans.

INTRODUCTION

The pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez Farfante, 1967) and the blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 are estuarine during part of their life cycle, i.e., post-larvae and juvenile pink shrimp and the stages of zoea, megalopa, juvenile and adult of the blue crab (Hines *et al.*, 1987; Bulger *et al.*, 1995; D’Incao, 1991; Costa *et al.*, 2008; Rodrigues & D’Incao, 2008; Vieira & Calazans, 2010; Rodrigues & D’Incao, 2014). The entry of these organisms into estuaries follows the patterns observed in other species of penaeids and also blue crabs from other coastal regions (D’Incao, 1991; Lhomme, 1992; Bulger *et al.*, 1995; Epifanio, 2007; Cházaro-Olvera *et al.*, 2009). These species are considered important links in the food web that exert strong predation pressure on benthic invertebrates (Kapusta & Bemvenuti, 1998; Oliveira *et al.*, 2006; Jorgensen *et al.*, 2009). Besides providing great ecological value, they also represent a significant source of income for fishermen due to their high commercial value (D’Incao *et al.*, 2002; Kalikoski & Vasconcellos, 2013).

The salinity decrease in estuaries is a limiting factor for distribution and abundance of *Melicertus plebejus* (Hess, 1865) and *Fenneropenaeus merguensis* (De Man, 1888) post-larvae (Young & Carpenter, 1977; Vance *et*

al., 1998). However, the distribution of *F. paulensis* post-larvae to the innermost regions of estuaries has not been studied, and the influence of salinity is often associated with the abundance of juveniles and to fisheries production (D’Incao, 1991; Costa *et al.*, 2008; Möller *et al.*, 2009; Pereira & D’Incao, 2012). The distribution of pink shrimp in the Patos Lagoon estuary (Rio Grande do Sul state, Brazil) was investigated by D’Incao (1991), though a real quantification of possible spatial variations on the abundance of the species was not carried out. The author indicates the greatest abundance of the pink shrimp are found in the estuarine inlets, where supply of food is higher, and which provides refuge from predators. The spatial variations in relative abundance associated with fishery activities may indicate variations in the abundance of juveniles among the estuarine inlets (Ruas *et al.*, 2011).

As for the blue crab, important factors for habitat selection in estuaries of the coasts of Virginia and North Carolina and the Gulf of Mexico in the United States are intraspecific competition, search for food, protection from predators and salinity (Orth & van Montfrans, 1987; Williams *et al.*, 1990; Hovel & Lipcius, 2002; Lipcius, 2005; Posey *et al.*, 2005). Studies show that during the juvenile development the greatest abundance of the blue crab were found in lower salinities and that the use of different habitats is related to the size of the individuals (Orth & van Montfrans, 1987; Williams *et al.*, 1990; Posey *et al.*, 2005). Segregation by sex is a characteristic of this species and it is related to the reproductive behavior of female migration towards the entrance of the estuary after copulation to reach the ocean and spawn (Epifanio, 2007; Rodrigues & D’Incao, 2014). Male individuals reach low salinity areas of the

upper estuary (Epifanio, 2007; Rodrigues & D’Incao, 2014), though a possible habitat selection during the juvenile growth in the estuary still needs investigation.

In this context, it has been shown that the greatest abundance of post-larvae and juveniles of penaeid and blue crab are associated with the presence of submerged seagrass (Orth & van Montfrans, 1987; Williams *et al.*, 1990; Haywood *et al.*, 1995; Garcia *et al.*, 1996; Sánchez, 1997; Pérez-Castañeda & Defeo, 2001; 2004; Hovel & Lipcius, 2002; Heck Jr *et al.*, 2003; Lipcius, 2005; Pérez-Castañeda *et al.*, 2010). The structural complexity of phanerogams promotes the stabilization of the environment by attenuating currents and waves and of the sediment through increased deposition of organic and inorganic particles, as well as offering protection and a larger volume of high quality food (Perkins-Visser *et al.*, 1996; Lee *et al.*, 2007).

Seagrass can also be characterized as an important nursery environment (Heck Jr *et al.*, 2003). In a shallow inlet of the Patos Lagoon estuary, Garcia *et al.* (1996) observed the greatest abundance of juvenile pink shrimp and juvenile blue crab in the prairies of *Ruppia maritima* (Linnaeus, 1753), the dominant species in substrates with phanerogam vegetations (Copertino & Seeliger, 2010). The authors concluded that these habitats offer better feeding conditions for these crustaceans. It is noteworthy that Garcia *et al.* (1996) did not capture post-larvae, nor compared the size of the individuals, which could indicate a segregation by size showing the preference of the smallest crustaceans for a vegetated bottom that could offer protection (Williams *et al.*, 1990; Pérez-Castañeda & Defeo, 2001).

Therefore, this study investigated the habitat selection of post-larvae and juveniles of *F. paulensis* and juveniles of *C. sapidus* between two estuarine inlets in the Patos Lagoon by comparing possible variations in relative abundance and size. The effect of salinity and the presence of submerged seagrass meadows were analyzed.

MATERIAL AND METHODS

Area of study

The study was conducted in two shallow inlets from the low and middle Patos Lagoon estuary, called Saco da Mangueira (SM) and Saco do Arraial (SA) (Fig. 1). These areas have reduced circulation, sandy sediment and are among the main areas with submerged seagrass meadows (Copertino & Seeliger, 2010).

Data sampling and biometrics

The samples were collected during daytime every two weeks when prairies were available (from October 2010 to February 2011), in the prairie (vegetated - VE) and in another area adjacent to the prairie area, but unvegetated (UVE). The samples were collected on the same day in the two inlets at locations with depth less than 1.5 meters.

First, the samples were collected with an adapted trawl net, using a bagger with a mesh size of 500 μ adapted to the rear end and a net with a 5 mm-distance between knots (Renfro, 1963). The net opening was rigid and measured 1.8 m. Each trawling had an extension of 40 m. At each collection

point two trawlings were conducted in the VE area, and two in the UVE area. To minimize the effect of the boat close to the trawling locations, the engine was turned off and the displacement of the boat was done with an oar. At the sampling site, the fishing net was placed in the water and the cable stretched to reach the mark of 40 meters. After that, the boat was anchored to prevent variation in the trawling distance, and the trawl net was drawn manually. In addition, the salinity level was checked during each trawling through a mini portable probe YSI 556 MPS model. The collected material was stored in properly labeled plastic bags, containing 4% formaldehyde.

The samples were washed under running water with a sieve of 500 μ , separated and identified in the level of species according to Melo (1996) and D’Incao (1999). The pink shrimp post-larvae were identified according to Calazans (1993). In this study, post-larvae were considered as the shrimp with up to 3 mm of carapace length, and shrimps above this size were classified as juveniles (Haywood *et al.*, 1995). The relative abundance of each species was determined by counting the organisms from each trawling.

Millimetrical measurements of the post-larvae carapace length (CL), from the orbital angle to the dorsal edge of the carapace, were obtained with a stereomicroscope equipped with an ocular micrometer and CL of juvenile pink shrimp were obtained using a caliper (0.1 mm). Millimetrical measurements of carapace width (CW) of juvenile blue crab were obtained between the first anterolateral spines of the carapace with a caliper.

Data Analysis

The analyses were performed with the software R (version 3.0.1; R. Development Core Team, 2013). Abundance was modeled using Generalized Linear Models (GLM) with the family of negative binomial distribution that allows the incorporation of the overdispersion, which is typical of count data (McCullagh & Nelder, 1989). The presence of submerged vegetation (VE or UVE), the sampling site (SM or SA) and the salinity are the explaining variables on the abundance of organisms. These models were applied to analyze possible variations on the abundance (response variable) for the pink shrimp (post-larvae and juveniles) and for the blue crab.

The selection criteria for the best model was based on the choice of the lowest value for AIC – Akaike's Information Criteria (Burnham & Anderson, 2002). To detect models with equivalent predictive capacity, the value of Δ_i was used, which is the difference between the AIC of a model "i" and the lower AIC value found ($\Delta_i = AIC_i - AIC_{low}$) (Burnham & Anderson, 2002). Models with Δ_i between 0 and 2 are classified as indistinguishable from the best model; Δ_i between 4 and 7 are models with lower predictive quality, and models with Δ_i greater than 10 can be discarded as being unimportant (Burnham & Anderson, 2002). The models with Δ_i between 0 and 2 were selected and named as "PL" for post-larvae, "J" for juveniles of pink shrimp, and C for crabs.

The size of individuals was compared using CL and CW values. The statistical predictions were tested with the Durbin-Watson routines for addiction, Kolmogorov-Smirnov test for normality and Cochran test for homoscedasticity. The original values of CL were logarithm-transformed ($\text{Log}(\text{CL} + 1)$) for pink

shrimp, and square root-transformed for the CW of crabs ($\text{Sqrt}(\text{CW} + 3/8)$) (Zar, 1984). The calculated means are presented with the confidence interval of 95% (in parenthesis).

A factorial ANOVA type III for unbalanced data (Shaw & Mitchell-Olds, 1993; Quinn & Keough, 2002) was used to analyze variations on measurements, with the inlets (SM and SA values) and vegetation (VE and UVE values) as factors. After that, the significance of the data was tested with the Tukey test with a level of significance of 5% (Zar, 1984).

The ANOVA was used even when the homoscedasticity was not confirmed, because the analysis is robust to violations of this prediction (Zar, 1984). However, to minimize the chances of a type I error, a level of significance of 1% was used (Underwood, 1981).

RESULTS

Model selection and estimates of explicative variables

The number of post-larvae collected in SM was 39 (VE = 29; UVE = 10) and only five in SA (VE = 3; UVE = 2). Juvenile pink shrimp were also more abundant in SM, with a total of 479 individuals captured (VE = 317; UVE = 162), whereas 97 were captured in SA (VE = 62; UVE = 35). The greater abundance of post-larvae and juveniles occurred in the VE area of SM. Blue crabs were more abundant in SA where 301 individuals were captured (VE = 201; UVE = 100), whereas only 94 were captured in SM (VE = 42; UVE = 52). Two models to explain the variation on the relative abundance of the pink shrimp post-larvae were selected (PL1; PL2), together with one model for pink shrimp juveniles (J)

and one model for the blue crab (C) (Tab. 1). The estimates of the explanatory variables with their respective *p*-values are presented in Table 2.

The PL1 and PL2 models presented a positive coefficient for the variable "vegetVE" and also showed that the abundance of post-larvae was significantly higher (Tab. 2) in the vegetated area (Fig. 2). On the PL2 model, the positive coefficient of "inletSM" shows significant influence (Tab. 2), indicative of greater abundance of post-larvae on the SM inlet (Fig. 2). The higher salinity records occurred on SM (Fig. 3) with a mean of 14.58 (11.90 to 17.25), whereas the average salinity was 5.93 (3.16 to 8.69) in SA.

The J model showed a significantly positive coefficient for "salt", indicating that the abundance of juvenile pink shrimp increases as salinity increases, though this effect occurs mainly in the SM inlet as can be observed in Figure 3. This model showed an interaction between inlet and salinity to explain the variation of the abundance of the shrimps, showing a significantly negative coefficient for the variable "inletSA*salt". This interaction shows that the abundance of the juvenile shrimp does not increase with the salinity in the SA inlet. The highest abundances of the shrimp in the SA inlet occurred in salinities below 10 (Fig. 3). The low *p* value (Tab. 2) for the effect of vegetation on the abundance of juveniles in the J model shows a propensity of a higher abundance of the pink shrimp in vegetated areas, which is more evident in SM (Fig. 2).

The C model had a positive coefficient for "inletSA" and a negative coefficient for the interaction between "inletSA*salt". The relative abundance of crabs in the SA inlet was higher than in SM and the interaction indicated that

the abundance of these organisms decreased while salinity increased (Figs. 2 and 3). The model showed no significant influence on the presence of vegetation, however, the low p value (Tab. 2) for interaction "inletSA*veget" indicates that there is a tendency of crabs to be more abundant in the vegetated SA area (Fig. 2).

Size of individuals

The mean CL of shrimp harvested in SM was 7.59 mm (7.20 to 7.98) in VE and 7.58 mm (7.03 to 8.14) in UVE, whereas in SA it was 7.29 mm (6.40 to 8.19) in VE and 7.37 mm (6.18 to 8.55) in UVE (Fig. 4). The mean CW of blue crab in SM was 51.02 mm (45.01 to 57.04) in VE and 58.24 mm (52.92 to 63.57) in UVE, and in SA it was 25.95 mm (23.24 to 28.66) in VE and 36.11 mm (32.25 to 39.97) in UVE (Fig. 5).

The residual analysis of the transformed CL values for the pink shrimp showed that the data were independent ($p= 0.48$), normal ($p> 0.20$) and homoscedastic ($p= 0.41$). For the blue crab, data reached independency ($p= 0.77$) and normality ($p> 0.20$), but not homoscedasticity ($p= 0.00$).

