

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA**

**USO DO HABITAT EM DIFERENTES FASES DA VIDA DO
SIRI-AZUL *Callinectes sapidus* RATHBUN, 1896 (DECAPODA,
PORTUNIDAE) NAS ÁREAS RASAS DO ESTUÁRIO DA
LAGOA DOS PATOS E NA ÁREA REPRODUTIVA MARINHA
ADJACENTE**

CHRISTOPHER DA FONSECA IBEIRO

Orientador: Prof. Dr. Luiz Felipe Dumont

**Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação
em Oceanografia Biológica da
Universidade Federal do Rio
Grande, como requisito parcial
à obtenção do título de
MESTRE**

RIO GRANDE

Agosto 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a todo o Laboratório de Crustáceos Decápodes pela acolhida desde o primeiro dia de estágio até hoje, principalmente a Roberta, chefinha que me influenciou a estagiar depois de uma aula de crustáceos, ao meu orientador Felipe que desde a graduação acreditou e seguiu orientando até hoje, aos amigos Pedro, Diego Martins, Vinicius Ruas Analu, Renan, Bia e tantos outros que não caberia nessas linhas.

A Ileana, Gabi e Lucas, que se não fosse pela força, puxões de orelha e muita paciência essa dissertação não teria saído.

As amigas de longa data, Paula e Cindy que me aturam a anos e ainda vão ter que me aturar muito tempo.

A FURG e ao PPGOB pela oportunidade de estudar e crescer em conhecimento e como pessoa através dos anos.

Aos meus pais, Elbio e Cida, que sempre fizeram de tudo pra que eu chegasse até aqui com honestidade e outros valores que sempre me ensinaram.

VALEU POVO, de verdade !!!

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS.....	2
ÍNDICE DE FIGURAS.....	3
Resumo	4
Introdução	5
Objetivos.....	7
Geral	7
Específicos	7
Materiais e Métodos.....	7
Área de estudo.....	7
Procedimentos	8
Análises	11
Resultados.....	11
Variáveis Abióticas	11
Dados de Abundância.....	16
Variação espaço-temporal das mudas	19
Relação entre parâmetros ambientais e abundância por classes de tamanho e muda	22
Discussão	24
Conclusões	29
Referências.....	29
Anexo 1: Artigo submetido na Revista Iheringia, Série Zoologia.....	36

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Resultado da análise PERMANOVA demonstrando as variáveis e as diferenças significativas entre elas e as interações.....	17
Tabela 2 Proporção sexual F:M para os locais de coleta no estuário da Lagoa dos Patos durante os 20 meses de estudo.....	18
Tabela 3: Resultados da análise de variância multivariada (PERMANOVA) sobre os diferentes estágios de muda	21
Tabela 4: Correlações de Spearman entre as diferentes classes de tamanho de <i>Callinectes sapidus</i> e as diferentes variáveis ambientais.....	22
Tabela 5: Correlação de Spearman entre as variáveis ambientais e os diferentes estágios de muda.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudo, com destaque para os pontos de coleta utilizados.	10
Figura 2: Apêndices natatórios de <i>C. sapidus</i> , indicando as linhas que servem como sinais para identificação do estagio de muda. Da esquerda para a direita, linha verde (intermuda), linha branca (início do processo de muda), linha rósea (pré-muda) e linha vermelha (muda iminente) (modificado de Kennedy & Cronin 2007).....	10
Figura 3. Análise de componentes principais (PCA) mostrando o agrupamento dos locais estudados com base nas variáveis ambientais da coluna de água e sedimento medidas no período entre dezembro de 2015 e junho de 2016.	12
Figura 4. Porcentagem dos diferentes tamanhos de grão no sedimento ao longo das 6 localidades estudadas.	12
Figura 5: Porcentagem dos diferentes tamanhos de grão no sedimento para cada uma das 6 localidades estudadas.	14
Figura 6: Abundância total de <i>Callinectes sapidus</i> no estuário da Lagoa dos Patos e região oceânica adjacente ao longo dos 20 meses de estudo. As barras verticais indicam o desvio padrão.....	16
Figura 7: Variações mensais da abundância de <i>Callinectes sapidus</i> por classe de tamanho, nos seis locais amostrados do estuário da Lagoa dos Patos e região marinha adjacente ao longo dos 17 meses de estudo.	18
Figura 8: Número de indivíduos nas diferentes fases de muda. 1= intermuda, 2= início da muda, 3= muda iminente, 4=pós-muda (carapaça mole).....	20
Figura 9: Porcentagem de indivíduos nos diferentes estágios de muda na área de estudo, no período compreendido entre dezembro de 2015 e junho de 2016. 1= intermuda, 2= início da muda, 3= muda iminente, 4=pós-muda (carapaça mole).....	21

Resumo

Callinectes sapidus é uma espécie de elevado interesse comercial e ampla distribuição geográfica, capaz de tolerar grandes variações de temperatura e salinidade. Estudos sobre o uso do habitat são de grande importância para a compreensão de processos biológicos que ocorrem ao longo da vida dos indivíduos da espécie. Pouco se conhece sobre as preferências *C. sapidus* a respeito da granulometria, matéria orgânica e escolha de refúgios, especialmente durante a muda. Os siris se tornam bastante vulneráveis durante o tempo que sua carapaça não está calcificada, alterando seu comportamento e buscando refúgios de acordo com o sexo, maturação e tamanho. Dessa forma, tem-se por objetivo analisar o uso do habitat por *C. sapidus* nas áreas rasas do estuário da Lagoa dos Patos e na área reprodutiva marinha adjacente. Para tal, arrastos mensais de cinco minutos foram realizados em seis pontos amostrais ao longo do estuário da Lagoa dos Patos. Foi determinado que nas zonas de alto estuário encontram-se a maior abundância de organismos das classes de tamanho menores (menores que 13 mm), assim como em estágio de muda, sugerindo que essa zona é utilizada como área de recrutamento e ambiente preferencial para proteção nos estágios de muda. Foi observado ainda um padrão migratório desde alto estuário até o baixo estuário. Tal migração ocorre em dois períodos do ano: de março e abril e a segunda em junho e julho. Essa migração seguiu uma sequência espacial em todos os pontos, terminando em outubro (primeira) e fevereiro (segunda). Agregando estes resultados a estudos anteriores em peixes e outros invertebrados, sugere-se que estas zonas sejam delimitadas como protegidas por serem importantes para o recrutamento de espécies de valor comercial no estuário. Além disso, o entendimento desse padrão avança mais uma etapa da história de vida de *C. sapidus* no estuário da Lagoa dos Patos, uma vez que coincide em épocas em que as fêmeas estão com as gônadas maduras para iniciar o processo reprodutivo.

Introdução

O siri-azul *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 é uma espécie ecologicamente e comercialmente importante, que se distribui no Atlântico Ocidental de forma disjunta, dos Estados Unidos até a Venezuela e do Brasil até a Argentina (Williams 1974). É considerado estuarino-dependente, uma vez que os adultos exibem alta tolerância às variações de salinidade e habitam frequentemente as zonas estuarinas (Yeager *et al.* 2007). Contudo, os estágios larvais são dependentes da água salgada e se desenvolvem na região marinha (Epifanio 2007). Seu padrão de migração é regulado pelo período de reprodução: machos e fêmeas se encontram para a cópula nas zonas internas dos estuários no fim do inverno. Após a cópula os machos geralmente permanecem no estuário, podendo se deslocar para áreas de menor salinidade. No entanto, as fêmeas desenvolvem suas gônadas e migram para a parte mais externa do estuário para realizar a desova que ocorre principalmente na primavera (Aguilar *et al.* 2005, Rodrigues & D’Incao 2014). As larvas passam então a fazer parte do plâncton, e através de seleção de correntes são transportadas e assentam no interior do estuário adjacente, normalmente em áreas rasas e com presença de vegetação (Tankersley & Forward 2007).

Os crustáceos, assim como outros artrópodes, necessitam trocar de exoesqueleto para crescer, em um processo chamado de ecdise ou muda. Durante este processo, os indivíduos tornam-se muito vulneráveis à predação, têm dificuldade para se alimentar e se movimentar (Kennedy & Cronin 2007). Por conta dessa vulnerabilidade, durante a muda os crustáceos decápodos, costumam procurar locais para refúgio até que sua carapaça esteja rígida o suficiente para oferecer proteção (Heck & Coen 1995). A muda é um processo fisiológico muito importante, e os indivíduos passam uma grande parte de seu tempo de vida tanto se recuperando de uma muda quanto se preparando para a próxima (Drach 1939). O ciclo de mudas em geral apresenta quatro estágios: **pré-muda**, quando o animal acumula reservas

energéticas e inicia o processo de reabsorção do cálcio do exoesqueleto antigo que permanecerá na hemolinfa, e devido a isso começarão a aparecer as linhas de muda em locais chave, que permitirão a saída do animal da carapaça antiga; **muda**, quando o animal encontra-se com o corpo mole e começa a absorver água tanto por osmose quanto de forma ativa, aumentando seu tamanho e peso; **pós-muda** quando é secretada a cutícula interna e ocorre o endurecimento e calcificação do novo exoesqueleto a partir do cálcio dissolvido na hemolinfa, e por fim a **intermuda**, período em que o animal se alimenta normalmente e está com a carapaça completamente rígida (Drach 1939, Chang 1985). A busca por refúgio acontece durante o processo de muda, independentemente do tamanho ou estágio de vida dos indivíduos sendo particularmente importante durante a cópula. Isso porque o pareamento e a transferência do espermatóforo ocorre apenas quando as fêmeas estão com a carapaça mole. Neste momento ocorre a muda da puberdade para as fêmeas, que é a passagem da fase juvenil à adulta, e após este evento elas não sofrerão outras ecdises ao contrário dos machos que continuam a crescer e a sofrer mudas, embora mais espaçadas e com maior investimento energético (Hartnoll 1969, Bliss 1982).

No estuário de Chesapeake Bay (Estados Unidos) foi observado o aumento do número de machos e siris em estágio de pré-muda na área próxima à saída do rio Rhode, enquanto os indivíduos em pós-muda e com maiores tamanhos, bem como fêmeas maduras, ocuparam regiões do baixo estuário, mais próximas da região marinha. Assim o uso de diferentes habitats pode estar relacionado ao tamanho do indivíduo, sexo e estágio de muda (Hines 1987, Posey *et al.* 2005, Ruas *et al.* 2014). Ainda, a partição espacial do ambiente pode estar relacionada com características de fundo, onde áreas com alto teor de matéria orgânica e sedimentos finos, como silte e argila, podem ser produtivas para espécies bentônicas (Santos *et al.* 1994).

Embora informações gerais sobre o ciclo reprodutivo desta espécie estejam disponíveis, aspectos como: a seleção de habitat no interior de áreas marinhas e rasas dos estuários, a

característica do sedimento para as diferentes fases bentônicas do ciclo de vida da espécie e o conhecimento de possíveis áreas preferenciais onde os animais possam realizar o processo de muda na região, ainda carecem de maior detalhamento. Portanto, a compreensão dos fatores que influenciam a reprodução e uso do habitat do *C. sapidus* é de grande importância para um melhor entendimento da sua biologia e, conseqüentemente, para futuras estratégias de manejo.

Objetivos

Geral

Analisar o uso do habitat por *Callinectes sapidus* nas áreas rasas do estuário da Lagoa dos Patos e na área reprodutiva marinha adjacente.

Específicos

Analisar os padrões mensais de distribuição por sexo, tamanho, estágio de muda e estágio de maturação sexual assim como sua relação com as diferentes áreas amostradas e com os parâmetros ambientais avaliados (salinidade, temperatura e tipo de fundo).

Identificar áreas potencialmente utilizadas como refúgio para o processo de muda.

Materiais e Métodos

Área de estudo

O estuário da Lagoa dos Patos (ELP) localiza-se no Atlântico Sudoeste e a única comunicação entre a região estuarina e o mar ocorre através de um estreito canal delimitado pelos molhes da Barra de Rio Grande, por onde ocorrem os movimentos das diferentes espécies que utilizam esta região (Chao *et al.* 1985, Garcia *et al.* 2004). As principais entradas de água dulcícolas do estuário se devem a cinco rios na área norte e central da

laguna, e a hidrodinâmica do estuário é regulado principalmente pelo vento (do NE durante o verão e S durante o inverno) e pela pluviosidade (Möller *et al.* 1991, Fernandes *et al.* 2002).

Os dados utilizados no presente trabalho são oriundos do Projeto de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (Ictio/PELD CNPq-MCT), onde foram amostrados seis pontos (~1,5m de profundidade) ao longo do estuário e na área marinha adjacente (Figura 1), que permitem classificá-los em quatro áreas: EMA (área marinha adjacente), Prainha (Baixo estuário), Mangueira e Franceses (Médio estuário), Porto Rei e Torotama (Alto estuário). Mesmo que tradicionalmente os pontos na volta da ilha dos Marinheiros (Porto Rei) sejam considerados como médio estuário por outros autores (Noletto-Filho *et al.* 2017), neste trabalho optou-se por considerá-los como alto estuário por causa das altas precipitações no ano de estudo e a consequente baixa de salinidade. Juvenis de siri estão comumente associados a tipos de fundos vegetados (Asmus 1984, Ruas *et al.* 2014), desta forma foi observada a presença de vegetação nos locais de estudo escolhidos. As zonas rasas da Torotama apresentaram vegetação submersa durante todo o período amostral, Porto Rei também apresentou vegetação submersa durante a maior parte do período de estudo, enquanto os outros pontos amostrais não apresentaram nenhum tipo de vegetação. Os pontos Porto Rei e Mangueira encontram-se dentro de sacos o que os fazem zonas protegidas da alta hidrodinâmica do estuário.

Procedimentos

Foram realizados cinco arrastos mensais de 5 minutos em cada ponto, entre fevereiro de 2015 e junho de 2016, com uma rede de praia do tipo picaré em zonas com profundidade média inferior a 1,5 m. As dimensões da rede foram 9 m de comprimento, 13 mm de distância entre nós nas asas e 5 mm no centro. A salinidade, transparência e temperatura da água foram

obtidas concomitantemente às amostragens biológicas, através de termômetro de mercúrio ($\pm 1^\circ\text{C}$), refratômetro manual e disco de Secchi, respectivamente.

Para análise de conteúdo de matéria orgânica e granulometria foram coletadas três amostras de sedimento superficial por ponto com um tubo PVC de 10 cm de diâmetro (área: $0,00784 \text{ m}^2$) em cada coleta entre dezembro 2015 e junho 2016, para avaliar as características do fundo no período mais crítico para a reprodução e recrutamento do siri azul. As amostras foram secadas em estufa a 50°C por 24 horas. O teor de matéria orgânica foi calculado pelo método de perda de peso após calcinação (Davies 1974). Para a análise granulométrica, aproximadamente 30 g do sedimento seco foi submetido a peneiramento sequencial, onde foi separado em intervalos de 1 phi segundo a escala de Wentworth (1922) entre os 4 - 0,063 mm.

O sexo e a maturidade morfológica foram verificados através do exame do abdome (Van Engel 1958). A identificação dos estágios de muda foi feita através da análise da cor do própodo do apêndice natatório (5º par de pereópodos), onde o aparecimento de uma linha verde que gradualmente vai se tornando rósea e por fim avermelhada, indica o momento em que a carapaça nova está pronta (Fig. 2) (Kennedy & Cronin 2007). As avaliações dos estágios de muda foram realizadas mensalmente entre dezembro 2015 a junho 2016, igualmente para caracterizar os locais e variação das mudas no momento mais crítico para a reprodução e recrutamento do siri azul. Siris menores que 25 mm não foram utilizados por apresentarem pereópodos pequenos que inviabilizavam a identificação das linhas de muda. Adicionalmente foi medida a largura de carapaça na base dos espinhos laterais e verificado o peso de cada indivíduo (balança analítica; $\pm 0,0001\text{g}$).

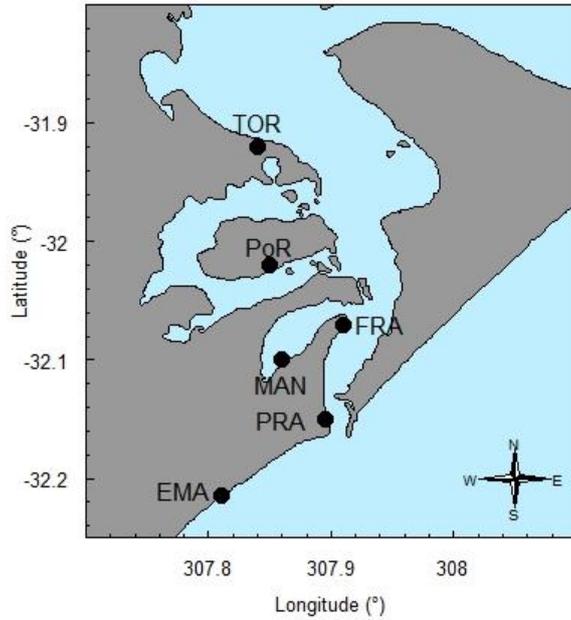


Figura 1: Área de estudo, com destaque para os pontos de coleta utilizados.



Figura 2: Apêndices natatórios de *C. sapidus*, indicando as linhas que servem como sinais para identificação do estágio de muda. Da esquerda para a direita, linha verde (intermuda), linha branca (início do processo de muda), linha rósea (pré-muda) e linha vermelha (muda iminente) (modificado de Kennedy & Cronin 2007).

Os indivíduos foram separados por classes de tamanho, adaptando a metodologia de Posey *et al.* (2005) que se baseia no uso do habitat para os diferentes estágios de juvenis, adicionando uma classe de tamanho extra que se baseia no tamanho mínimo de maturação obtido com os resultados do presente estudo, acima da qual foram considerados adultos: Classe 1 (< 13 mm), Classe 2 (13-25 mm), Classe 3 (25-54,3 mm), Classe 4 (>54,4 mm). O cálculo da razão sexual foi feito através da divisão no número de fêmeas pelo de machos.

Análises

Para caracterizar os pontos com base nas variáveis abióticas foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA). Uma Análise de Variância Permutacional Multivariada (PERMANOVA) de três fatores fixos foi utilizada para testar hipóteses de diferenças na abundância de indivíduos entre os locais, meses e sexo. A PERMANOVA foi realizada a partir de uma matriz de distância euclidiana construída com os dados de abundância total transformados em $\log(x+1)$. Para reduzir o efeito da ausência de indivíduos entre as amostras foi adicionado um valor de 1 a todas as amostras (Clarke *et al.* 2006). Para testar as diferenças entre a abundância de organismos por estágio de muda entre os fatores local, meses e sexo foi realizada uma PERMANOVA, a partir de uma matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis dos dados de abundância de cada estágio de muda. Para relacionar as variáveis biológicas (classes de tamanhos / estágios de muda) com as variáveis ambientais da coluna de água e o sedimento foram realizadas correlações de Spearman. Diferenças significativas foram consideradas com intervalo de confiança de 95%. Todas as análises foram realizadas no software R (R Core Team 2017).

Resultados

Variáveis Abióticas

A análise de componentes principais (PCA) explicou 50% da variação abiótica das localidades, separando os pontos EMA e Torotama como locais de características semelhantes, agrupados principalmente pelo alto percentual de sedimentos finos (menores que 0,125 mm; >20% da composição do sedimento). Um segundo grupo foi formado pelos pontos Franceses, Porto Rei e Prainha, os quais apresentam uma porcentagem de areias muito finas menor que 5% e de areias finas maior a 57%. O local mais heterogêneo foi a Mangueira com uma predominância de areias médias (51%) e aproximadamente 7.3% sedimentos grossos (maior

que 0,50 mm). As areias finas representaram mais de 50% da composição granulométrica em todos os pontos (Figuras 3 e 4).