The ANOVA applied to the CL of the shrimps showed no significant differences between the size of the individuals for the main effects (inlet and vegetation) or for the interaction of factors (vegetation*inlet) (Tab. 3). On the other hand, ANOVA results for the blue crabs showed that there were significant differences in the inlet and vegetation effects, but no interaction (Tab. 3).

The Tukey test showed that the average carapace width of the crabs was significantly different in the UVE of the SM when compared to VE and UVE of SA. In the vegetated area of SM, the average CW was only significantly different when compared with the average CW vegetated area of SA. There were significant differences between the VE and UVE areas of SA.

The highest mean values of blue crabs CW occurred in SM, and the highest mean length values recorded in this inlet were in UVE. Nevertheless, when comparing the VE and UVE areas of this inlet, there were no relevant differences in the size of individuals. The blue crabs showed significantly higher mean CW values in the VE area of SM than in the VE area of SA. In the SA inlet, where the lowest values were found, the mean carapace width of crabs was significantly lower in VE (Fig. 5).

DISCUSSION

Post-larvae and pink shrimp juveniles: inlets and salinity influence

Although in this work the models have not demonstrated salinity as an important variable to explain the variation on the abundance of post-larvae, the records of higher salinity in SM with significantly greater abundance of post-larvae indicate there was a more favorable scenario for the arrival and settlement of these organisms in this inlet. The entries of the pink shrimp *F. paulensis* post-larvae in the Patos Lagoon estuary are regulated by the intensity and direction of the wind and the freshwater discharge from the lagoon system (D’Incao, 1991; Möller *et al.*, 2009; Pereira and D’Incao, 2012). The strong flow of freshwater in high rainfall years generates a physical barrier preventing the

entrance of oceanic water and therefore the pink shrimp into the estuary (Möller *et al.*, 2009; Pereira & D’Incao, 2012). The same pattern of greater post-larvae abundance related to the flow of ocean water into the adjacent coastal systems and the entry of post-larvae shrimp into the estuary can be observed for other species of penaeid, such as *F. subtilis* (Pérez Farfante, 1967) and *F. aztecus* (Ives, 1891) (Lhomme, 1992; Cházaro-Olvera *et al.* 2009).

The greater abundance of post-larvae in SM, evidenced by PL2 model, may be due to the proximity of this inlet to the estuary connection with the ocean and also indicate the importance of shallow inlets in the lower estuary to the arrival and settlement of pink shrimp. In a similar way, post-larvae of *F. merguiensis* and *M. plebejus* tend to seek shallow areas as soon as they enter in the estuary (Young and Carpenter, 1977; Adnan *et al.*, 2002). The shallow inlets are recognised as important for the growth of pink shrimp because they can provide food and protection against predators (D’Incao, 1991). Moreover, it may suggest that the post-larvae in shallow inlets are protected against low tides that could carry them back to the ocean.

The models showed no significant difference in the abundance of juveniles between the inlets. That the lowest abundance of post-larvae was observed in the SA inlet may be evidence of migration of the pink shrimp during their growth phase in the estuary. This migration was mentioned by D’Incao (1991) as a consequence of the search for more favorable areas for feeding and protection. Almeida and D’Incao (1999) analyzed fishermen migrations to areas of greater production which shows indirectly the space and time variation on the shrimp abundance as presented by Ruas *et al.* (2011) for the artisanal

fishery. The theory that the shrimp displays migration patterns on the estuary during the juvenile phase was difficult to prove and there are no studies that show this effect or in which stage of development (post-larvae or juvenile) this behavior occurs.

The movement of post-larvae to other estuarine areas was related by Vance *et al.* (1998) to *F. merguiensis* where they demonstrate that the increase of rain causes the decrease of salinity, therefore inhibiting the distribution of post-larvae to the inner regions of the estuary. The author also emphasizes that the variation on abundance is a result of a combination of hydrodynamic processes and behavioral changes associated with the development of the species. Staples (1980) observed that post-larvae of *F. merguiensis* move from the substrate to the water column and migrate up the estuary by the influence of tidal flooding with higher salinity. As no significant differences were found in the abundance of juvenile pink shrimp between inlets, it is therefore possible to suggest that this ontogenic behavior is also displayed by the juvenile, as the lowest abundance of post-larvae collected in SA may indicate that the pink shrimp reach this inlet already in the juvenile stage.

Abundance of juveniles increased with salinity, and this was an expected result for the species in the Patos Lagoon estuary (D'Incao, 1991; Möller *et al.*, 2009). The result observed in SM may be influenced by a greater abundance and survival of post-larvae in this inlet, whose growth rate was maintained and juvenile abundance increased after a period of time. According to the salinity values recorded in this study, the SM salinity appears a more favorable condition for the survival of these organisms. According to Tsuzuki (1995), the

post-larvae that populate the Patos Lagoon are very tolerant to salinity variance, however the author demonstrated that the lowest mortality rates occurred in salinities above 10. D'Incao (1991) presented the preference of pink shrimp for a salinity of 10 in the Patos Lagoon estuary, and he also emphasizes that individuals can be found at salinities between 0 and 30. Costa *et al.* (2008), in an estuary of southeastern Brazil, showed the preference of juveniles for salinities above 15. This large tolerance can also be observed in our results since the effect of salinity on the abundance of juveniles in SA (interaction inletSA*salt) showed that the highest abundances occurred in this inlet in lower salinities (10).

The results obtained in this study showed that there is no significant difference in the size of shrimps, showing that there was no segregation by size classes of juveniles between the inlets during the study. Possible differences could be found with a larger time period for data sampling: a longer growth period of the species in the estuary (D'Incao, 1984); the migrations of larger individuals to the ocean (D'Incao, 1990) and the pressure of the fishery when it is allowed from February onwards (Ruas *et al.* 2011).

Blue crab: inlets and salinity influence

The models showed differences in the abundance of the blue crab *C. sapidus* between inlets, and showed that there was preference for the SA inlet. As demonstrated in other estuaries and in laboratory experiments, habitat selection by this species appears as a life strategy during its development, and the blue crabs select the most favorable areas for feeding, growth, survival,

protection from predators and avoidance of intraspecific competition and cannibalism (Orth and van Montfrans, 1987; Williams *et al.*, 1990; Posey *et al.*, 2005).

The effect of the interaction between the SA inlet and salinity on the abundance of the blue crab seems to indicate a possible explanation for the preference of these species for SA. The greatest abundance of crab in SA was found in lower salinities, showing that the water salinity may have an important role in these results. According to Posey *et al.* (2005), estuarine regions with low salinity can be considered a nursery ground for the blue crab due to the high abundance of small juveniles encountered in low salinities. When significant differences in carapace width (CW) were observed, it is possible to notice that the greatest abundance found in SA consisted of smaller individuals, and presumably younger than those found in SM. This is indicative of the use of SA as a nursery. The pursuit for areas with lower salinities can be associated with the growth of the species, and because these areas can provide protection against predators (Posey *et al.* 2005).

SA therefore proved to be an important area for juvenile *C. sapidus*. This result shows evidence of spatial segregation by size among individuals of the species in the estuary and that younger individuals may choose inlets that have favorable environmental conditions. The size segregation can occur in response to pressure and predation by competitive exclusion; smaller individuals were more vulnerable and occupy more protected areas (Williams *et al.*, 1990; Posey *et al.*, 2005). Segregation behavior to avoid competition for space and food was

mentioned by Rodrigues and D'Incao (2014), when the authors demonstrated a migration of adult males to the upper estuary and of females towards the ocean.

Submersed vegetation influence

In this study, two models (PL1 and PL2) showed that significantly higher abundances of post-larvae of the pink shrimp occurred in the presence of vegetation. The model J did not show the presence of vegetation as a significant factor, but the p value close to 0.05 indicates a tendency to find higher abundances in the prairie. These results show that there is a preference of the pink shrimp to settle on vegetated areas, as Garcia *et al.* (1996) had already demonstrated. However, the preference of post-larvae across the prairies is a new result for the species in question.

Haywood *et al.* (1995), even without identifying the mechanisms of settlement, highlights the importance of macrophyte as nurseries for post-larvae of *Penaeus semisulcatus* (De Haan, 1844) and *P. esculentus* (Haswell, 1879), and identifies for the latter species the preference for seagrass due to the type of food available. Nevertheless, there is no study that addresses the preference of post-larvae of *F. paulensis* in submerged vegetation. Despite this, a preference for seagrass habitats for settlement of megalopae of *C. sapidus* has been shown, where the attenuation of waves and currents across the prairies appears to be an important factor in habitat selection of megalopae. This is because it enables the active choice for seagrass meadows, allowing passive settlement (Orth and van Montfrans, 1987; Lipcius *et al.*, 2005). Thus, the post-

larvae of the pink shrimp could also find the same benefits found by these species to the settlement on the prairies.

The seagrass prairies can be characterized as an important nursery for shrimp and crabs considering the high density of post-larvae and juveniles, as well as increased survival and the growth rate of the individuals in these habitats (Heck Jr *et al.*, 2003). Inside the prairies, it is possible to find a greater quantity and quality of food, together with the fact that there is a lower energy expenditure and less time escaping from predators due to a lower predation pressure (Perkins-Visser *et al.*, 1996). However, the function of the protection offered by prairies to these animals in the Patos Lagoon estuary is questioned by Garcia *et al.* (1996). Low water transparency, a remarkable feature of the estuary, have a negative effect of predation on these crustaceans, and search for food may be the main factor explaining the greater abundance of decapods within the prairie (Garcia *et al.* 1996).

The pink shrimp is omnivorous and their diet includes plant fragments and detritus, and as they grow, the consumption shifts toward a predating behavior over benthic invertebrates (Albertoni *et al.* 2003, Soares *et al.* 2005, Jorgensen *et al.*, 2009). Intake of plants, mostly by smaller individuals, may not directly represent a food resource but rather be associated with ingestion of small organisms attached to leaves of seagrass (Soares *et al.*, 2008; Jorgensen *et al.*, 2009). Therefore, the feeding habits and the search for food associated with prairies may justify the preference of juveniles for these habitats as suggested by Garcia *et al.* (1996). This feeding behavior may also explain the greatest abundance of post-larvae in vegetated funds.

The protection offered by vegetated areas in the estuary should also be considered as potentially influential in habitat selection by juveniles and smaller individuals, mainly by post-larvae, presumably because they are more vulnerable to predation. Studies with species of the genus *Farfantepenaeus* showed that there is a spatial segregation in the distribution of shrimp, and the greatest abundance of recruits (CL < 8.0 mm) and juveniles were associated with vegetated areas in the search for protection, while the sub adults did not show habitat selection behavior (Pérez-Castañeda and Defeo, 2001). In this study, no significant differences were found in the size of shrimps between vegetated and non-vegetated areas. However, the greater abundance of post-larvae in the prairie indicate a possible preference of smaller organisms by vegetated area, which suggests the protective function performed by vegetation.

In this work, the models did not show the vegetated bottoms as a significant factor for the abundance of the blue crab. This is the opposite of what has been presented for the species in other estuaries (Orth and van Montfrans, 1987; Williams *et al.*, 1990) and in the Patos Lagoon (Garcia *et al.* 1996) that highlighted crabs' preference for this habitat. Nevertheless, when the differences found in CW of crabs between vegetated and unvegetated funds were analyzed, the submerged vegetation influenced the species, as the average size of individuals was lower in the prairie, indicating the preference of younger individuals by vegetation. The use of prairies and unvegetated areas for different size classes of blue crab can occur in response to predation pressure, where small individuals are found more frequently in dense prairies,

while larger individuals are more often found in less dense prairies and unvegetated areas (Williams *et al.*, 1990). In SM, where the highest averages of CW are found, no differences were found in the size of individuals between the vegetated and unvegetated bottom. It is possible to suggest that larger crabs are able to explore areas that offer less protection.

According to the feeding behavior, the blue crab is considered generalist-opportunistic (Kapusta and Bemvenuti, 1998) and their diet in the estuary is mainly composed of detritus (plant and animal remains not yet digested) and the bivalve *Erodona mactroides* (Oliveira *et al.*, 2006). Ontogenetic variation in feeding preference has already been observed, when the consumption of vegetation decreases as the individuals grow (Kapusta and Bemvenuti, 1998). Grasslands are safer habitats for younger animals against predation, providing protection for juveniles smaller than 25 mm of CW (Lipcius *et al.*, 2005). Juveniles greater than this size are less susceptible to predation and are able to explore unvegetated areas in search of food (Lipcius *et al.*, 2005). In contrast to the work of Garcia *et al.* (1996) it is suggested in this work that in addition to searching for food, the blue crab can find an environment that favors protection from predators in the prairies of submerged vegetation in the Patos Lagoon estuary. However, for best results it is suggested that future works take into account the variation of abundance as a function of carapace width of individuals.