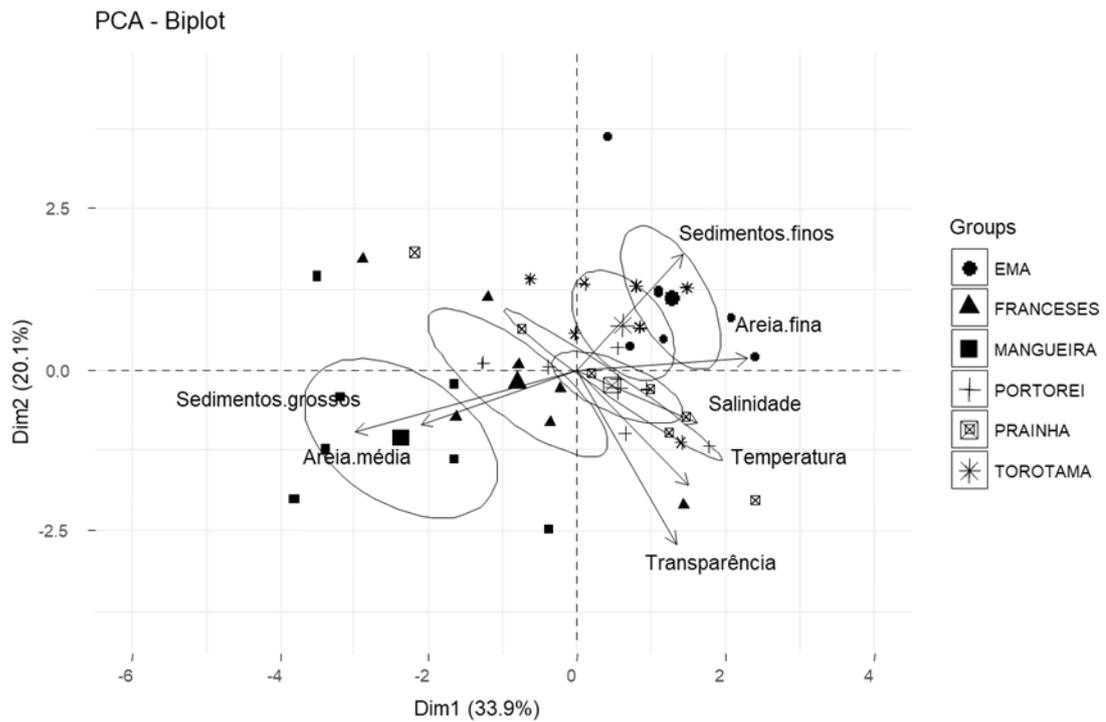


Figura 3. Análise de componentes principais (PCA) mostrando o agrupamento dos locais estudados com base nas variáveis ambientais da coluna de água e sedimento medidas no período entre dezembro de 2015 e junho de 2016.

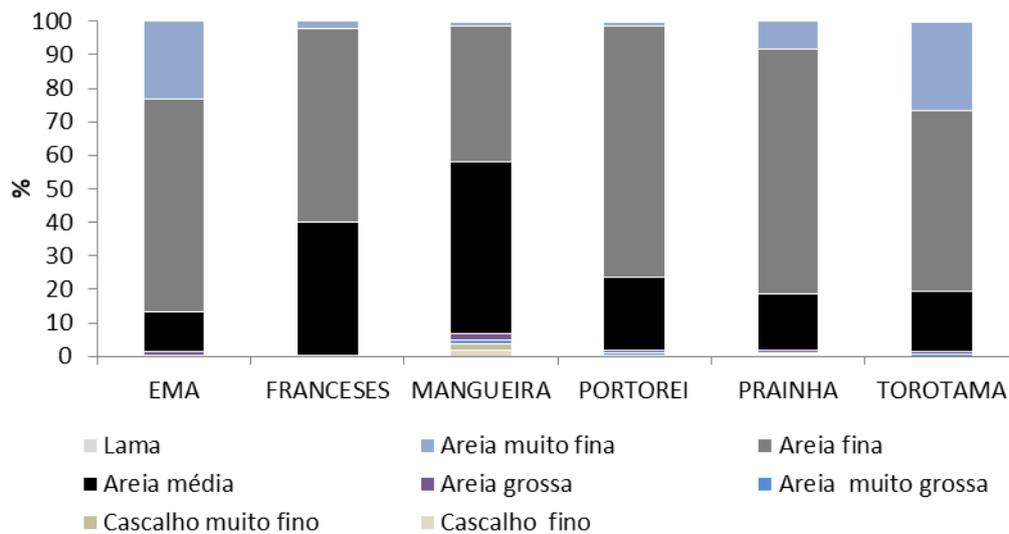


Figura 4. Porcentagem dos diferentes tamanhos de grão no sedimento ao longo das seis localidades estudadas.

Analisando a variação da estrutura granulométrica de cada local foi observado que, para o ponto EMA, houve bastante oscilação mensal, sendo as areias finas o principal constituinte do sedimento e a fração com maior variação. Em dezembro as areias finas representaram aproximadamente 70% do sedimento e as muito finas aproximadamente um 20%. A porcentagem de areias finas diminuiu em janeiro aumentando principalmente as areias médias, processo revertido em fevereiro. Março e abril foram os meses com menor quantidade de areias finas e maior porcentagem de areias muito finas. Aumentando de novo em maio e junho a proporção das areias finas (Figura 5). Na Prainha as frações granulométricas mais representativas foram 0,250 e 0,125 mm (areia média e fina, respectivamente) mantendo-se assim ao longo dos meses, a fração de 0,0063 mm (areias muito finas) foi presente no mês de dezembro de 2015 quase não ocorrendo nos demais meses. Já nos meses de maio e junho as frações granulométricas maiores foram presentes diminuindo a fração de 0,125 mm (areias finas; Figura 5).

No ponto Franceses, as frações de 0,250 e 0,125 mm foram as mais representativas, com picos de 0,250 em dezembro de 2015 e maio de 2016. Em janeiro de houve uma presença de sedimento muito fino (0,063 mm) (Figura 5). No ponto Mangueira, seguiu a tendência de dominância dos sedimentos finos, mas ao contrário dos demais locais apresentou quantidades significativas de cascalho fino e muito fino, que são as frações de sedimento grosseiras, ocorrendo principalmente nos meses de dezembro de 2015 e janeiro de 2016 (Figura 5). No Porto Rei foram obtidas as maiores quantidades de areia muito fina em relação aos demais locais, seguido por ocorrência de areia fina que se apresentou em maior quantidade no mês de maio de 2016 (Figura 5). Por fim Torotama foi o ponto que apresentou a maior porcentagem de sedimento lama (0,23%-1,03%), enquanto os outros pontos dentro do estuário apresentaram porcentagem de lama menor a 0,1%. Considerando a variação mensal da granulometria,

fevereiro de 2016, foi o que apresentou a maior quantidade tanto de sedimentos muito finos quanto de lama (Figura 5).

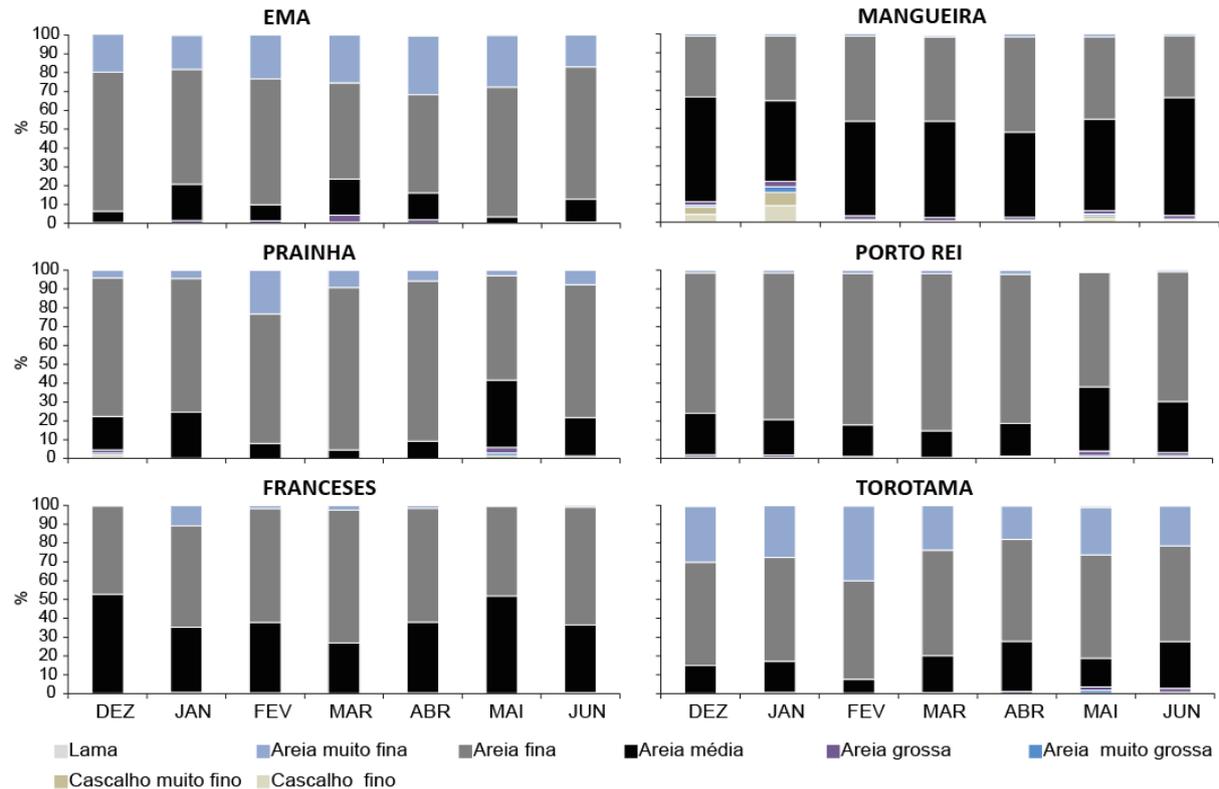


Figura 5: Porcentagem dos diferentes tamanhos de grão no sedimento para cada uma das 6 localidades estudadas.

A maior percentagem de matéria orgânica foi encontrada na EMA ($13,32 \pm 7,46$ %), sendo mais do dobro do valor encontrado em qualquer outro ponto amostral. A quantidade de matéria orgânica média foi diminuindo em direção ao alto estuário (Prainha $2,03 \pm 1,83$ %, Franceses $1,18 \pm 1,69$ %, Mangueira $0,81 \pm 0,57$ %, Porto Rei $0,81 \pm 0,99$ e Torotama $0,69 \pm 0,73$ %). Primavera e verão foram as estações do ano que apresentaram maior percentagem de matéria orgânica para todas as localidades (Tab. 1). Em todas as localidades o padrão de oscilação da temperatura foi similar, sendo mais quente nos meses do verão (Tab. 1). As temperaturas máximas e mínimas foram muito parecidas em todos os pontos com máximas passando dos

30°C e mínimas perto dos 15°C. Com relação à salinidade, no ponto EMA, os maiores valores foram observados em meses de verão e primavera (Tab. 1). A salinidade tanto em Porto Rei quanto em Torotama apresentou seus maiores valores no outono (Tab. 1).

Tabela 1. Variação na temperatura e salinidade ao longo das estações do ano em cada localidade amostrada.

Local	Estação	Temperatura (°C)	Salinidade	Transparência (m)	Matéria orgânica (%)
EMA	verão	25,15±2,6	33±1,5	0,1±0,1	7,4±1,7
	outono	17,6±4,3	29,8±3,7	0,2±0,06	25,3±0
	inverno	17,33±1,7	28,3±2,5	0,2±0,1	-
	primavera	20,33±0,4	27,6±2,4	0,2±0,2	15±6,4
FRANCESES	verão	27,14±1,3	4,7±8,3	0,3±0,2	0,3±0,1
	outono	19,17±3,8	11,4±8,6	0,5±0,3	4,6±0
	inverno	17,91±1,2	1,7±0,9	0,3±0,1	-
	primavera	22,38±0,7	1,8±1,3	0,2±0,1	10,7±11,4
MANGUEIRA	verão	27,78±1,3	5,7±8,7	0,4±0,3	2±0,8
	outono	21,75±3,7	11,3±5,5	0,5±0,1	6,5±0
	inverno	18,92±1,1	1,2±1,5	0,3±0,1	-
	primavera	22,23±0,6	1,7±1,2	0,1±0,08	5,6±3,6
PORTOREI	verão	25,51±3,6	11,3±7,9	0,6±0,2	1,9±0,9
	outono	21,79±3,8	6,1±7,3	0,4±0,2	6,1±0
	inverno	18,5±1,3	1,5±1,8	0,3±0,07	-
	primavera	24,1±2	3,5±1,5	0,5±0,1	8,7±9,2
PRAINHA	verão	27,3±1,2	11,5±14,5	0,4±0,2	0,9±0,4
	outono	19,1±3,8	22,1±11,3	0,6±0,2	6±0
	inverno	18,4±1,7	5,8±2,6	0,3±0,02	-

	primavera	22,2±1,3	1,7±2	0,2±0,1	1,7±0,9
TOROTAMA	verão	32,2±1,6	1,4±3,2	0,4±0,2	1,7±1,8
	outono	24,1±5,2	7,2±7,9	0,4±0,3	14,1±0
	inverno	20±1,9	0,3±0,9	0,1±0,02	-
	primavera	25,7±0,4	3±0	0,2±0,04	3,7±1,8

Dados de Abundância

Foram coletados 1174 indivíduos ao longo do estuário. As maiores abundâncias ocorreram no final do verão e início do outono (março-abril) para os dois anos de estudo com um segundo pico de abundância no final do inverno (agosto) (Figura 6).

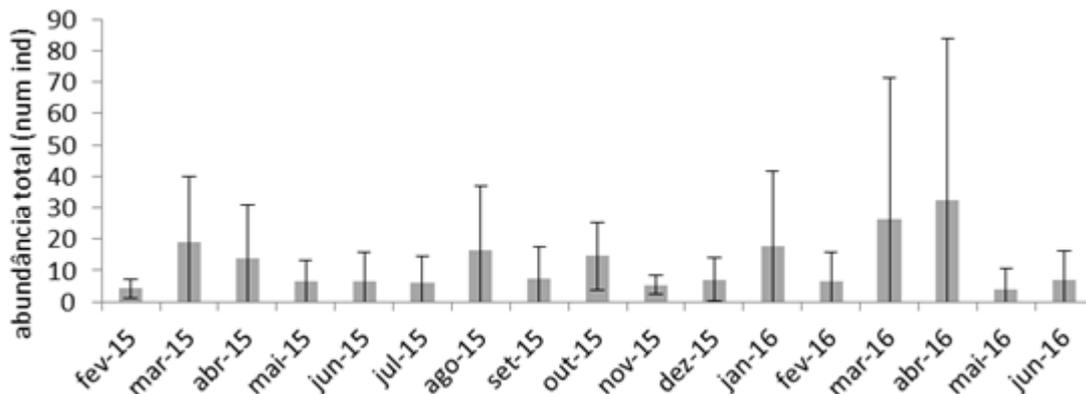


Figura 6: Abundância total de *Callinectes sapidus* no estuário da Lagoa dos Patos e região oceânica adjacente ao longo dos 20 meses de estudo. As barras verticais indicam o desvio padrão.

Houve diferenças significativas na abundância de organismos entre os pontos, sexos e meses, assim como na interação entre local e mês (Tab. 2). Devido a isto as análises posteriores irão se focar na interação local-mês e na separação por sexo.

Tabela 2: Resultado da análise PERMANOVA para as diferenças na abundância de organismos. Fatores grifados em cinza indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

	Df	Sums Of Sqs	MeanSqs	F.Model	R2	Pr(>F)
PONTO	6	777,1	129,508	26,734	0,1486	0,001
SEXO	3	565	188,338	38,878	0,10805	0,001
MES	16	351,3	21,956	4,532	0,06718	0,001
PONTO:SEXO	16	126	7,877	1,626	0,0241	0,132
PONTO:MES	78	586,8	7,523	1,553	0,11221	0,03
SEXO:MES	47	318,7	6,781	1,4	0,06095	0,141
PONTO:SEXO:MES	93	212,9	2,29	0,473	0,04072	0,988
RESIDUALS	473	2291,4	4,844		0,43819	
TOTAL	732	5229,2			1	

As maiores abundâncias de juvenis foram encontradas nos pontos do alto estuário (Torotama e Porto Rei) e as menores abundâncias nas águas marinhas adjacentes ao estuário (EMA). No ponto EMA durante o outono e inverno não houveram indivíduos, com capturas esporádicas na primavera e verão. Neste local foram encontrados principalmente adultos, exceto em fevereiro de 2015 quando foram capturadas todas as classes de tamanho. Na Prainha ocorreram indivíduos durante quase todo o ano de 2015 com baixas abundâncias, principalmente da Classe 3, mas durante 2016 só foi coletado um indivíduo da Classe 3 em fevereiro. No ponto Franceses observou-se uma predominância das classes de tamanho maiores (Classe 3 e 4), sendo observados recrutas (Classe 1) apenas nos meses de abril e outubro de 2015 e em março de 2016. Nos pontos Porto Rei e Torotama sempre as classes mais abundantes foram as de menor tamanho (1,2 e 3), com destaque de presença quase

exclusiva da Classe 1 nesses pontos mais o ponto Mangueira. A presença nestes pontos foi observada no verão e começo de outono e um pico secundário no inverno (Figura 7).

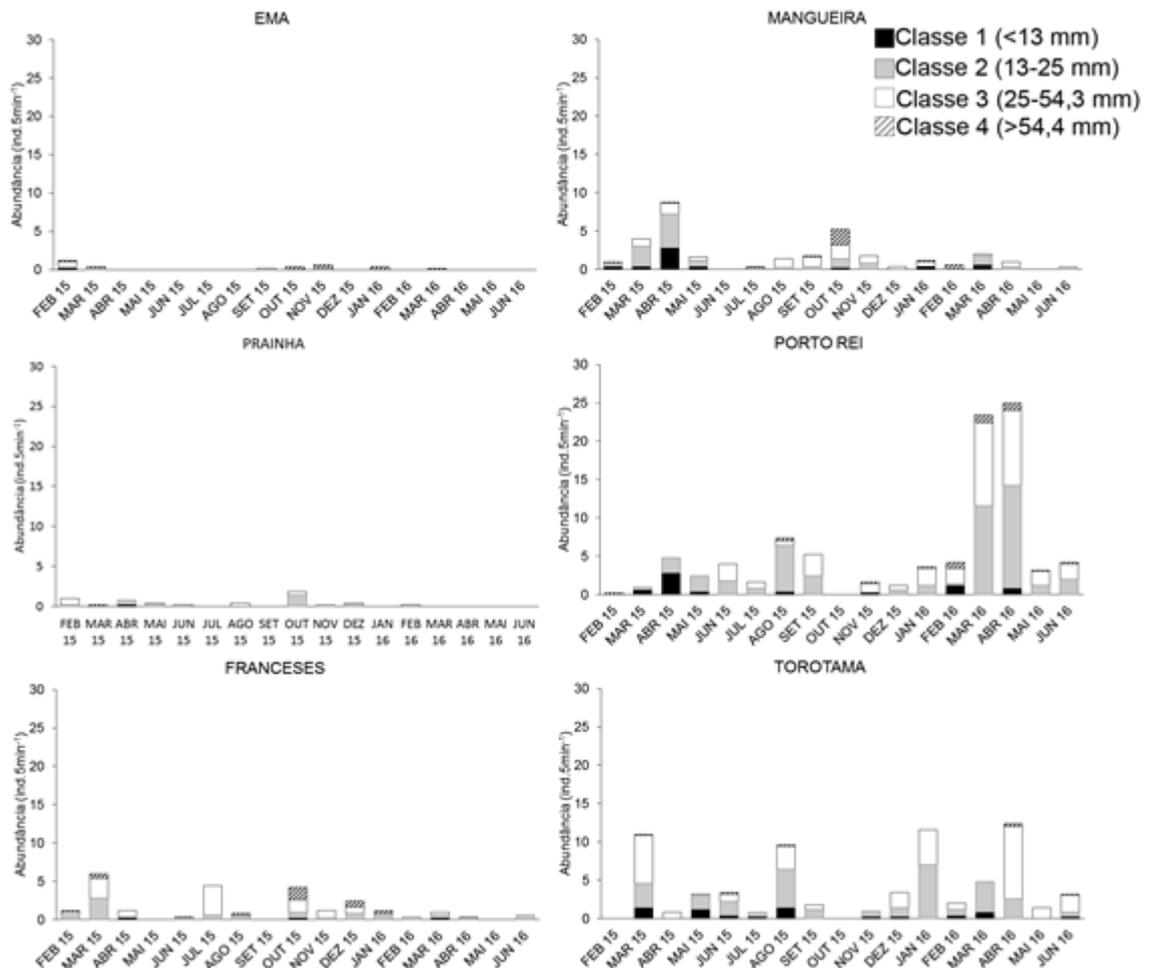


Figura 7: Variações mensais da abundância de *Callinectes sapidus* por classe de tamanho, nos seis locais amostrados do estuário da Lagoa dos Patos e região marinha adjacente ao longo dos 17 meses de estudo.

Os resultados da análise da razão sexual indicam que a proporção nos pontos próximos à desembocadura do estuário (EMA, Prainha) foi bastante parecida à proporção de 1:1. Exceção a esta razão foi observada no final do verão quando houve uma dominância absoluta (100%) de fêmeas na EMA e no inverno-primavera em Prainha. Pelo contrário, na Torotama em poucas vezes dominaram as fêmeas (Tab. 3).

Tabela 3 Proporção sexual F:M para os locais de coleta no estuário da Lagoa dos Patos durante os 17 meses de estudo. Números em negrito indicam maior proporção de fêmeas em relação aos machos.