The results of this study indicate that the pink shrimp *F. paulensis* and blue crab *C. sapidus* have an ontogenic habitat preference in the Patos Lagoon estuary and the salinity and the presence of submerged seagrass prairies

influence the abundance and size of individuals. Although the results of this study confirm previous observations on the importance of prairies submerged vegetation to shrimps and blue crab, the preference of post-larvae and juveniles of the blue crab individuals across the prairie is a new result for the Patos Lagoon estuary. Thus, in addition to higher food supply in the prairies, they also search for protection as they are presumably more vulnerable to predation.

ACKNOWLEDGEMENTS

Authors are grateful to CAPES for the scholarship granted to the first author, and to the Laboratory of Decapod Crustaceans – Federal University of Rio Grande (FURG), where the study was conducted. Authors also gratefully acknowledge the contributions to English language revision of Emeline Pereira Gusmão and Eric Hoddy.

REFERENCES

- Adnan, A.N.; Loneragan, N.R. and Connolly R.M. 2002. Variability of, and the influence of environmental factors on, the recruitment of postlarval and juvenile *Penaeus merguensis* in the Matang mangroves of Malaysia. *Marine Biology*, 141(2): 241-251.
- Albertoni, E.F.; Palma-Silva, C. and Esteves, F.A. 2003. Natural diet of three species of shrimp in a tropical coastal lagoon. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 46(3): 395-403.

- Almeida, H.L.P.S. and D’Incao, F. 1999. Análise do esforço de pesca do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na Lagoa dos Patos, Brasil. *Atlântica*, 21: 77-92.
- Bulger, A.J.; Lowery, T.A. and Monaco, M.E. 1995. Estuarine-catadromy: a life history strategy coupling marine and estuarine environments via coastal inlets. ELMR Rep. No. 14. NOAA/NOS Strategic Environmental Assessments Division, Silver Spring, EUA, 110 p.
- Burnham, P.K. and Anderson, D.R. 2002. Modelos Selection and Multi-Model Inference : a practical information - theoretic approach. Springer-Verlag, New York. 488p.
- Calazans, D. 1993. Key to the larvae and decapodids of genera of the infraorder Penaeidea from the southern Brazilian coast. *Nauplius*, 1:45-62.
- Cházaro-Olvera, S.; Winfield, I. and Coria-Olvera, V. 2009. Transport of *Farfantepenaeus aztecus* postlarvae in three lagoon-system inlets in the southwestern gulf of Mexico. *Crustaceana*, 82(4): 425-437.
- Copertino, M. and Seeliger, U. 2010. Habitats de *Ruppia maritima* e de macroalgas. In: Seeliger, U. and Odebrecht, C. (Eds.). O estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações. FURG, Rio Grande, Brasil, 179p.
- Costa, R.C.; Lopes, M.; Castilho, A.L.; Fransozo, A. and Simões, S.M. 2008. Abundance and distribution of juvenile Pink shrimps *Farfantepenaeus* spp. In a mangrove estuary and adjacent bay on the northern shore of São Paulo State, southeastern Brazil. *Invertebrate Reproduction and Development*, 52: 51-58.

- D’Incao, F. 1984. Estudo sobre o crescimento de *Penaeus (Farfantepenaeus) paulensis* Pérez-Farfante, 1967, da Lagoa dos Patos, RS, Brasil (Decapoda, Penaeidae). *Atlântica*, 7: 73-84.
- D’Incao, F. 1990. Mortalidade de *Penaeus (Farfantepenaeus) paulensis* Pérez Farfante, 1967 no estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil (Crustacea, Penaeidae). *Atlântica*, 12(2): 31-51
- D’Incao, F. 1991. Pesca e biologia da *Penaeus paulensis* na Lagoa dos Patos, RS. *Atlântica*, 13(1): 159-169.
- D’Incao, F. 1999. Subordem Dendrobranchiata. In: Buckup, L. and Bond-Buckup, G. (Eds.). Os Crustáceos do Rio Grande do Sul. Universidade/UFRGS, Porto Alegre, 503p.
- D’Incao, F.; Valentini, H. and Rodrigues, L.F. 2002. Avaliação da pesca de camarões nas regiões sudeste e sul do Brasil. *Atlântica*, 24(2): 103-116.
- Epifanio, C.E. 2007. Biology of larvae. In: Kennedy, V.S. and Cronin, L.E. (Eds.). The blue crab *Callinectes sapidus*. Maryland Sea Grant College, Maryland, United States of America, 774p.
- Garcia, A.M.; Vieira, J.P.; Bemvenuti, C.E. and Geraldi, R.M. 1996. Abundância e diversidade da assembléia de crustáceos decápodos dentro e fora de uma pradaria de *Ruppia maritima* no estuário da Lagoa dos Patos (RS-Brasil). *Nauplius*, 4:113-128.
- Haywood, M.D.E.; Vance, D.J. and Loneragan, N.R. 1995. Seagrass and algal beds as nursery habitats for tiger prawns (*Penaeus semisulcatus* and *P. esculentus*) in a tropical Australian estuary. *Marine Biology*, 122: 213–223.

- Heck Jr., K.L.; Hays, G. and Orth, R. J. 2003. Critical evaluation of the nursery role hypothesis for seagrass meadows. *Marine Ecology Progress Series*, 253: 123-136.
- Hines, A.H.; Lipcius, R.N. and Haddon, A.M. 1987. Population dynamics and habitat partitioning by size, sex, and molt stage of blue crabs *Callinectes sapidus* in a subestuary of central Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series*, 36: 55-64.
- Hovel, A.K. and Lipcius, R.N. 2002. Effects of seagrass habitat fragmentation on juvenile blue crab survival and abundance. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 271: 75-98.
- Jorgensen, P.; Bemvenuti, C.E. and Hereu, C.M. 2009. Feeding of *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) (Crustacea: Penaeidae) inside and outside experimental pen-culture in southern Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 4(1): 39-51.
- Kalikoski, D.C. and Vasconcellos, M. 2013. Estudo das condições técnicas, econômicas e ambientais da pesca de pequena escala no estuário da Lagoa dos Patos, Brasil: uma metodologia de avaliação. FAO, Circular de Pesca e Aquicultura No. 1075, Roma, 200p.
- Kapusta, S.C. and Bemvenuti, C.E. 1998. Atividade nictimeral de alimentação de juvenis de *Callinectes sapidus*, Rathbun, 1895 (Decapoda: Portunidae) numa pradaria de *Ruppia maritima* L. e num plano não vegetado, numa enseada estuarina da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. *Nauplius*, 6:41-52.

- Lee, K.S.; Park, S.R. and Kim, Y. K. 2007. Effects of irradiance, temperature, and nutrients on growth dynamics of seagrasses: A review. *Journal of Experimental Biology and Ecology*, 350: 144-175.
- Lhomme, F. 1992. Recruitment of postlarvae of the shrimp *Penaeus-subtilis* (Perez Farfante, 1967) in 2 estuaries of French-Guiana. *Annales de l'Institut Océanographique*, 68(1-2): 169-178.
- Lipcius, R.N.; Seitz, R.D.; Seebo, M.S. and Colón-Carrión, D. 2005. Density, abundance and survival of the blue crab in seagrass and unstructured salt marsh nurseries of Chesapeake Bay. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 319: 69–80.
- McCullagh, P. and Nelder, J.A. 1989. Generalized Linear Models. Chapman and Hall, New York, 511p.
- Melo, G.A.S. 1996. Manual de Identificação dos Brachyura (Caranguejos e Siris) do Litoral Brasileiro. Plêiade, São Paulo, 603p.
- Möller, O.O.; Castelo, J.P. and Vaz, N.A. 2009. The effect of river discharge and winds on the interannual variability of the Pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* production in Patos Lagoon. *Estuaries and Coasts*, 32(4): 787-796.
- Oliveira, A.; Pinto, K.T.; Santos, D.P.D. and D'Incao, F. 2006. Dieta natural do siri-azul *Callinectes sapidus* (Decapoda, Portunidae) na região estuarina da Lagoa dos Patos, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Zoológica*, 96(3):305-313.
- Orth, R.J. and van Montfrans, J. 1987. Utilization of a seagrass meadow and tidal marsh creek by blue crabs *Callinectes sapidus*. I. Seasonal and annual

- variations in abundance with emphasis on post-settlement juveniles. *Marine Ecology Progress Series*, 41: 283-294.
- Pereira, N. and D’Incao, F. 2012. Relationship between rainfall, pink shrimp harvest (*Farfantepenaeus paulensis*) and adult stock, associated with El Niño and La Niña phenomena in Patos Lagoon, southern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 92(7): 1451-1456.
- Pérez-Castañeda, R. and Defeo, O. 2001. Population variability of four sympatric Penaeid shrimps (*Farfantepenaeus* spp.) in a Tropical Coastal Lagoon of Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 52: 631–641.
- Pérez-Castañeda, R. and Defeo, O. 2004. Spatial distribution and structure along ecological gradients: penaeid shrimps in a tropical estuarine habitat of Mexico. *Marine Ecology Progress Series*, 273: 173–185.
- Pérez-Castañeda, R.; Blanco-Martínez, Z.; Sánchez-Martínez, J.G.; Rábago-Castro, J.L.; Aguirre-Guzmán, G. and Vásquez-Sauceda, M.L. 2010. Distribution of *Farfantepenaeus aztecus* and *F. dourarum* on submerged aquatic vegetation habitats along a subtropical coastal lagoon (Laguna Madre, Mexico). *Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom*, 90(03): 445-452.
- Perkins-Visser, E.; Wolcotth, T.G. and Wolcotth, D.L. 1996. Nursery role of seagrass beds: enhanced growth of juvenile blue crabs (*Callinectes sapidus* Rathbun). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 198: (155-173).
- Posey, M.H.; Alphin, T.D.; Harwell, H. and Allen, B. 2005. Importance of low salinity areas for juvenile blue crabs, *Callinectes sapidus* Rathbun, in river-

- dominated estuaries of southeastern United States. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 319: 81 – 100.
- Quinn, G.P. and Keough, M.J. 2002. Experimental Design and Data Analysis for Biologists. Cambridge, New York, 537p.
- R Development Core Team. 2013. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Disponível em <http://www.R-project.org>.
- Renfro, W.C. 1963. Small beam net for sampling postlarval shrimp. *Circular United States Department of Fisheries and Wildlife Service*, 161: 86-87.
- Rodrigues, M.A. and D'Incao, F. 2008. Comparação do crescimento entre *Callinectes sapidus* (Crustacea, Decapoda, Portunidae) coletados em campo e mantidos em condições controladas. *Iheringia, Série Zoológica*, 98(3): 372-378.
- Rodrigues, M.A. and D'Incao, F. 2014. Biologia reprodutiva do siri-azul *Callinectes sapidus* no estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. *Boletim do instituto de pesca*, 40(2): 223-236.
- Ruas, V.M.; Dumont, L.F. and D'Incao, F. 2011. Avaliação do tamanho de captura e estimativa da abundância do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez Farfante 1967) no entorno da Ilha dos Marinheiros, estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. *Atlântica*, 33(2): 161-172.
- Sánchez, A.J. 1997. Habitat preference of *Penaeus duorarum* Burkenroad (Crustacea: Decapoda) in a tropical coastal lagoon, southwest Gulf of Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 217: 107–117.

- Shaw, R.G. and Mitchell-Olds, T. 1993. Anova for unbalanced data: an overview. *Ecology*, 74(6): 1638-1645.
- Soares, R.; Peixoto, S.; Wasielesky, W. and D’Incao, F. 2005. Feeding rhythms and diet of *Farfantepenaeus paulensis* under pen culture in Patos Lagoon estuary, Brazil. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 322: 167-176.
- Soares, R.; Peixoto, S.; Wasielesky, W. and D’Incao, F. 2008. Effects of feeding plant material on growth and survival of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*. *Atlântica*, 30(1): 17-22.
- Staples, D.J. 1980. Ecology of juvenile and adolescent banana prawns, *Penaeus merguensis*, in a mangrove estuary and adjacent off-shore area of the Gulf of Carpentaria. I. immigration and settlement of postlarvae. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 31(5): 635-652.
- Tsuzuki, M. Y. 1995. Efeitos da temperatura e da salinidade na sobrevivência e crescimento de pós-larvas do camarão-rosa *Penaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) (Decapoda – Penaeidae). Master’s Thesis, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 125p.
- Underwood, A.J. 1981. Techniques of analysis of variance in experimental marine biology and ecology. *Oceanography and Marine Biology An Annual Review*, 19: 513-605.
- Vance, D.J.; Haywood, M.D.E.; Heales, D.S.; Kenyon, R.A. and Loneragan, N.R. 1998. Seasonal and annual variation in abundance of postlarval and juvenile banana prawns *Penaeus merguensis* and environmental variation

- in two estuaries in tropical northeastern Australia: a six year study. *Marine Ecology Progress Series*, 163: 21-36.
- Vieira, R.R.R. and Calazans, D.K. 2010. Chave ilustrada para identificação das zoés de Brachyura do estuário da Lagoa dos Patos (RS) e região costeira adjacente. *Biota neotropica*, 10(3): 431-437.
- Williams, A.H.; Coen, L.D. and Stoelting M.S. 1990. Seasonal abundance, distribution, and habitat selection of juvenile *Callinectes sapidus* (Rathbun) in the northern Gulf of Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 137: 165-183.
- Young, P.C. and Carpenter, S.M. 1977. Recruitment of postlarval *Penaeid* prawns to nursery areas in Moreton Bay, Queensland *Australian Journal Marine Freshwater Research*, 28: 745-773.
- Zar, J.H. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, New Jersey. 718p

LEGENDS OF TABLES AND FIGURES

Table 1. Models selected to explain the variation on the relative abundance of blue crab (C) and post-larvae (PL) and juveniles (J) of the pink shrimp. The values of Akaike's Information Criterion (AIC) and the difference between the value of a model "i" and the model with the lowest AIC value (Δ_{AIC}) are shown. Inlet = shallow inlet where samples were collected; salt = salinity; veget = presence or absence of vegetation; "*" indicates the interaction between the explaining variables.