	EMA	PRAINHA	FRANCESES	MANGUEIRA	PORTO REI	TOROTAMA
fev-15	0,50	0,50	0,17	0,33	1,00	-
mar-15	1,00	0,00	0,29	0,10	0,00	0,40
abr-15	-	0,00	0,40	0,29	0,00	0,50
mai-15	-	0,50	-	0,20	0,29	0,11
jun-15	-	0,00	0,00	-	0,63	0,36
jul-15	-	-	0,50	0,50	0,25	0,50
ago-15	-	1,00	0,50	0,67	0,28	0,31
set-15	0,00	-	-	0,33	0,38	0,29
out-15	0,50	0,63	0,37	0,41	NC	NC
nov-15	0,00	0,00	0,33	0,56	0,71	1,00
dez-15	-	0,50	0,42	0,67	0,14	0,47
jan-16	0,50	-	0,44	0,83	0,52	0,35
fev-16	-	0,00	0,50	0,67	0,61	0,50
mar-16	1,00	-	0,67	0,50	0,28	0,11
abr-16	-	-	0,00	0,40	0,31	0,48
mai-16	-	-	-	-	0,44	0,29
jun-16	-	-	0,33	0,00	0,29	0,27

Variação espaço-temporal das mudas

A maioria dos organismos encontrados estava no período intermuda, sendo as variações espaço-temporais observadas principalmente pertencentes aos da Classe 3. Os indivíduos em

muda foram coletados principalmente no verão, particularmente nos meses de janeiro e março, e a menor abundância foi no outono (Figura 8).

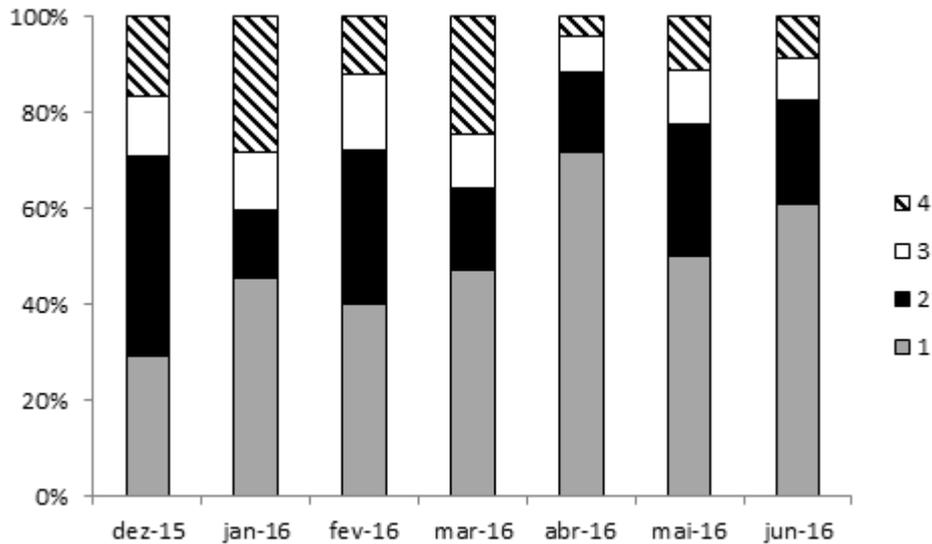


Figura 8: Número de indivíduos nas diferentes fases de muda. 1= intermuda, 2= início da muda, 3= muda iminente, 4=pós-muda (carapaça mole).

Comparando-se indivíduos em muda/intermuda foram encontradas diferenças significativas somente entre os pontos amostrados (Tab. 4), com os siris em muda concentrando-se mais nas regiões da Torotama e Porto Rei, além de coincidir com os resultados das maiores abundâncias de juvenis (Figura 9).

Tabela 4: Resultado da análise PERMANOVA para as diferenças na abundância de organismos por estágio de muda. Fatores grifados em cinza indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

	Df	Sums of Sqs	MeanSqs	F.Model	R2	Pr(>F)
PONTO	5	0.050918	0.0101836	3.6018	0.18598	0.001
MÊS	1	0.000277	0.0002772	0.0981	0.00101	0.907
SEXO	1	0.004462	0.0044624	1.5783	0.01630	0.184
PONTO:MÊS	5	0.017330	0.0034661	1.2259	0.06330	0.272
PONTO:SEXO	5	0.011594	0.0023188	0.8201	0.04235	0.649
MÊS:SEXO	1	0.006326	0.0063261	2.2375	0.02311	0.108
PONTO:MÊS:SEXO	5	0.013228	0.0026456	0.9357	0.04832	0.510
RESIDUALS	60	0.169640	0.0028273		0.61963	
TOTAL	83	0.273775			1.00000	

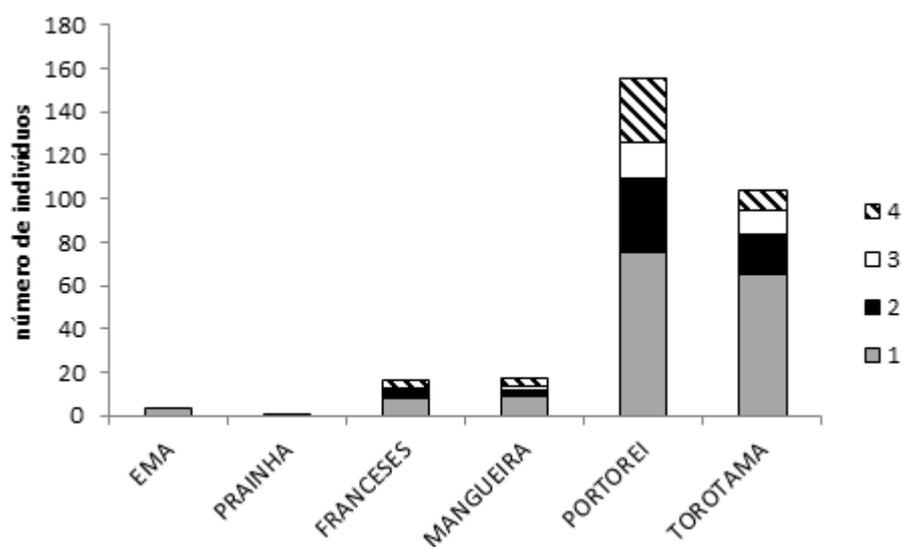


Figura 9: Porcentagem de indivíduos nos diferentes estágios de muda na área de estudo, no período compreendido entre dezembro de 2015 e junho de 2016. 1= intermuda, 2= início da muda, 3= muda iminente, 4=pós-muda (carapaça mole).

Relação entre parâmetros ambientais e abundância por classes de tamanho e muda

A abundância total de indivíduos esteve relacionada principalmente com as características do sedimento nos pontos avaliados. Para melhor caracterização da influência do tamanho de grão do sedimento nos organismos, os grãos mais grossos ($>0,500$ mm) foram agrupados na categoria sedimentos grossos, assim como os grãos mais finos ($<0,125$ mm) foram agrupados como sedimentos finos. Ao analisar as correlações entre os parâmetros ambientais e as classes de tamanho foi observado que os indivíduos menores (Classe 1) estiveram positivamente correlacionados com a transparência da água e a temperatura. Os organismos da Classe 2 tiveram correlações positivas com os sedimentos finos e a transparência e negativamente com os sedimentos grossos. Ainda, na Classe 3 foi observado correlações significativas com quase todas as variáveis ambientais com exceção da temperatura e transparência da água. Finalmente a Classe 4 não foram detectadas correlações significativas com nenhuma das variáveis analisadas (Tab. 5).

Tabela 5: Correlações de Spearman entre as classes de tamanho de *Callinectes sapidus* para o estuário da Lagoa dos patos e águas marinhas adjacentes e as diferentes variáveis ambientais. Números grifados em cinza indicam correlações significativas.

	Classe 1		Classe 2		Classe3		Classe4	
	Rho	p-value	Rho	p-value	Rho	p-value	Rho	p-value
Temperatura	0,12	0,03	0,05	0,34	-0,02	0,71	0,007	0,88
Salinidade	-0,02	0,07	-0,07	0,14	-0,22	<0,001	0,016	0,75
Transparência	0,11	0,04	0,13	0,01	-0,07	0,21	0,03	0,55
Materia orgânica	-0,06	0,20	-0,07	0,14	-0,2	<0,001	-0,03	0,62
Sedimentos grossos	-0,03	0,51	-0,15	0,002	-0,12	0,02	-0,03	0,51
Areia média	-0,01	0,90	-0,06	0,26	-0,29	<0,001	0,022	0,65
Areia fina	-0,04	0,42	0,01	0,77	0,15	<0,001	0,04	0,45
Sedimentos finos	0,05	0,26	0,11	0,03	0,24	<0,001	-0,07	0,16

Ao correlacionar os diferentes estágios de muda com as variáveis ambientais foi observado que os organismos em período intermuda e pós-muda se correlacionaram positivamente com a temperatura. Salinidade resultou negativamente significativa para início de muda, muda iminente e pós muda. E a matéria orgânica resultou positivamente correlacionada com a muda iminente e pós muda (Tab. 6).

Tabela 6: Correlação de Spearman entre os diferentes estágios de muda de *Callinectes sapidus* para o estuário da Lagoa dos patos e águas marinhas adjacentes e as diferentes variáveis ambientais. Números grifados em cinza indicam correlações significativas.

	Intermuda		Início de muda		Muda iminente		Pós muda	
	Rho	p-value	Rho	p-value	Rho	p-value	Rho	p-value
Temperatura	0,28	0,01	0,12	0,28	0,17	0,13	0,29	0,01
Salinidade	-0,20	0,07	-0,24	0,03	-0,33	<0,001	-0,21	0,05
Transparência	-0,05	0,66	0,09	0,41	-0,02	0,88	0,18	0,1
Materia orgânica	0,05	0,64	0,09	0,44	0,05	0,68	0,26	0,02
Sedimentos grossos	0,09	0,40	0,06	0,63	0,028	0,8	0,04	0,74
Areia média	0,06	0,56	-0,01	0,94	-0,06	0,62	-0,05	0,65
Areia fina	-0,11	0,34	-0,02	0,34	0,01	0,94	0,16	0,16
Sedimentos finos	0,09	0,39	-0,04	0,75	0,08	0,46	0,01	0,91

Discussão

A importância comercial de *Callinectes sapidus* tem gerado um grande número de estudos sobre a biologia da espécie em todas as suas fases, sendo os principais estudos realizados na costa do Atlântico na Carolina do Norte e Georgia (EUA) (Pile *et al.* 1996, Heck *et al.* 2001, Posey *et al.* 2005). Desta forma estudos no Atlântico sul são necessários, no sentido de investigar possíveis diferenças nos padrões populacionais, particularmente aqueles relevantes para o manejo da espécie.