Table 2. Estimates of the explanatory variables for each model selected. Significant values ($p < 0.05$) are presented in bold. Low p value is indicated by “*”.

Table 3. Comparison of carapace length (CL) of *Farfantepenaeus paulensis*, and carapace width (CW) of *Callinectes sapidus*, among the inlets and vegetation, showing the interaction between these factors. ANOVA results containing SSQ (Sum of Squares), DF (degrees of freedom), AS (average square), F and p . Significant differences ($p < 0.01$) are presented in bold.

Figure 1. Patos Lagoon estuary, RS, Brazil. Numbers represent the “Saco da Mangueira” (SM) inlet (1), and Saco do Arraial (SA) inlet (2). Source: <http://www.aquarius.ifm-geomar.de/>

Figure 2. Variations of relative mean abundance of *Farfantepenaeus paulensis* and *Callinectes sapidus* in the shallow inlets Saco da Mangueira (SM) and Saco do Arraial (SA), expressed by the number of individuals caught by trawling, by comparing a vegetated submerged seagrass area (VE) with an adjacent unvegetated bottom (UVE). Vertical bars show the 95% confidence interval.

Figure 3. Changes in the relative abundance of *Callinectes sapidus* and *Farfantepenaeus paulensis* in Saco da Mangueira (SM) and Saco do Arraial (SA), expressed by the total number of individuals caught per trawling (bars) compared with the variation of salinity (lines) during the months of study (October-February).

Figure 4. Changes in mean carapace length of *Farfantepenaeus paulensis* in Saco da Mangueira (SM) and Saco do Arraial (SA), comparing a vegetated

submerged seagrass (VE) area with an unvegetated bottom adjacent (UVE).

Vertical bars show the 95% confidence interval.

Figure 5. Changes in mean carapace length of *Callinectes sapidus* in Saco da Mangueira (SM) and Saco do Arraial (SA), comparing a vegetated submerged seagrass area (VE) with an adjacent unvegetated area (UVE). Vertical bars show the 95% confidence interval.

TABLES AND FIGURES

Table 1.

ORGANISMS	NUMBER	MODEL	AIC	Δ_{AIC}
	OF MODEL			
Post-larvae	PL1	inlet*salt+veget	126.5363	0
	PL2	veget+inlet	127.2283	0.692
Pink shrimp	J	inlet*salt+veget	338.3921	0
Blue crab	C	inlet*salt+inlet*veget	337.5187	0

Table 2.

MODEL	EXPLICATIVE VARIABLES	ESTIMATE	<i>p</i> -VALUE
PL 1	inletSM	0.9440	0.2529
	salt	-0.3469	0.0997
	vegetVE	1.0484	0.0337
	inletSM*salt	0.3352	0.1157
PL 2	vegetVE	0.9820	0.0459
	inletSM	1.9460	0.0006
J	inletSA	0.9553	0.1963
	salt	0.1032	0.0015
	vegetVE	0.7921	*0.0635
	inletSA*salt	-0.2314	0.0014
C	inletSA	1.0542	0.0170
	salt	-0.0039	0.8303
	vegetVE	-0.2217	0.5047
	inletSA*salt	-0.0826	0.0170
	inletSA*veget	0.8106	*0.0659

Tabela 3.

ANOVA					
EFFECT	SSQ	DF	AS	F	<i>p</i>
Pink shrimp CL					
Intercept	1315.113	1	1315.113	7766.875	0.0000
Inlet	0.065	1	0.065	0.383	0.5360
Vegetation	0.013	1	0.013	0.077	0.7818
Inlet*vegetation	0.001	1	0.001	0.009	0.9265
Error	102.779	607	0.169		
Blue crab - CW					
Intercept	10353.10	1	10353.10	4215.780	0.0000
Inlet	164.15	1	164.15	66.840	0.0000
Vegetation	43.44	1	43.44	17.689	0.0000
Inlet*vegetation	0.50	1	0.50	0.203	0.6525
Error	935.66	381	2.46		

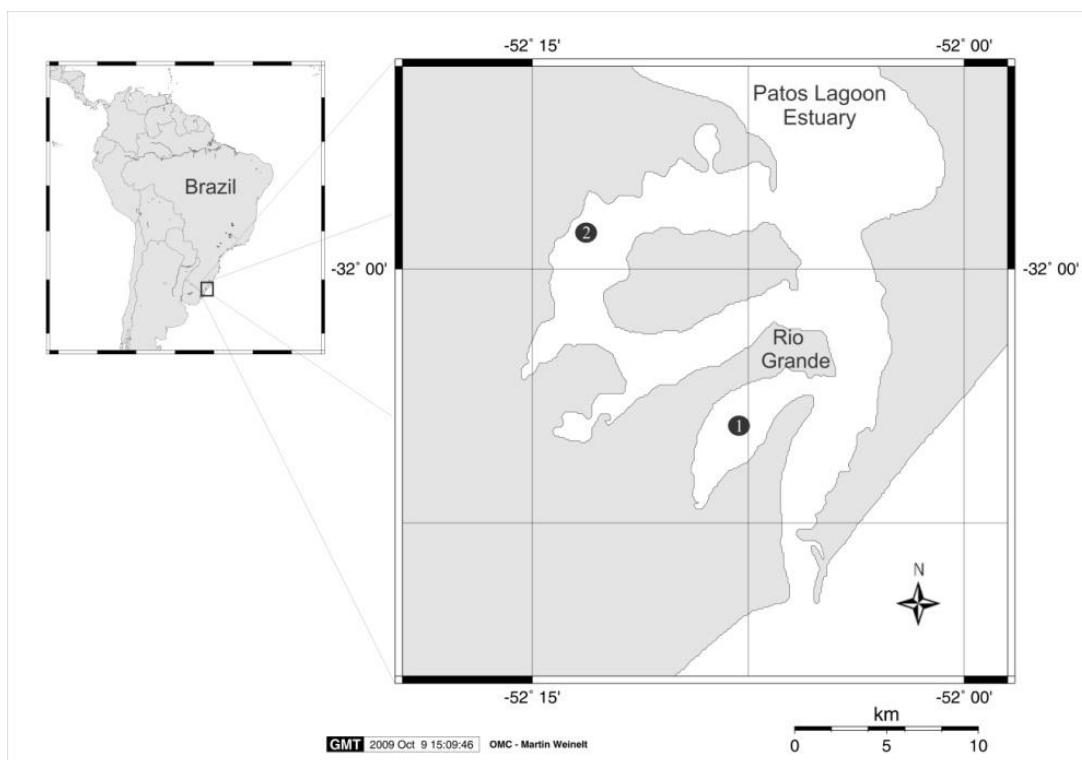
Figure 1.

Figure 2.

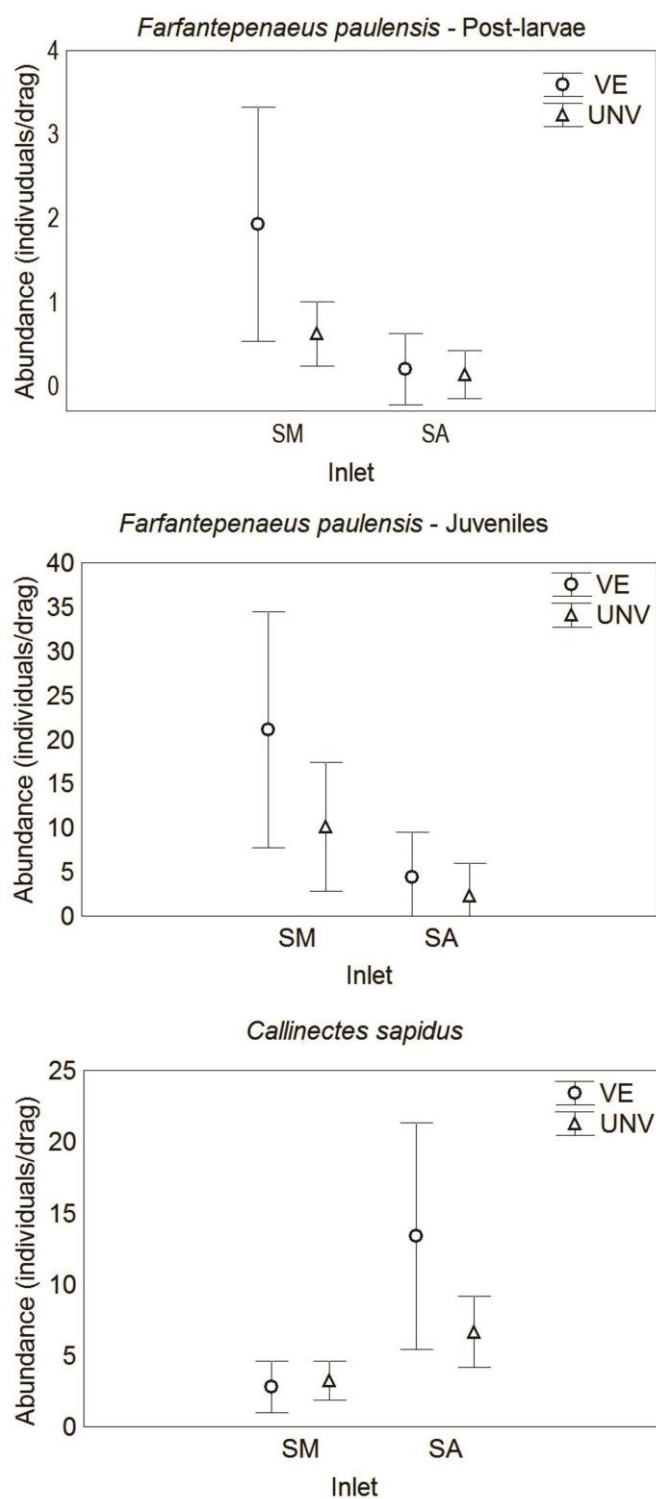


Figure 3.

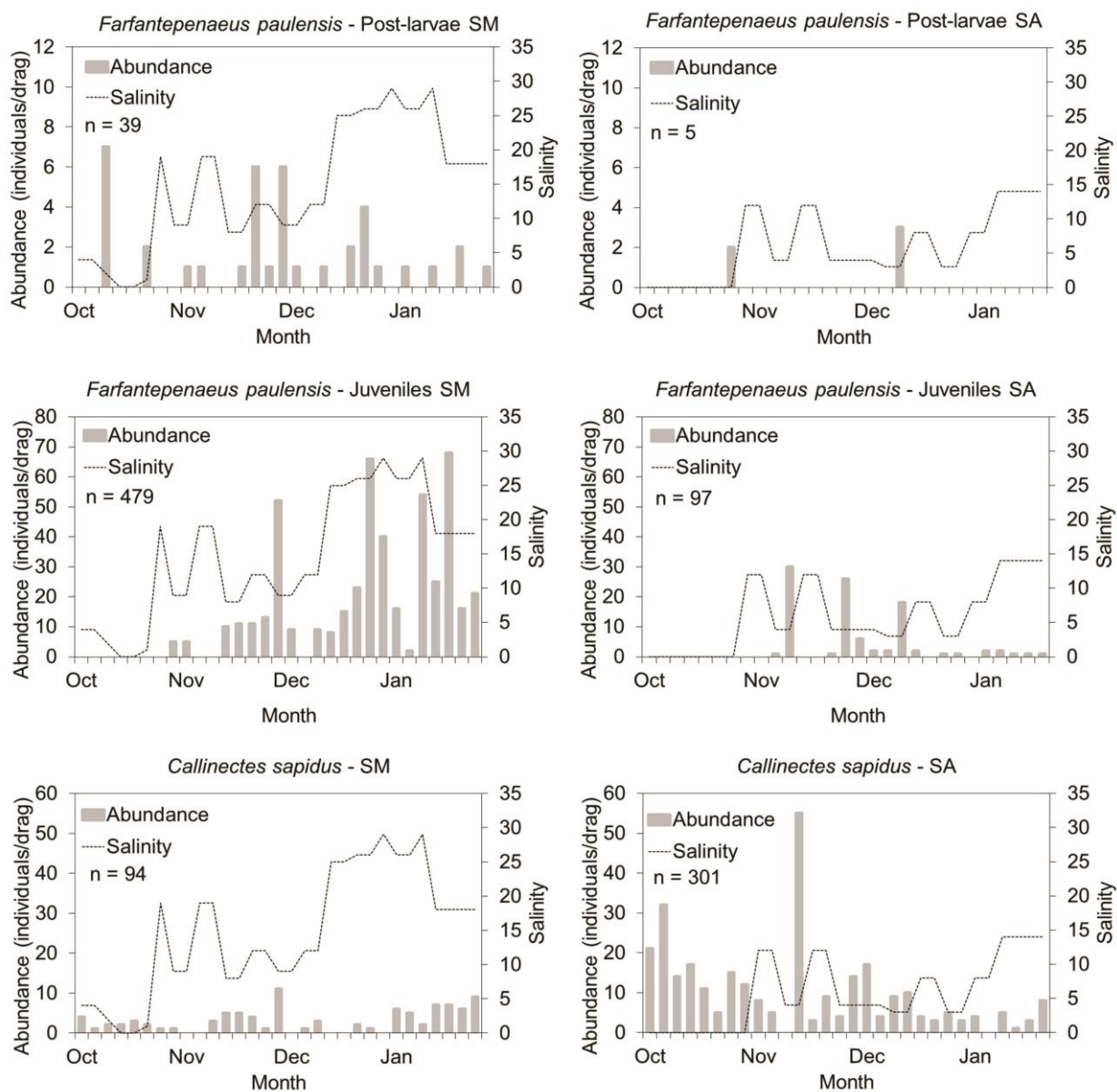


Figure 4.

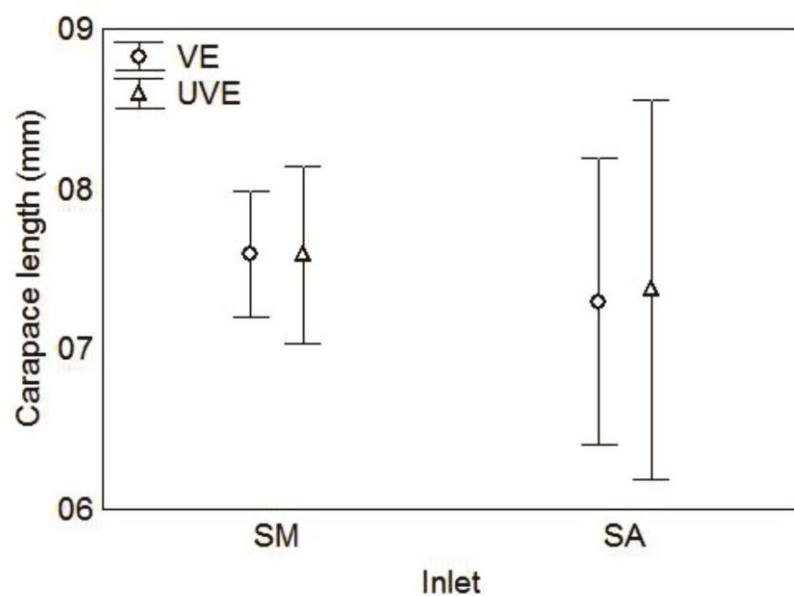
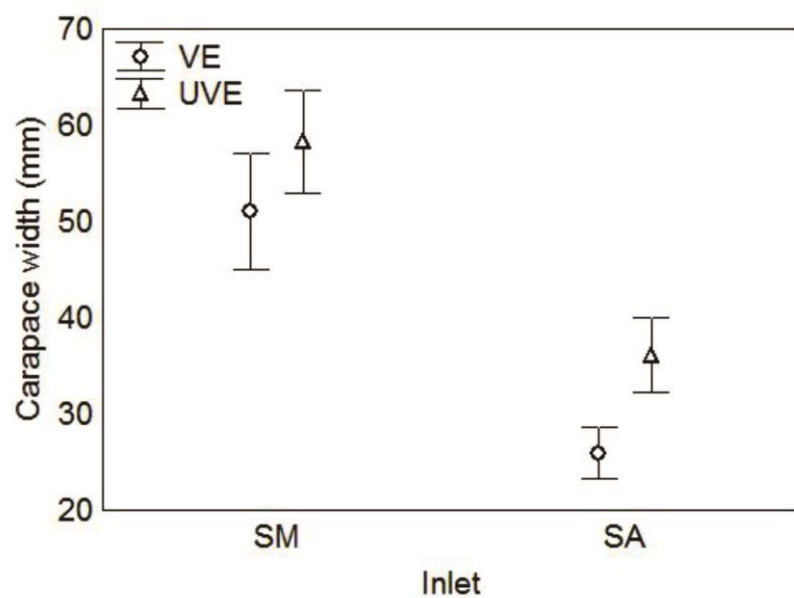


Figure 5.



8.2. Anexo II

Evaluation of the blue crab *Callinectes sapidus* bycatch in pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* fisheries in a subtropical estuary

Vinicius M. Ruas, Cintia Becker, Marcos A. Rodrigues & Fernando D’Incao

Artigo submetido ao periódico Marine Biology Research

Evaluation of the blue crab *Callinectes sapidus* bycatch in pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* fisheries in a subtropical estuary

Vinicius M. Ruas^{1*}, Cintia Becker¹, Marcos A. Rodrigues¹ & Fernando D’Incao¹

¹*Institute of Oceanography, Federal University of Rio Grande, Rio Grande, Brazil*

* Corresponding author: Vinicius Mendes Ruas, Rio Grande, RS, Brazil. CEP: 96201-900 – P.O. Box: 474. E-mail: ambiental.vm@gmail.com
+ 55 53 3233 6538

Evaluation of the blue crab bycatch in pink shrimp fisheries

Abstract

This study evaluated the incidental catch of the blue crab *Callinectes sapidus* in artisanal fisheries, through sex ratio, catch per unit effort (CPUE), influence of salinity and net positioning and size in which the capture probability is 50% (P_{50}). The specimens were obtained in the fishing seasons of 2011, 2012 and 2013 in the estuary of Patos Lagoon, southern Brazil. The analyses showed a higher occurrence of males. Variations in CPUE showed that the greatest abundance values were found in the area closest to the opening of the estuary to the ocean. There were no variations in CPUE when fishing seasons or net positions were compared. A positive relationship between CPUE and salinity in the estuary was recorded. P_{50} varied between studied areas, but stayed below the size at first maturity, indicating the low selectivity of the nets that may affect the reproduction of the species. Catches indicated a greater impact on males, since females migrated to spawn in the ocean area adjacent to the estuary during the fishing period studied. The spatial variation of CPUE showed the inhomogeneity in fishing catches, which can be associated with the behavior of the species in face of changes in environmental conditions.

Key words: artisanal, crustacean, fishery resource, Patos Lagoon, stationary net

Introduction

The blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 is an important fishing resource for artisanal fishermen communities in estuaries of the Atlantic coast, especially in the United States, the Gulf of Mexico and Brazil, where it can be exploited as a target species with specialized fishing gear or as bycatch in shrimp fishery (Stagg & Whilden 1997; Severino-Rodrigues et al. 2001; Mendonça et al. 2010; Lima & Velasco 2012; Kalikoski & Vasconcellos 2013). This species began to be exploited in the US around 1945 (Stagg & Whilden 1997). According to archaeological records, blue crab fishing has occurred for more than two thousand years in Patos Lagoon, southern Brazil (Santos &

D'Incao 2004). However, the historical and contemporary significance of *C. sapidus* fishing contrasts with the limited information about its catches (Severino-Rodrigues et al. 2001; Mendonça et al. 2010; Kalikoski & Vasconcellos 2013).

Among the catches, target species are the main objective of fishing, and non-target species are those caught incidentally that can be retained by the fishermen due to their economic value (Hall et al. 2000). In this context, blue crabs are captured in the estuary of Patos Lagoon primarily as bycatch in the pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis* Pérez Farfante, 1967) fishery and are the commonest bycatch in this fishery. Fyke nets are the most used type of net by artisanal fishermen in shrimp fishing (Vieira et al. 1996; Lima & Velasco 2012; Kalikoski & Vasconcellos 2013). The blue crab is economically important as it represents an alternative resource between major fishing seasons, and its processing becomes a profitable trade and complements the fishermen's income (Lima & Velasco 2012; Kalikoski & Vasconcellos 2013). In this sense, the catches may not be selected by size and the whole capture might be used by the fishermen.

Incidental catches have drawn the attention of the scientific community to include the evaluation and reduction of bycatch volumes as the focus of research and management goals (Hall et al. 2000; Kelleher 2004). In Brazil, blue crab bycatches have been reported, though studies are limited to describing and quantifying catches without using comparative methods of abundance variation and population dynamics. Furthermore, the influence of environmental variations on the catches has not been verified (Vieira et al. 1996; Severino-Rodrigues et al. 2001; Loebmann & Vieira 2006; Vianna & D'Incao 2006; Mendonça et al. 2010). A more comprehensive estimate of the population dynamics of bycatch blue crab was carried out by Dumont & D'Incao (2011) in fisheries targeting the shrimp *Artemesia longinaris* (Bate 1888). The impact of fisheries on the blue crab can vary in time and space according to the environment and species behavior. Studies show that intraspecific competition, salinity and search for food and protection from predators are important factors that determine the abundance and segregation of the species by size and

gender (Orth & Van Montfrans 1987; Williams et al. 1990; Hovel & Lipcius 2002; Lipcius 2005 ; Posey et al. 2005; Rodrigues & D'Incao 2014).

Blue crab fishing has been on the agenda of the meetings of the Forum of Patos Lagoon, a co-management organization (D'Incao & Reis 2002) that discusses the impact of incidental catches, searching for alternative ways to exploit this species. In this study, we analyzed the incidental catch of the blue crab *C. sapidus* in pink shrimp *F. paulensis* fisheries in the Patos Lagoon estuary, southern Brazil. The influence of sex ratio, variations in relative abundance, net positioning and water salinity on the catches was investigated. The size in which the capture probability is 50% (P_{50}) was also investigated.

Materials and Methods

Area of study

This study was carried out in shallow waters in the estuary of Patos Lagoon, southern Brazil, traditionally important area for artisanal fisheries (D'Incao 1991). The areas referred to as A, B, C and D (Figure 1) were chosen according to salinity differences, accessibility and partnership with the fishermen. Although close, the areas B and C are separated by a bridge that reduced the channel and changed the local hydrodynamics (Moura & Diegues 2009).

Field sampling and laboratory procedures

Specimens of the blue crab *Callinectes sapidus* bycatch were collected using fyke nets between February and May for three consecutive fishing seasons (2011, 2012 and 2013). The fyke net is funnel-shaped, mounted with rings and valves to prevent the organisms from escaping. These fyke nets are joined in trains of multiple nets and light baiting is used to attract the organisms (Benedet et al. 2010). The mouth (entrance of the nets) may be positioned parallel or perpendicular to the direction of water flow (Figure 2). This positioning is normally used by the fishermen.

The total catches of two nets positioned in parallel to the water flow were obtained in all areas. Additionally, total catches were obtained from two nets in area B, which were positioned perpendicularly to the water flow. These data

allowed the analysis of the influence of different net positions on the catches. Sampling intervals in each area depended on the fishermen's activity and ranged from 15 to 25 days. Samples were collected in sequential days between study areas. The activity of the fishermen was reduced due to the low fishing yield, and samplings were not made in area A in 2012 and 2013 and in areas C and D in 2013.

The crabs collected from each net were kept separate, without any kind of selection. The salinity was measured during the harvests using a refractometer, and the permanence time of the nets was registered to calculate the relative abundance estimated by catch per unit effort (CPUE).

The collected material was stored in identified plastic bags and taken to the laboratory where individuals were classified into the species level according to Melo (1996) and separated by gender. Total weight was obtained using a digital scale (0.001 g accuracy), and carapace width (CW, millimeters) was measured between the first anterolateral spines with a caliper (0.01 mm accuracy).

Data analysis

The sex ratio (males:females) was calculated per fishing season in each area, for both positions of the nets. Chi-square test was used to analyze differences between sex ratios with a significance level of 5% (Zar 1984).

The relative abundance per net was estimated by CPUE in weight and number of specimens captured. Estimates of CPUE were performed by the ratio between weight in grams and fishing time (grams/hour), and the ratio between number of crabs caught and fishing time (number/hour) (King 2003). The assumptions of normality and homoscedasticity were tested prior to the CPUE analysis, using Kolmogorov-Smirnov and Cochran tests, respectively. A log transformation was performed with the data when necessary (Log CPUE +1). If normality and homoscedasticity were not attained, a Kruskal-Wallis test was performed (Zar 1984). The analyses were performed at a significance level of 5% (Zar 1984).