No presente estudo, as maiores abundâncias de juvenis de *C. sapidus*, foram encontradas nos períodos de final de verão e início de outono, quando ocorre um aumento na

temperatura da água. A temperatura da água é um dos principais fatores que influenciam as propriedades fisiológicas dos decápodos, podendo alterar a forma do crescimento, tempo entre mudas, processos reprodutivos, de recrutamento, entre outros (Green *et al.* 2014). A abundância de indivíduos com comprimentos menores de 54,3 mm no período de inverno pode ser reflexo de uma desova tardia das fêmeas. Isto foi verificado baseando-se no modelo de crescimento invertido de Von Bertalanffy (1938), dada por $t_0 = t + (1/k) - (\ln[(L_\infty - L_t)/L_\infty])$, proposta por King (2007) e utilizando os valores de K e L_∞ obtidos por Rodrigues & D’Incao (2014). Desta forma, foi estimado que indivíduos com 54,3 mm de comprimento apresentaram aproximadamente 3 meses de idade. Rodrigues & D’Incao (2014), reportam que a partir do final da primavera e início do verão ocorre a desova das fêmeas no ELP, essa desova por variações nas condições ambientais pode se estender até o final do outono. No entanto as diferenças de abundância entre o pico de recrutamento do verão e do inverno apontam a que este recrutamento tardio não tem tanto sucesso quanto o de verão e possivelmente é menos importante para a renovação da biomassa do estoque.

Quanto à variação espacial, foi observado que as maiores abundâncias se encontraram nas áreas de menor salinidade (alto estuário) e maior presença de vegetação submersa: fanerógamas, *Ruppia maritima*, e macroalgas durante o período amostral. Estas áreas também de grande importância para o ictioplâncton e outras espécies de invertebrados que utilizam esses ambientes para seus processos biológicos (Costa *et al.* 2015). Provavelmente a salinidade não mostrou correlações significativas por seu efeito estar em sinergia com outros fatores ambientais como a presença da vegetação submersa e os sedimentos mais finos. As áreas de salinidades inferiores de estuários costeiros proporcionam áreas apropriadas para o recrutamento devido a uma redução na pressão de predação para os juvenis (Posey *et al.* 2005). Embora alguns estudos indiquem que há um alto custo metabólico em função das variações de salinidade (Guerin *et al.* 1992), ele é compensado pela grande disponibilidade de presas

(Kinsey *et al.* 2003). No entanto, salinidades muito baixas podem comprometer a sua sobrevivência, o que foi evidenciado com a diminuição na abundância durante a primavera do ano de estudo, que devido ao grande volume de chuvas a salinidade se manteve próxima de zero. Para *Portunus pelagicus* têm sido reportadas emigrações em massa de juvenis para habitats alternativos precedendo reduções de salinidade sazonal em estuários da Austrália (Potter & Lestang, 2000), o que também pode ocorrer para *C. sapidus* nas zonas rasas do ELP.

A baixa captura de adultos (>54,4 mm) pode ser devido à preferência destes por áreas de maior profundidade (> 1,5 m utilizado por este estudo), o que levaria a uma diminuição na competição por recursos com os juvenis. Outra estratégia para evitar a competição entre os juvenis é uma migração secundária para áreas não vegetadas quando alcançam o sétimo instar (20-30 mm) (Hines *et al.* 1987, Orth & Van Montfrans 1987, Pile *et al.* 1996, Seitz *et al.* 2003, Forward *et al.* 2005). Provavelmente esta migração secundária ocorre na Lagoa dos Patos em tamanhos maiores, sendo que grandes abundâncias de juvenis entre 25-54,3 mm ainda foram encontrados com evidente presença de vegetação.

De acordo com nossos resultados parece que a distribuição espacial de *C. sapidus* no ELP, é influenciada por características granulométricas do sedimento. Apesar de os pontos apresentarem características distintas, todos apresentaram predomínio de sedimentos finos e muito finos, com ocorrência de sedimento grosso apenas no ponto Mangueira. Os pontos estudados no alto estuário apresentaram um maior teor de areias e sedimentos finos, coincidindo com a flutuação da proporção destes sedimentos com a variabilidade da abundância dos organismos. A preferência por lama (Torotama) e areais finas (Porto Rei) pode ser explicada pelo fato de os portunídeos possuírem o hábito de se enterrar no substrato, tanto para a proteção de predadores como para facilitar a captura de presas ágeis como peixes (Pinheiro *et al.* 1997). Os indivíduos das classes 2 e 3 foram os que apresentaram correlações positivas e significativas com as frações mais finas do sedimento. Estes indivíduos são os que

estariam na fase de transição entre os recrutas (que utilizam as zonas vegetadas como refúgio) e os juvenis já com tamanho suficiente para se defender que utilizam o sedimento mais fino para se enterrar como mecanismo de defesa (Posey *et al.* 2005). Indivíduos menores se correlacionaram negativamente com o conteúdo de matéria orgânica, isto aconteceu provavelmente porque esse parâmetro foi maior no ponto EMA, o qual não é local de recrutamento. Esta correlação não indica que os siris recém-recrutados não dependam da matéria orgânica. Cabe ressaltar que em fevereiro de 2015 houve recrutamento de siris neste ponto, possivelmente pelas fortes chuvas que ocasionaram uma grande vazão da laguna (www.inmet.gov.br). Provavelmente, as larvas não conseguiram entrar no estuário e acabaram recrutando na região da praia que passou a simular algumas características estuarinas, principalmente no que diz respeito ao sedimento fino (Calliari *et al.* 2003) e salinidade baixa. Num ambiente estuarino simulado com estas condições ambientais descritas acima e de curta duração falta entender se esses recrutas conseguem sobreviver e chegar à fase adulta, ou se acabam por morrer sob as condições próprias da praia.

Verificou-se que o maior número de indivíduos nos estágios de muda iminente e pós-muda também localizavam-se nos pontos Porto Rei e Torotama (alto estuário). Indivíduos no estágio de pré-muda habitam esta área, já que um ambiente protegido minimiza a mortalidade por predação e canibalismo (Hines *et al.* 1987). Já indivíduos no estágio de pós-muda estão presentes nestas áreas, pois há uma vantagem no acúmulo de minerais e outros nutrientes necessários para a recalcificação do exoesqueleto (Vigh & Dendinger 1982). Por todas estas vantagens essas áreas podem ser consideradas área de recrutamento e crescimento.

Os fatores ambientais, principalmente temperatura e salinidade tem influência no crescimento do siri azul, sendo encontrado que o período de intermuda diminui sob altas temperaturas e o tamanho do siri aumenta sob baixas salinidades (Tagatz 1968, Cunninham & Darnell 2015). Os processos metabólicos nos pecilotérmicos aumentam com o aumento da

temperatura, que podem induzir o processo de crescimento e a frequência da muda em crustáceos decápodos (Green *et al.* 2014). Ambos os parâmetros apresentaram correlações significativas com o estágio intermuda no presente estudo, sendo que nos meses de verão foram encontrados menos indivíduos neste estágio e maior número de indivíduos em estágio de muda iminente e pós-muda, o que sugere que neste período ocorre um maior crescimento dos siris e a muda é mais frequente. Similarmente, para *Menippe adina* e *M. mercenaria* foi encontrada uma proporção baixa de indivíduos em muda a temperaturas entre 5-15°C em experimentos de laboratório, e essa proporção foi aumentando conforme aumentava a temperatura (Brown & Berth 1993). Para *C. sapidus* estudos afirmam que o crescimento diminui durante os meses de inverno e primavera no estuário de Chesapeake Bay nos Estados Unidos, e desta maneira, também o processo de muda (Ju *et al.* 2001). A salinidade se relacionou negativamente com quase todos os estágios de muda, no entanto se desconhece o efeito fisiológico da salinidade no crescimento e, portanto, na muda (Green *et al.* 2014). Guerin & Stickle (1997) não encontraram diferenças significativas no crescimento do *C. sapidus* e *Callinectes similis* quando cultivado em salinidades entre 10-40. Para *Scylla olivacea* têm se reportado um período intermuda mais curto em salinidades baixas, mas sem variação para *Scylla serrata* (Prado-Esteva & Quintio 2011). Pelo contrário, Cházaro-Olvera & Peterson (2004) encontraram que *C. sapidus* cresceu mais lentamente a baixas salinidades e apresentou taxa de crescimento maior e menor duração do período intermuda a salinidades maiores.

Nas áreas da Torotama e Porto Rei houve uma predominância de machos, enquanto que no baixo estuário, lugar onde é esperado se concentrem as fêmeas para a desova houve predominância de fêmeas. Rodrigues & D’Incao (2014) sugerem que no inverno existam os maiores valores da relação gonadossomática, momento em que as fêmeas estão se preparando

para o amadurecimento das gônadas. Coincidentemente os indivíduos encontrados nesta região foram principalmente adultos.

Conclusões

Foi verificado que as áreas rasas do alto estuário, particularmente na zona da ilha da Torotama e o entorno da ilha dos Marinheiros, são locais que favorecem o recrutamento e crescimento do siri azul. Igualmente estes locais favorecem o assentamento do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Noleto-Filho *et al.* 2017). Sustentando desta forma a sugestão de Costa *et al.* (2015), de adoção de medidas de proteção para as áreas rasas do ELP já que são importantes para o recrutamento de espécies de peixes e invertebrados. Assim, deveriam ser promovidas medidas que restrinjam a exploração pela pesca artesanal e outros impactos antrópicos de forma a proteger os estágios iniciais que são os mais sensíveis. Portanto, além da proteção as fêmeas ovígeras na boca do estuário estabelecidas segundo a portaria nº N-24 da SUDEPE, de 26 de julho de 1983, deveria ser estudada a possibilidade da adição de zonas rasas próximas as ilhas dos Marinheiros e Torotama como áreas de proteção.

Referências

- AGUILAR, R, AH HINES, TG WOLCOTT, DL WOLCOTT, MA KRAMER & RN LIPCIUS. 2005. The timing and route of movement and migration of post-copulatory female blue crabs, *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896), from the upper Chesapeake Bay. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 319: 117-128.
- ANTUNES, M. 2012. Dinâmica populacional do siri azul *Callinectes danae* Smith, 1869 (Crustacea, Decapoda, Portunoidea) na região de Ubatuba, SP, Brasil.
- ASMUS, M.L. 1997. Coastal plain and Patos Lagoon. In: *Subtropical Convergence Environments*, 9-12. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin, Heidelberg.