One-way analysis of variance (ANOVA) was used with CPUE (in weight and number) comparisons between areas (A, B, C and D) for the fishing season of 2011, and between fishing seasons (2011, 2012 and 2013). A Tukey's test was used when significant differences were found (Zar 1984). The influence of salinity (independent variable) on the CPUE in weight (dependent variable) was tested by simple regression analysis (Zar 1984).

The influence of net positioning on the CPUE in weight was compared with Kruskal-Wallis test (Zar 1984). A type III Factorial ANOVA for unbalanced data was used to compare the effect of net positioning on the CPUE in number, using positioning and fishing season as factors (Shaw & Mitchell-Olds 1993; Quinn & Keough 2002).

The size of the crabs captured in each area was analyzed using size class (CW) distributions grouped into 5 mm intervals. To estimate CW values in which the capture probability is 50% (P_{50}), the following logistic model was used: $P = 1 / (1 + \exp^{-r(CW - CW_{50})})$ (King 2003; Dumont & D'Incao 2011), where: P = capture probability; r = steepness constant of the curve; CW = carapace width; CW₅₀ = carapace width at first capture. P_{50} was estimated using the cumulative frequency of CW by gender in each studied area. To analyze possible effects of catches on the population of blue crabs, P_{50} was compared to the size at first maturity of the species estimated in the estuary of Patos Lagoon by Rodrigues & D'Incao (2014).

Results

Sex ratio

A total of 90 samplings were carried out along the fishing seasons and 1473 specimens were collected (934 males and 539 females). In Table I, the number of specimens, Chi-square test and sex ratio (males:females) can be observed. The Chi-square test indicated significant differences in sex ratio during the seasons of 2011 and 2012 in the areas A, B and C, where a higher number of males was observed. There was no significant difference in the sex ratio of area D. The nets positioned perpendicularly to the water flow captured more males in

all fishing seasons. However, the capture in nets that were parallel to the water flow showed no differences in the sex ratio in 2013.

Comparisons of relative abundance - CPUE

To compare CPUE (in weight and number) between the areas, the assumptions of normality ($P > 0.05$) and homoscedasticity ($P > 0.05$) were attained. There was a significant difference when CPUE in weight and number were compared (Tables II and III). The highest mean CPUE in weight occurred in area A when compared to D (Figure 3 (A)), and CPUE in number was significantly higher in A when compared with other areas (Figure 3 (B)). The results showed that the catches in A were composed of a larger number of juveniles with a lower CW.

CPUE (in weight and number) between fishing seasons were normal ($P > 0.05$) and homoscedastic ($P > 0.05$) and no significant differences were observed (Tables II and III). The mean values of CPUE in weight were 125 (± 28.65), 119.71 (± 32.7) and 92.25 (± 49.59) grams per hour in 2011, 2012 and 2013, respectively (Figure 3 (C)). There was no significant difference in CPUE in weight ($H = 1.98$; $P > 0.05$) and number (Table III) when the positions of the nets were compared.

Influence of salinity on the CPUE (grams/hour).

Data were normal ($P > 0.05$) and homoscedastic ($P > 0.05$) for the regression analysis, which showed a positive relationship between CPUE (grams/hour) and salinity ($R^2 = 0.14$; $P < 0.05$), indicating increased catches by weight with higher salinity values (Figure 4).

Size composition and capture probability (P_{50})

Differences were observed in the number of males and females in all classes of size, with a predominance of males in the largest classes (Figure 5). In A, males were homogeneously distributed in number in all size classes. A tendency of increasing number of individuals in the largest classes was not observed (Figure 5), which differentiated area A from other areas. Females occurred in all areas with the highest number of individuals in the lowest CW classes. The

smallest and the largest specimens captured measured 7.9 mm and 157.2 mm of CW, respectively, and the catches were mainly composed of animals larger than 30 mm of CW (Figure 5). In all areas, P_{50} was less than 108 mm for males and 115 mm for females (Figure 6).

Discussion

In the present study, the largest number of blue crab *Callinectes sapidus* males recorded in the fishing seasons of 2011 and 2012 may be the result of a migration behavior associated with the reproductive biology of the species in Patos Lagoon, where it has already been shown that a higher number of males is observed during summer and early autumn (Rodrigues & D'Incao 2014). According to Kennedy & Cronin (2007), the migration of female blue crabs to spawn in the ocean area adjacent to estuaries are natural to this species. Therefore, this may explain the greater number of males captured with fyke nets. Dumont & D'Incao (2011) called attention to the risks of capturing berried females in prawn-trawling targeting *Artemesia longinaris* in the ocean shore. In this sense, fishing pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* with fyke nets might attenuate the impact on the stock of *C. sapidus*, as spawning females that will contribute to the recruitment for the next fishing season are out of reach in the ocean.

A predominance of males or a sex ratio near 1:1 can be observed in directed fisheries for blue crab in the coastal estuaries of São Paulo state, Brazil. These variations also occur according to the migration behavior of females (Severino-Rodrigues et al. 2001; Mendonça et al. 2010.).

It should be noted that the effect of nets on males has an impact on the population of blue crabs. Studies carried out in the estuary of Chesapeake Bay, US, showed that the capture of males can also affect the reproduction of this species as it may change their availability for mating, decrease the size of mature males and reduce their reproductive potential by reducing the production and quality of sperm and seminal fluid (Carver et al. 2005; Hines et al. 2003).

The lowest mean of CPUE in weight was found in D and shows that the largest catches occurred in the areas closest to the opening of the estuary to the ocean. According to Seeliger (1998), this region is under a great influence of salt water. This was confirmed with the observation of increased catches in higher salinity levels. This environmental variable is important for the distribution and abundance of this species, as a segregation by sex and size has already been recognized, according to the saline variation (Kennedy & Cronin 2007; Ortiz-León et al. 2006; Posey et al. 2005; Rodrigues et al. 2011; Ruas et al. 2014). Specimens larger than 24 mm of CW prefer areas with higher salinity, whereas smaller crabs seek for protection against predators in lower salinity levels (Posey et al. 2005; Ruas et al. 2014). The size of *C. sapidus* specimens captured with fyke nets indicates that the catches were mainly composed of organisms larger than 30 mm of CW, which supports the work of Posey et al. (2005). The preference for higher salinities found in this study may be related to a lower energy consumption by the crabs in higher salinities, as the maintenance of the respiration rate at lower salinities may have a negative effect on growth rate (Kennedy & Cronin 2007).

The area A is an important habitat for juvenile blue crabs, especially the smallest individuals. The differences in CPUE among the studied areas shows the inhomogeneity of the catches in the estuary. This may reflect the influence of the environment and behavior of blue crabs. Studies have shown that variations in the abundance of the crabs occur as a result of the search for the most favorable areas for feeding, growth, survival, protection and prevention of intraspecific competition (Orth & Montfrans 1987; Williams et al. 1990; Posey et al. 2005). Thus, the optimal management of this resource should be made taking into account the particularities of each area.

The productivity of the blue crab in the Patos Lagoon estuary is poorly monitored and annual production tendencies are difficult to diagnose (Kalikoski & Vasconcellos 2013). The mean annual CPUE in weight of the estuary obtained in this study provides an important production estimate of this resource associated with the pink shrimp fishery. The abundance was constant along 3 years of study, with a slight falling tendency in 2013, although not statistically

significant. This record may indicate that the population of blue crabs in the estuary is not in an overfishing situation. However, caution is still required, as the assessment of abundance from CPUE data may be masked by the effective effort applied in the estuary. The absence of differences in mean CPUE values may reflect the variations in the number of fishermen and nets acting in each fishing season. Changes in effective effort can maintain high and stable levels of CPUE while the abundance of stock decreases (King 2003).

Trends in annual variations of catches could be best understood through a historical monitoring of fishing seasons along with observations of changes in the effective effort. Severino-Rodrigues et al. (2001) evaluated 8 years of blue crab fisheries exploitation in the estuary region of Santos (São Paulo state, Brazil) and recorded a decline in the catches over the years, but found it difficult to estimate the effort and relate it to changes in CPUE. Mendonça et al. (2010) analyzed blue crab fisheries from 1998 to 2006 in the Cananéia estuary, coastal southwestern Brazil, registering a decrease in CPUE over the years due to the increased number of fishermen.

The use of an exclusion device (grid) was tested by Vianna & D'Incao (2006) in order to reduce fyke nets bycatch, which resulted in an effective resource to exclude larger blue crabs since the grid spacing prevents them from entering the nets. However, this device is not suitable to the fishing characteristics and needs of the region, as the capture of blue crabs in fyke nets represents an important source of income for fishermen and the capture of larger individuals ensures better processing and marketing (Lima & Velasco 2012; Kalikoski & Vasconcellos 2013). The use of devices to reduce bycatch must consider the socioeconomic dependence of fishermen with the accompanying fauna (Medeiros et al. 2013). Thus, in an attempt of not changing the structure of the nets, modifying their position could be an alternative management to reduce the impact of blue crab catches without reducing the capture of larger individuals.

However, the analyses in this study showed no significant difference in CPUE and size of crabs caught in nets parallel or perpendicular to the water

flow. This way, the position that the nets are placed in the water does not characterize a measure of reduction in the impact on blue crab bycatch.

The size at first capture observed in this study highlight the need to implement a more selective management favoring smaller and immature *C. sapidus*. Both males and females captured are smaller than 120 mm, which is allowed by the ordinance 23 of 1983 from the former SUDEPE. They are also captured before reaching the size at first maturity estimated by Rodrigues & D'Incao (2014) in 108 mm for males and 115 mm for females. Therefore, management techniques in order to reduce catches of immature individuals should be tested in the estuary without compromising the capture of the target species. It should be considered that fishing with fyke nets facilitates the selective management by fishermen, since crabs can be discarded still alive into the estuary (Vieira et al. 1996). However, quantification and evaluation of these discards are still unknown.

The multispecies assessment of fishing is a trend that gained strength when single species management regime failed (Hall et al. 2000). The blue crab bycatch in pink shrimp fisheries with fyke nets has been neglected by the current fishing regulations. The Normative Instruction 03/04, which regulates fishing activities in the estuary of Patos Lagoon, is single-species based and does not include blue crab fishing. This activity is only regulated by SUDEPE's ordinance, which establishes a minimum capture size, only allows the use of long lines for crabs and does not allow fishing in the vicinity of the breakwaters. For comparison, blue crab fisheries in the United States are regulated by laws and fishing quotas that vary from state to state, but fishing is traditionally performed using crab pots, i.e. cages used as traps (Guillory & Prejean 1997). The selection of sizes in this type of art is based on the mesh covering the cage, and also ensures the selection of the smaller specimens using escape rings. The use of crab pots is not regulated in Brazil. It would be an important moment to rethink the way this resource is exploited, and how fishing might be regulated in order to protect the stock and reduce the impact of bycatches.

Acknowledgements

Authors are grateful to the Post-Graduation Program in Biological Oceanography of the Federal University of Rio Grande - FURG and the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel - CAPES for granting the scholarship.

References

- Benedet RA, Dolci D, D’Incao F. 2010. Descrição técnica e modo de operação das artes de pesca artesanais do camarão-rosa no estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. 2010. *Atlântica* 32(1):5-24.
- Carver AM, Wolcott TG, Wolcott DL, Hines AH. 2005. Unnatural selection: Effects of a male-focused size-selective fishery on reproductive potential of a blue crab population. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 319:29-41.
- D’Incao, F. 1991. Pesca e biologia da *Penaeus paulensis* na Lagoa dos Patos, RS. *Atlântica*, 13(1):159-169.
- D’Incao F, Reis, EG. 2002. Community-based management and technical advice in Patos Lagoon estuary (Brazil). *Ocean and Coastal Management* 45:531-539.
- Dumont LFC, D’Incao F. 2011. By-catch analysis of Argentinean prawn *Artemesia longinaris* (Decapoda:Penaeidae) in surrounding area of Patos Lagoon, Southern Brazil: effects of different rainfall. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 91(5):1059-1072.
- Guillory V, Prejean P. 1997. Blue crab trap selectivity studies: mesh size. *Marine Fisheries Reviews* 59(1):29–31.
- Hall M A, Alverson DL, Metuzals KI. 2000. By-catch: Problems and solutions. *Marine Pollution Bulletin* 41:204-219.

Hines AH, Jivoff PR, Bushmann PJ, Van Montfrans J, Reed SA, Wolcott DL, et al. 2003. Evidence for sperm limitation in the blue crab, *Callinectes sapidus*. *Bulletin of Marine Science* 72(2):287-310.

Hovel AK, Lipcius RN. 2002. Effects of sea grass habitat fragmentation on juvenile blue crab survival and abundance. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 271:75-98.

Kalikoski DC, Vasconcellos M. 2013. Estudo das condições técnicas, econômicas e ambientais da pesca de pequena escala no estuário da Lagoa dos Patos, Brasil: uma metodologia de avaliação. FAO, Circular de Pesca e Aquicultura Roma, No.1075.

Kelleher K. 2004. Discards in the world's marine fisheries: an update. FAO Fisheries Technical Paper, Roma, No. 470.

Kennedy VS, Cronin LE. 2007. The Blue Crab *Callinectes Sapidus*. Maryland Sea Grant. 774 pages.

King MG. 2003. Fisheries Biology, Assessment And Management. England: Blackwell Publishing. 341 pages.

Lima BB, Velasco G. 2012. Estudo piloto sobre o autoconsumo de pescado entre pescadores artesanais no estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo* 38(4):357–367.

Lipcius RN, Seitz RD, Seebo MS, Colón-Carrión. 2005. Density, abundance and survival of the blue crab in sea grass and unstructured salt marsh nurseries of Chesapeake Bay. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 319:69–80.

Loebmann D, Vieira JP. 2006. O impacto da pesca do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Perez-Farfante) (Decapode, Penaeidae) nas assembleias de peixes e siris do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23(4):1016-1028.

Medeiros RP, Guanais JHDG, Santos LO, Spach HL, Silva CNS, Foppa CC, Cattani AP, Rainho AP. 2013. Estratégias para a redução da fauna acompanhante na frota artesanal de arrasto do camarão sete-barbas: perspectivas para a gestão pesqueira. *Boletim do Instituto de Pesca* 39(3):339-358.

Melo GAS. 1996. Manual de Identificação dos Brachyura (Caranguejos e Siris) do Litoral Brasileiro. São Paulo: Plêiade. 603 pages.

Mendonça JT, Verani JR, Nordi N. 2010. Evaluation and management of blue crab *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) (Decapoda - Portunidae) fishery in the Estuary of Cananéia, Iguape and Ilha Comprida, São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 70(1):37-45.

Moura GGM, Diegues ACS. 2009. Os conhecimentos tradicional e científico do Saco do Arraial, estuário da Lagoa dos Patos (RS). *Boletim do Instituto de Pesca* 35(3):359-372.

Orth RJE, Van Montfrans J. 1987. Utilization of a sea grass meadow and tidal marsh creek by blue crabs *Callinectes sapidus*. I. Seasonal and annual variations in abundance with emphasis on post-settlement juveniles. *Marine Ecology Progress Series* 41:283-294.

Ortiz-León HJ, Jesús-Navarrete A, Cordero ES. 2006. Distribución espacial y temporal del cangrejo *Callinectes sapidus* (Decapoda: Portunidae) en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical* 55(1):235-245.

Posey MH, Alphin TD, Harwell H, Allen B. 2005 Importance of low salinity areas for juvenile blue crabs, *Callinectes sapidus* Rathbun, in river-dominated estuaries of southeastern United States. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 319:81–100.

Quinn GP, Keough MJ. 2002. Experimental Design and Data Analysis for Biologists. New York: Cambridge. 537 pages.

- Rodrigues MA, Heberle MF, D’Incao F. 2011. Fecundity variation and abundance of female blue crabs *Callinectes sapidus* (RATHBUN, 1896) (Decapoda, Brachyura, Portunidae) in the Patos Lagoon Estuary, RS, Brazil. *Atlântica* 33(2):141-148.
- Rodrigues MA, D’Incao F. 2014. Biologia reprodutiva do siri-azul *Callinectes sapidus* no estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. *Boletim do instituto de pesca* 40(2):223-236.
- Ruas VM, Rodrigues MA, Dumont LFC, D’Incao F. 2014. Habitat selection of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* and the blue crab *Callinectes sapidus* in an estuary in southern Brazil: influence of salinity and submerged sea grass meadows. *Nauplius*, 22(2):113-125.
- Santos CRM, D’Incao F. 2004. Crustáceos no cerrito Ariano Souza, Rio Grande, Rio Grande do Sul e distribuição de *Callinectes sapidus* (Brachyura, Portunidae). *Iheringia, Série Zoológica* 94(1):73-76.
- Seeliger U. 1998. Macroalgas bentônicas. In: Seeliger U, Odebrecht C, Castelo JP. *Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil*. Editora Ecoscientia, Rio Grande, RS. p.32-36.
- Severino-Rodrigues E, Pita JB, Graça-Lopes R. 2001. Pesca artesanal de siris (Crustacea, Decapoda, Portunidae) na região estuarina de Santos e São Vicente (SP), Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca* 27(1):7–19.
- Shaw RG, Mitchell-Olds T. 1993. Anova for unbalanced data: an overview. *Ecology* 74(6):1638-1645.
- Stagg C, Whilden M. 1997. The history of Chesapeake Bay’s blue crab (*Callinectes sapidus*): fisheries and management. *Investigaciones Marinas* 25:93-104.
- SUDEPE. 1983. Portaria nº N-24, 26 de julho de 1983. Dispõe sobre o tamanho mínimo de captura do siri-azul (*Callinectes danae* e *C. sapidus*) em águas territoriais brasileiras. *Diário oficial da união, Brasília*, 01 de agosto de 1983.

Vianna M, D’Incao F. 2006. Evaluation of by-catch reduction devices for use in the artisanal pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) fishery in Patos Lagoon, Brazil. Fisheries Research 81:331-336.

Vieira JP, Vasconcelos MC, Silva REE, Fischer IGF. 1996. A rejeição da pesca do camarão-rosa (*Penaeus paulensis*) no estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Atlântica 18:123-142.

Williams AH, Coen LD, Stoelting MS. 1990. Seasonal abundance, distribution, and habitat selection of juvenile *Callinectes sapidus* (Rathbun) in the northern Gulf of Mexico. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 137:165-183.

Zar JH. 1984. Biostatistical Analysis. New Jersey: Prentice-Hall. 718 pages.

Tables

Table I: Number of males and females captured in all areas during the study. Chi-square test result (X^2) of the sex ratio male:female, showing the P -value with the significant values in bold.

SEX	INDIVIDUALS PER AREA											TOTAL
	A		B Parallel		B Perpendicular			C		D		
	2011	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2011	2012	
Male	158	119	87	61	196	103	51	62	76	6	15	934
Female	108	56	55	49	111	56	30	23	22	7	22	539
X ²	9.39	22.68	7.21	1.30	23.54	13.89	5.44	17.89	27.75	0.07	1.32	118.23
P - value	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	0.24	0.00
Sex ratio	1.46:1	2.12:1	1.58:1	1.24:1	1.76:1	1.83:1	1.7:1	2.69:1	3.45:1	0.85:1	0.68:1	1.78:1

Table II: Comparison of the relative abundance (CPUE in weight) of *Callinectes sapidus* among areas and fishing seasons. ANOVA results contain SS (sum of squares), DF (degrees of freedom), MS (mean square), F and *P*-value.

ANOVA – CPUE (in weight)					
EffectT	SS	DF	MS	F	<i>P</i>
Areas					
Areas	66,623	3	22,208	4.0038	0.01
Error	138,663	25	5,547		
Year					
Year	11,049	2	5,524.3	0.6185	0.541
Error	777,117	87	8,932.4		

Table III: Comparison of the relative abundance (CPUE in number) of *Callinectes sapidus* between areas, fishing seasons and net positions using log (CPUE +1). ANOVA results contain SS (sum of squares), DF (degrees of freedom), MS (mean square), F and *P*-value with significant differences in bold.

ANOVA – CPUE (in number)					
Effect	SS	DF	MS	F	<i>P</i>
Areas					
Areas	3.43700	3	1.14567	7.4096	0.00
Error	3.86549	25	0.15462		
Year					
Year	0.52830	2	0.26415	0.9945	0.37
Error	23.1091	87	0.26562		
Net					
Position	0.0554	1	0.0554	0.0269	0.87
Error	110.9818	54	2.0552		

Figure captions

Figure 1: Estuary of Patos Lagoon, southern Brazil, showing the areas where data were collected (A, B, C and D).

Figure 2: Positioning of the fyke nets with their opening directed parallel or perpendicular to the water flow in the estuary of Patos Lagoon.

Figure 3: Means of relative abundance (CPUE) of *Callinectes sapidus* captured by fyke nets during this study in the estuary of Patos Lagoon, showing the variation of CPUE in weight (grams per hour) per area (A) and per fishing season (B) and CPUE in number per area (C). Vertical bars show the 95% confidence interval.

Figure 4: Relationship between the relative abundance - CPUE (grams/hour) - and salinity of *Callinectes sapidus* captured with fyke nets during the study in the estuary of Patos Lagoon.

Figure 5: Frequency distribution by carapace width (CW) grouped at intervals of 5 mm for males and females *Callinectes sapidus* captured with fyke nets in the estuary of Patos Lagoon.

Figure 6: Capture probability estimated for males and females *Callinectes sapidus* caught with fyke nets during this study in the estuary of Patos Lagoon. The line originating on the ordinate indicates the size at which 50% of individuals are captured. P_{50} = size at which 50% of individuals are caught; R^2 = coefficient of determination; n = number of specimens analyzed.