- BLISS, DE. 1982. Shrimps, Lobsters and Crabs, their fascinating life story. New Jersey: New Century Publishers. 242p.
- BROWN, SD. & TM. BERT. 1993 "The effects of temperature and salinity on molting and survival of *Menippe adina* and *M. mercenaria* (Crustacea, Decapoda) postsettlement juveniles." *Marine Ecology Progress Series* : 41-49.
- CALLIARI, LJ, D MUEHC, FG HOEFEL & E TOLDO Jr. 2003. Morfodinâmica praias: uma breve revisão. *Revista brasileira de oceanografia*, 51(único), 63-78
- CHANG, E. 1985. Hormonal Control of Moulting in Decapod Crustacea. *American Zoologist*, v.25, n 1. American Society of Zoologists.
- CHAO, LH, LE PEREIRA & JP VIEIRA. 1985. Estuarine fish community of the dos Patos Lagoon, Brazil. A baseline study. In: A Yanez-Arancibia (Ed.) *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration* Chap. 20: 429-450.
- CLARKE, K.R., P.J. SOMERFIELD, & M.G. CHAPMAN. 2006. On resemblance measures for ecological studies, including taxonomic dissimilarities and a zero-adjusted Bray–Curtis coefficient for denuded assemblages. *A Tribute to Richard M. Warwick* 330: 55–80. doi:10.1016/j.jembe.2005.12.017.
- CHÁZARO-OLVERA, S., & MS PETERSON. 2004. Effects of salinity on growth and molting of sympatric *Callinectes* spp. from Camaronera Lagoon, Veracruz, Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 74(1), 115-127.
- COSTA, MD, HP Possingham, & JH Muelbert. 2016. Incorporating early life stages of fishes into estuarine spatial conservation planning. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26(6), 1013-1030.

- CUNNINGHAM, SR. & MZ DARNELL. 2015. Temperature-dependent growth and molting in early juvenile blue crabs *Callinectes sapidus*. *Journal of Shellfish Research*, 34(2), 505-510.
- DAVIES, BE. 1974. Loss-on-ignition as an estimate of soil organic matter. *Soil Science Society of America Journal*. 38:150-151.
- DRACH, P. 1939. Mue et cycle d'intermue chez les Crustacés Décapodes. *Ann. Inst. Oceanogr. Monaco*, 19, 103-391.
- EPIFANIO, CE. 2007. Biology of larvae. In: V.S. Kennedy and L.E. Cronin (eds), *The blue crab Callinectes sapidus*. Maryland Sea Grant College, Maryland, USA, 774p.
- FERNANDES, EHL, KR DYER, OO MOLLER & LFH NIENCHESKI. 2002. The Patos lagoon hydrodynamic during an *El Niño* event (1998). *Continental Shelf Research*, 22: 1699-1713.
- GARCIA, AM, P VIEIRA KO WINEMILLER AM & GRIMM. 2004. Comparison of 1982-1983 and 1997-1998 *El Niño* effects on the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon Estuary (Brazil). *Estuaries*, 27(6), 905-914.
- GREEN BS, C GARDNER, JD HOCHMUTH & A LINNANE. 2014. Environmental effects on fished lobsters and crabs. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24(2), 613-638.
- GUERIN, JL & WB STICKLE. 1992. Effects of salinity gradients on the tolerance and bioenergetics of juvenile blue crabs (*Callinectes sapidus*) from waters of different environmental salinities. *Marine Biology*, 114(3), 391-396.
- GUERIN, JL & WB STICKLE. 1997. Effect of salinity on survival and bioenergetics of juvenile lesser blue crabs, *Callinectes similis*. *Marine Biology*, 129(1), 63-69.
- HARTNOLL, RG. 1969. Mating in Brachyura. *Crustaceana*, 16:161-181.

- HECK, KL Jr. & LD COEN. 1995. Predation and the abundance of juvenile blue crabs: a comparison of selected east and Gulf coast (USA) studies. *Bulletin of Marine Science* 57:877–883.
- HECK JR KL, LD COEN & SG MORGAN. 2001. Pre-and post-settlement factors as determinants of juvenile blue crab *Callinectes sapidus* abundance: results from the north-central Gulf of Mexico. *Marine Ecology Progress Series*, 222, 163-176.
- HINES, AH, LIPICIUS, RN & HADDON, AM. 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, KA. , & RN LIPCIUS, 2001. Habitat fragmentation in a seagrass landscape: patch size and complexity control blue crab survival. *Ecology*, 82(7), 1814-1829.
- JU SJ, DH SECOR & HR HARVEY. 2001. Growth rate variability and lipofuscin accumulation rates in the blue crab *Callinectes sapidus*. *Marine Ecology Progress Series*, 224, 197-205.
- KENNEDY, VS & LE CRONIN. (Eds.). 2007. The blue crab: *Callinectes sapidus*. Maryland Sea Grant College University of Maryland. P.661.
- KINSEY, ST & BC LEE. 2003. The effects of rapid salinity change on in vivo arginine kinase flux in the juvenile blue crab, *Callinectes sapidus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 135(3), 521-531.
- MANTELATTO, FLM. , & A. FRANSOZO. 1999. Reproductive biology and moulting cycle of the crab *Callinectes ornatus* (Decapoda, Portunidae) from the Ubatuba region, São Paulo, Brazil. *Crustaceana*, 72(1), 63-76.
- MÖLLER, OO, PS PAIM & ID SOARES. 1991. Facteurs et mecanismes de la circulation des eaux dans l'estuaire de la Lagune dos Patos (RS, Bresil) *Bull. Ins. Col. bassin d'Aquitaine*, 49 (1991), pp. 15–21 Bordeaux.

- NEUNFELD AL. 2016. Utilização da zona de arrebentação de praias arenosas do extremo sul do Brasil pelos estágios iniciais de pós-larvas do camarão-rosa *Penaeus paulensis* Pérez-Farfante, 1967 (Decapoda, Penaeidae). Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande-FURG. 94 pp..
- NOLETO-FILHO, EM. , P PUCCIARELLI, & LFC DUMONT. 2017. Spatial and temporal variation in juvenile size distribution of the pink shrimp (*Penaeus paulensis*) in the Patos Lagoon Estuary, Brazil. *Marine Biology Research*, 13(1), 62-73.
- 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. *Marine Ecology Progress Series*, 283-294.
- PILE, AJ, RN LIPCIUS, J VAN MONTFRANS & RJ ORTH. 1996. Density-Dependent Settler-Recruit-Juvenile Relationships in Blue Crabs. *Ecological Monographs*, 66(3), 277-300.
- 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. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 319: 81-100.
- POTTER, IC & S DE LESTANG. 2000. Biology of the blue swimmer crab *Portunus pelagicus* in Leschenault Estuary and Koombana Bay, south-western Australia. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 83(4), 443-458.
- PARADO-ESTEPA, FD & ET QUINTIO. 2011. Influence of salinity on survival and molting in early stages of three species of *Scylla* crabs. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 63(IIC: 63.2011. 631), 6-pp.

- R CORE TEAM. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- 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*, 22:113-125.
- RODRIGUES, MA & F D'INCAO. 2014. Biologia reprodutiva do siri-azul, *Callinectes sapidus* no Estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, 40: 223–236.
- SANTOS, S, ML NEGREIROS-FRANSOZO & A FRANSOZO. 1994. The distribution of the swimming crab *Portunus Spinimanus* Latreille, 1819 (Crustacea Brachyura, Portunidae) in Fortaleza Bay, Ubatuba, SP, Brazil. *Atlântica*, 16:125-141.
- SEITZ, RD, RN LIPCIUS & MS SEEBO. 2005. Food availability and growth of the blue crab in seagrass and unvegetated nurseries of Chesapeake Bay. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 319(1), 57-68.
- TAGATZ, ME. 1968. Growth of juvenile blue crabs, *Callinectes sapidus* Rathbun, in the St. Johns River, Florida. *Fishery Bulletin*, 67(2), 281-288.
- TANKERSLEY, RA, & RB FORWARD JR. 2007. Environmental physiology. The blue crab *Callinectes sapidus*. College Park: A Maryland Sea Grant Book, 451-483.
- TESSLER, M. G. 1988. *Dinâmica sedimentar quaternária no litoral sul paulista* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- WENTWORTH, CK. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, 30(5), 377-392.

- VAN ENGEL, WA. 1958. The blue crab and its fishery in Chesapeake Bay: Part I—
Reproduction, early development, growth and maturation. *Commercial Fisheries Review*
20:6–17.
- VIGH, DA., & JE DENDINGER. 1982. Temporal relationships of postmolt deposition of
calcium, magnesium, chitin and protein in the cuticle of the Atlantic blue crab,
Callinectes sapidus Rathbun. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A:
Physiology*, 72(2), 365-369.
- WILSON, KA, KW ABLE, KL HECK JR. 1990. Predation rates on juvenile blue crabs in
estuarine nursery habitats: evidence for the importance of macroalgae *Ulva lactuca*. *Mar.
Ecol. Prog. Ser.* 58, 243–252.
- WILLIAMS, AB. 1974. The swimming crabs of the genus *Callinectes*
(Decapodae:Portunidae). *Fishery Bulletin* 72: 685-198.
- YEAGER, LA, JM KREBS, CC MCIVOR & AB BRAME. 2007. Juvenile blue crab
abundances in natural and man-made tidal channels in mangrove habitat, Tampa Bay,
Florida (USA). *Bulletin of Marine Science*, 80: 555-565.