Figure 1

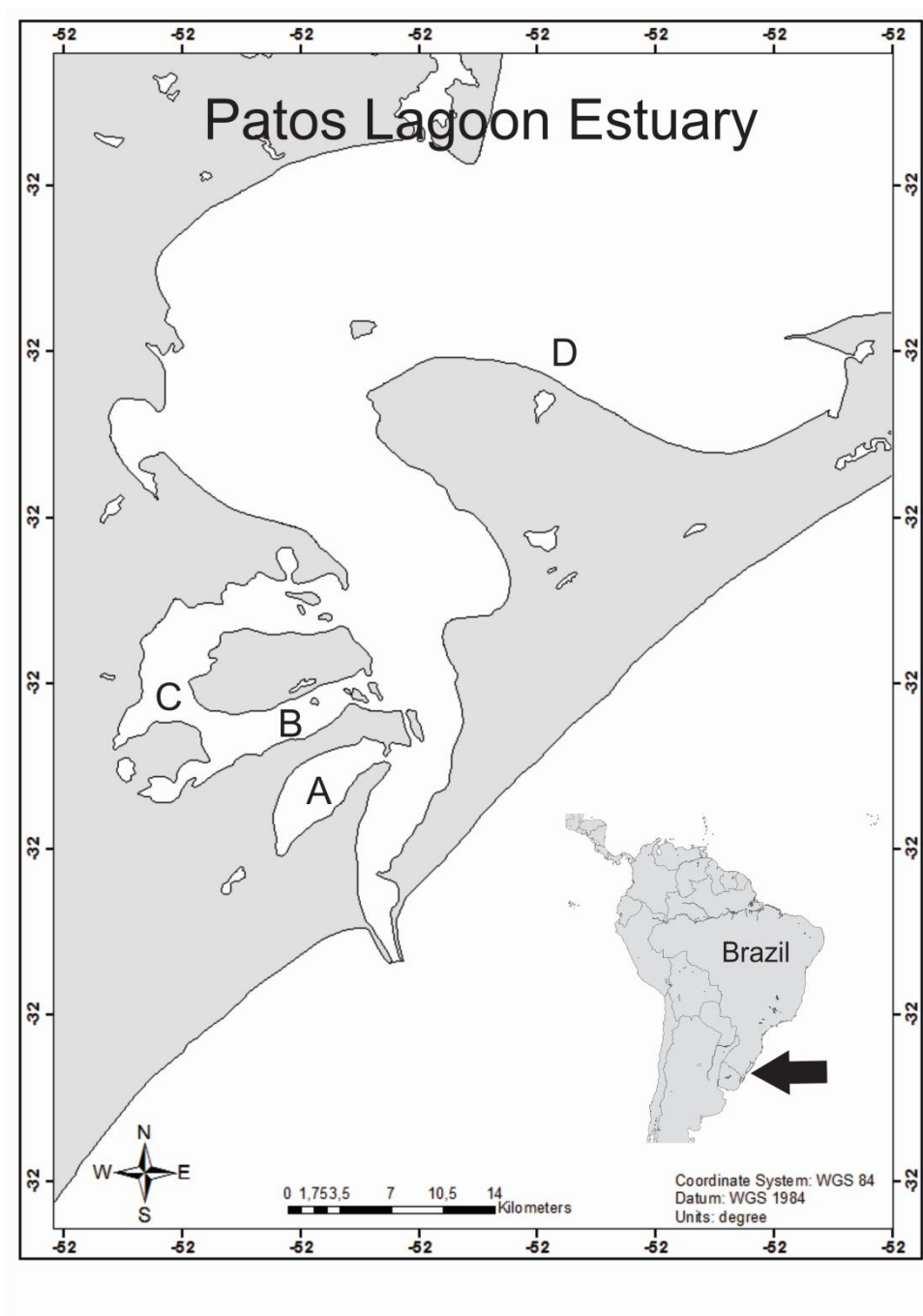


Figure 2

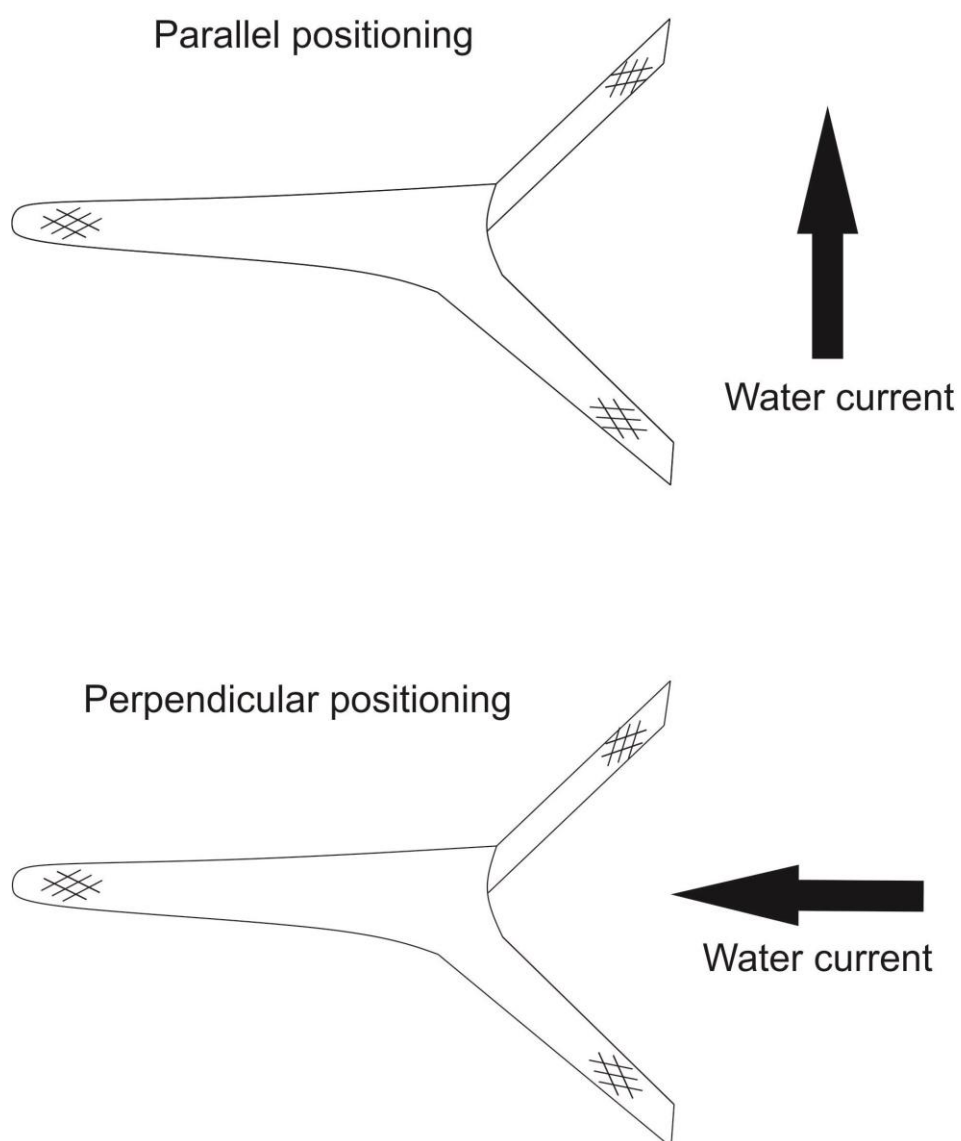


Figure 3

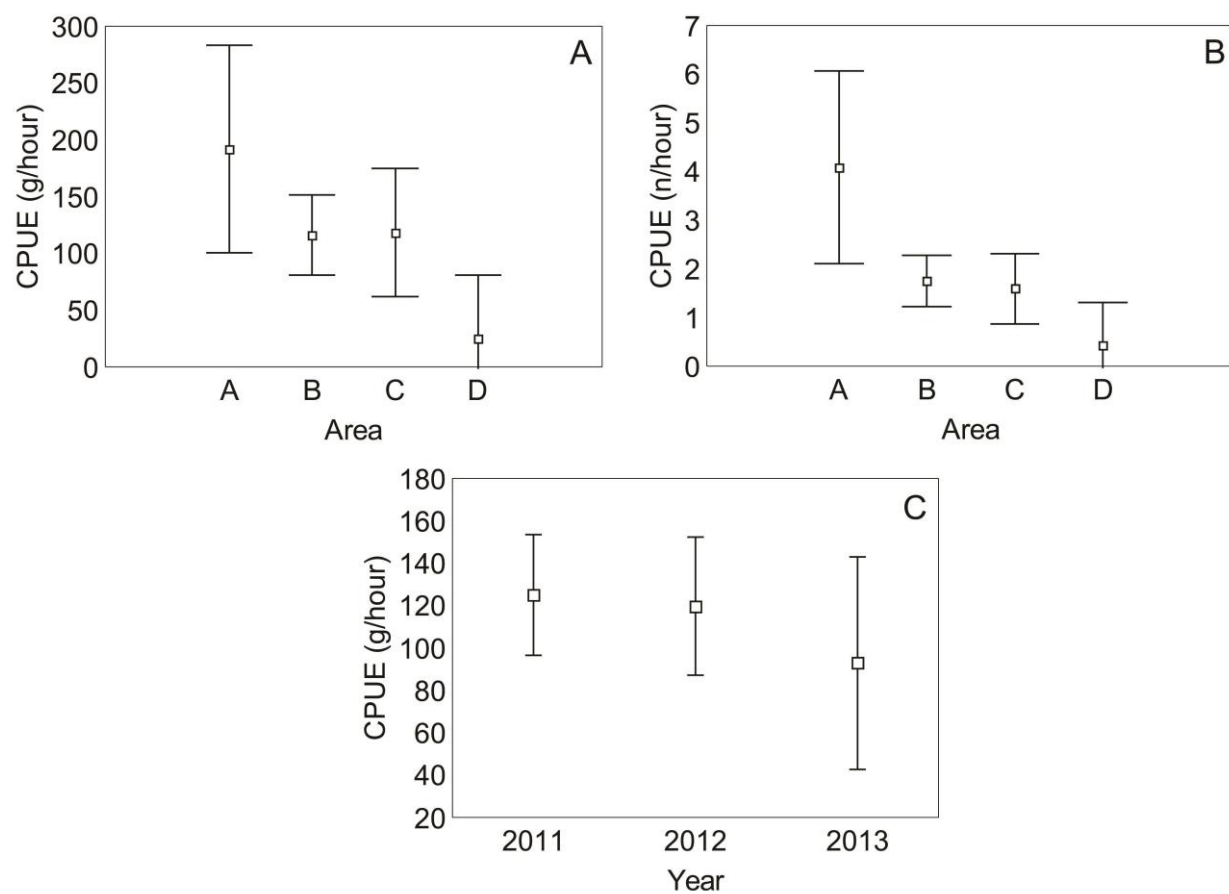


Figure 4

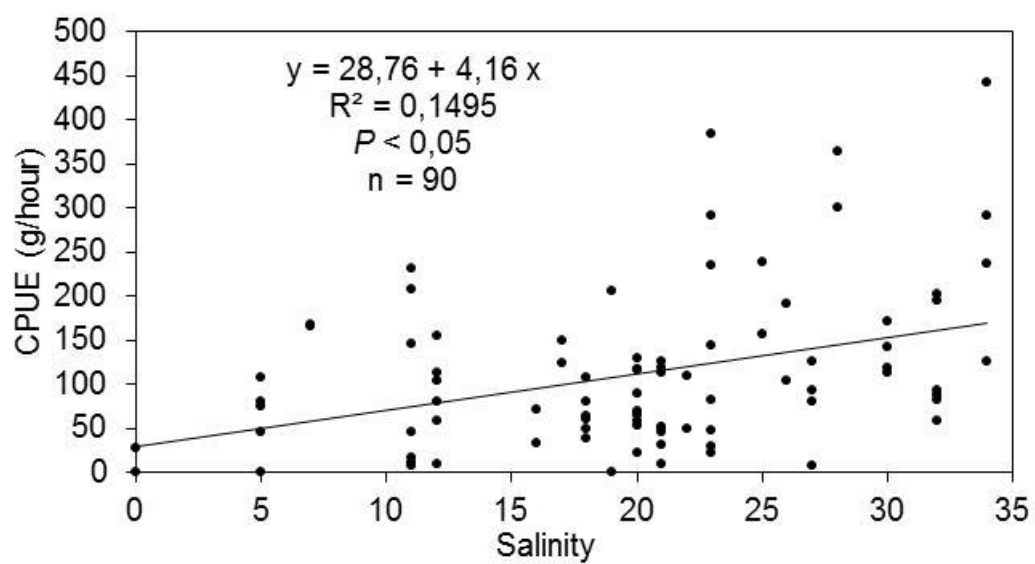


Figure 5

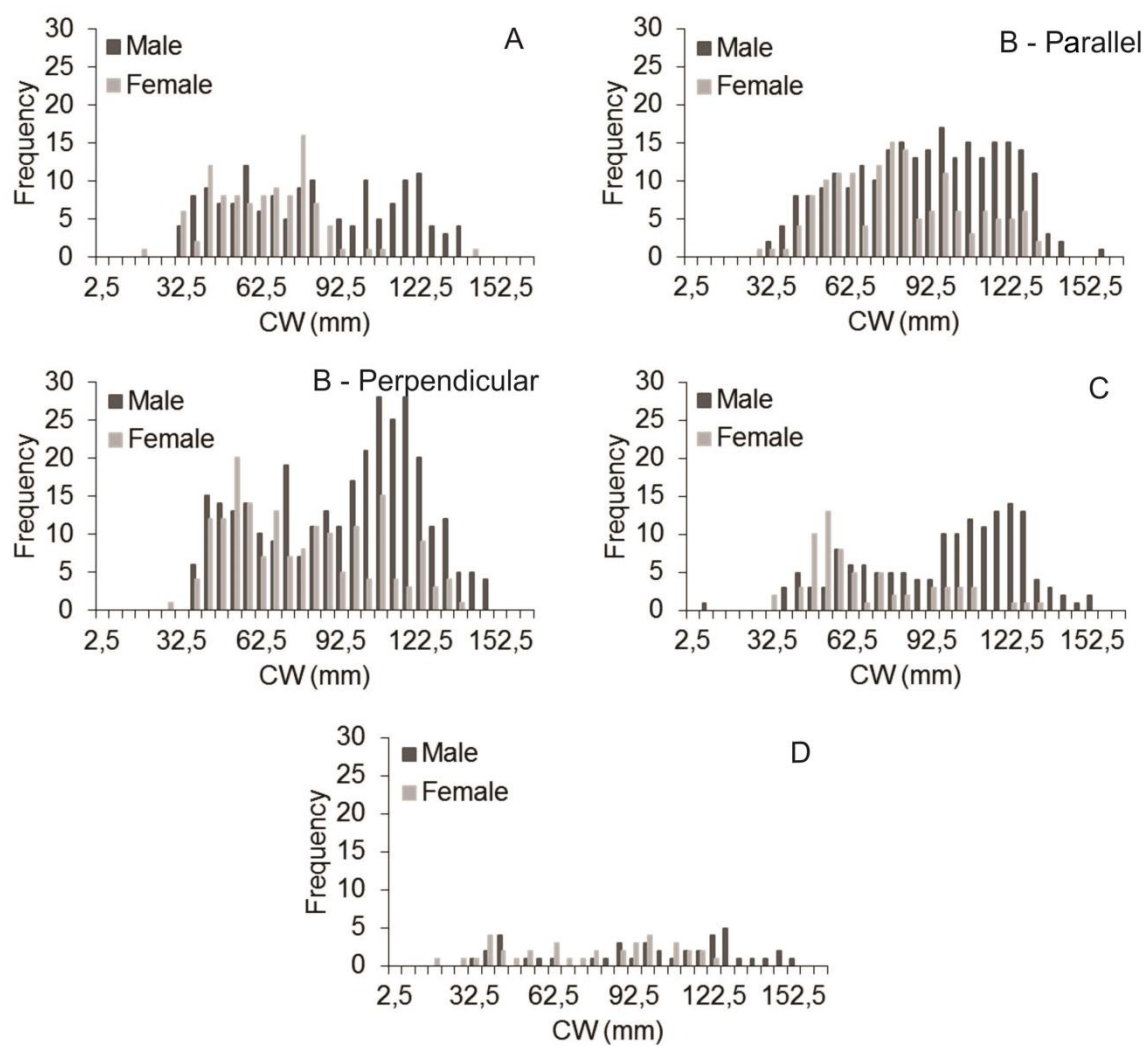


Figure 6