Anexo 1: Artigo submetido na Revista Iheringia, Série Zoologia

**Uso do habitat em diferentes fases da vida de *Callinectes sapidus*
Rathbun, 1896 (Decapoda, Portunidae) nas áreas rasas do
estuário da Lagoa dos Patos e na área reprodutiva marinha
adjacente**

**Christopher da Fonseca Ibeiro¹, Ileana Margarita Ortega¹, Lucas Rodrigues¹, Marcos
Alaniz Rodrigues¹, Pedro Sanmartin Prata¹ & Luiz Felipe Cestari Dumont¹**

1. Laboratório de Crustáceos Decápodes. Universidade Federal de Rio Grande (FURG),
Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica, Instituto de Oceanografia, Av.
Itália, Km 78, Código Postal: 96201- 900 Rio Grande, RS, Brasil. (ch_ibeiro@hotmail.com,
ileanaortega@gmail.com, lucasentomologia@gmail.com, alanizmarcos@gmail.com,
prata_sanmartin@hotmail.com, felipecdumont@gmail.com)

Abstract

**Habitat use in different life stages of *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda,
Portunidae) in shallow areas of Patos Lagoon and adjacent marine reproductive area.**

The blue crab *Callinectes sapidus* has high commercial interest, a wide geographic
distribution and tolerance to high variations of temperature and salinity. Studies about habitat

use are of high importance to understand the biological processes that occur among species life-cycle. Little is known about *C. sapidus* preferences regarding the granulometric/organic matter preferences and choice of refuges, especially during molting. The species become quite vulnerable during the time that their carapace is not calcified, altering their behavior and seeking refuges according to sex, maturation and size. The objective of this study was to analyze the habitat use by *C. sapidus* in the shallow areas of the Patos Lagoon estuary and the adjacent marine reproductive area in the continental shelf. For this purpose, five-minute monthly trawls were carried out at six sampling points along the Patos Lagoon estuary and continental shelf. Was determined that in the zones of upper estuary there is the largest abundance of organisms of smaller size classes (less than 13mm), as well as in moult stage, suggesting that this zone is used as a recruitment area and a preferential environment for protection in the moult stages. It was also observed a migratory pattern from Torotama and Porto do Rei (upper estuary) followed by Mangueira and Franceses (middle estuary) and ending in Prainha (lower estuary). Such migration occurs in two periods of the year: in March and April and the second in June and July. This migration followed the spatial sequence, as described above, in all locations ending in October (first) and February (second). By adding these results to previous studies on fish and other invertebrates, it is suggested that upper estuary zones could be delimited as protected because they are important for the recruitment of species of commercial value in the estuary. Moreover, the temporal pattern advances the understanding of the life story of *C. sapidus* in the Patos Lagoon Estuary, mainly because it coincides with periods that female gonads are mature to start the reproductive process.

KEYWORDS. Refuges, Crustacea, vegetated bottom, Moulting process, Environmental variables.

Resumo

Callinectes sapidus é uma espécie de elevado interesse comercial e ampla distribuição geográfica, capaz de tolerar grandes variações de temperatura e salinidade. Estudos sobre o uso do habitat são de grande importância para a compreensão de processos biológicos que ocorrem ao longo da vida dos indivíduos da espécie. Pouco se conhece sobre as preferências *C. sapidus* a respeito da granulometria, matéria orgânica e escolha de refúgios, especialmente durante a muda. Os siris se tornam bastante vulneráveis durante o tempo que sua carapaça não está calcificada, alterando seu comportamento e buscando refúgios de acordo com o sexo, maturação e tamanho. Dessa forma, tem-se por objetivo analisar o uso do habitat por *C. sapidus* nas áreas rasas do estuário da Lagoa dos Patos e na área reprodutiva marinha adjacente. Para tal, arrastos mensais de cinco minutos foram realizados em seis pontos amostrais ao longo do estuário da Lagoa dos Patos. Foi determinado que nas zonas de alto estuário encontram-se a maior abundância de organismos das classes de tamanho menores (menores que 13 mm), assim como em estágio de muda, sugerindo que essa zona é utilizada como área de recrutamento e ambiente preferencial para proteção nos estágios de muda. Foi observado ainda um padrão migratório desde alto estuário até o baixo estuário. Tal migração ocorre em dois períodos do ano: de março e abril e a segunda em junho e julho. Essa migração seguiu uma sequência espacial em todos os pontos, terminando em outubro (primeira) e fevereiro (segunda). Agregando estes resultados a estudos anteriores em peixes e outros invertebrados, sugere-se que estas zonas sejam delimitadas como protegidas por serem importantes para o recrutamento de espécies de valor comercial no estuário. Além disso, o entendimento desse padrão avança mais uma etapa da história de vida de *C. sapidus* no estuário

da Lagoa dos Patos, uma vez que coincide em épocas em que as fêmeas estão com as gônadas maduras para iniciar o processo reprodutivo.

PALAVRAS-CHAVE: Refúgio, Crustacea, Fundos vegetados, Processo de muda, Variáveis ambientais.

O siri-azul *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 é uma espécie ecologicamente e comercialmente importante, com distribuição original no Atlântico Ocidental de forma disjunta, dos Estados Unidos à Venezuela e do Brasil à Argentina (WILLIAMS, 1974). É considerado estuarino-dependente, uma vez que os adultos exibem alta tolerância às variações de salinidade e habitam frequentemente as zonas estuarinas (YEAGER *et al.*, 2007). Contudo, os estágios larvais são dependentes da água salgada e se desenvolvem na região marinha (EPIFANIO, 2007). Seu padrão de migração é regulado pelo período de reprodução: machos e fêmeas se encontram para a cópula nas zonas internas dos estuários no fim do inverno. Após a cópula os machos geralmente permanecem no estuário, podendo se deslocar para áreas de menor salinidade. No entanto, as fêmeas desenvolvem suas gônadas e migram para o baixo estuário para realizar a desova que ocorre principalmente na primavera (AGUILAR *et al.*, 2005; RODRIGUES & D'INCAO, 2014). As larvas passam então a fazer parte do plâncton marinho, e através de ação de correntes, são transportadas de volta ao estuário, assentando-se normalmente em áreas rasas e com presença de vegetação (TANKERSLEY & FORWARD, 2007).

Durante o processo de muda, os indivíduos tornam-se muito vulneráveis à predação, têm dificuldade para se alimentar e movimentar (KENNEDY & CRONIN, 2007). Por se tratar de um processo fisiológico muito importante, os indivíduos passam uma grande parte de seu tempo de vida tanto se recuperando de uma muda quanto se preparando para a próxima (DRACH, 1939).

E por isso, crustáceos decápodos costumam procurar locais para refúgio durante esse processo até que sua carapaça esteja rígida o suficiente para oferecer proteção (HECK & COEN, 1995). O ciclo de mudas apresenta quatro estágios (DRACH, 1939; CHANG, 1985): 1) Pré-muda; quando o animal acumula reservas energéticas e inicia o processo de reabsorção do cálcio do exoesqueleto antigo que permanecerá na hemolinfa. Devido a isso começarão a aparecer as linhas de muda em locais chave, que permitirão a saída do animal da carapaça antiga. 2) Muda; quando o animal encontra-se com o corpo mole e começa a absorver água tanto por osmose quanto de forma ativa, aumentando seu tamanho e peso. 3) Pós-muda; quando é secretada a cutícula interna e ocorre o endurecimento e calcificação do novo exoesqueleto a partir do cálcio dissolvido na hemolinfa. 4) Intermuda; período em que o animal se alimenta normalmente e está com a carapaça completamente rígida. A busca por refúgio acontece durante o processo de muda, independentemente do tamanho ou estágio de vida dos indivíduos sendo particularmente importante durante a cópula. O pareamento e a transferência do espermatóforo ocorre apenas quando as fêmeas estão com a carapaça mole, na muda da puberdade (passagem da fase juvenil à adulta). Após este evento elas não sofrerão outras mudas ao contrário dos machos que continuam a crescer, embora as mudas sejam temporalmente mais espaçadas e com maior investimento energético (HARTNOLL, 1969; BLISS, 1982).

No estuário de Chesapeake Bay (Estados Unidos) foi observado um aumento do número de machos e siris em estágio de pré-muda na área próxima à saída do rio Rhode (alto estuário), enquanto os indivíduos em pós-muda e com maiores tamanhos, bem como fêmeas maduras, ocuparam regiões do baixo estuário (HINES, 1987). Assim, o uso de diferentes habitats está relacionado ao tamanho do indivíduo, sexo e estágio de muda (HINES, 1987; POSEY *et al.*, 2005; RUAS *et al.*, 2014). Ainda, é possível que a partição espacial do ambiente tenha relação com características de fundo, onde áreas com alto teor de matéria orgânica e percentual de

sedimentos finos, como silte e argila, podem ser preferenciais para espécies bentônicas (SANTOS *et al.*, 1994).

Embora informações gerais sobre o ciclo reprodutivo de *C. sapidus* estejam disponíveis, aspectos como: a seleção de habitat em áreas marinhas e rasas dos estuários, a característica do sedimento para as diferentes fases bentônicas do ciclo de vida da espécie e o conhecimento de possíveis áreas preferenciais onde os animais possam realizar o processo de muda na região, ainda carecem de maior detalhamento. Além disso, a compreensão dos fatores que influenciam a reprodução e uso do habitat do *C. sapidus* é de grande importância para um melhor entendimento da sua biologia e, conseqüentemente, para futuras estratégias de manejo. Dessa maneira, o objetivo deste trabalho é analisar o uso do habitat por *Callinectes sapidus* nas áreas rasas do estuário da Lagoa dos Patos e na área reprodutiva marinha adjacente. Procurando observar os padrões mensais de distribuição por sexo, tamanho, estágio de muda e estágio de maturação sexual assim como sua relação com as diferentes zonas amostradas e com os parâmetros ambientais da coluna d'água e do substrato avaliados (temperatura, salinidade, transparência e granulometria).

MATERIAL E MÉTODOS

O estuário da Lagoa dos Patos (ELP) localiza-se no Atlântico Sudoeste e a única comunicação entre a região estuarina e o mar ocorre através de um estreito canal delimitado pelos molhes da Barra de Rio Grande, por onde ocorrem os movimentos das diferentes espécies que utilizam esta região (CHAO *et al.*, 1985; GARCIA *et al.*, 2004). As principais entradas de água dulcícolas do estuário se devem a cinco rios na área norte e central da laguna, e a hidrodinâmica do estuário é regulado principalmente pelo vento (do NE durante o verão e S durante o inverno) e pela pluviosidade (MÖLLER *et al.*, 1991, FERNANDES *et al.*, 2002). Os dados utilizados no presente trabalho são oriundos do Projeto de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração

(Ictio/PELD CNPq-MCT), onde foram amostrados seis pontos (~1,5m de profundidade) ao longo do estuário e na área marinha adjacente (Fig.1), que permitem classificá-los em 3 áreas: EMA (área marinha adjacente), Prainha (Baixo estuário), Mangueira e Franceses (Médio estuário), Porto Rei e Torotama (Alto estuário). Mesmo que tradicionalmente os pontos na volta da ilha dos Marinheiros (Porto Rei) sejam considerados como médio estuário por outros autores (NOLETO-FILHO *et al.*, 2017), neste trabalho optou-se por considerá-los como alto estuário por causa das altas precipitações no ano de estudo e a consequente baixa de salinidade. Juvenis de siri estão comumente associados a tipos de fundos vegetados (ASMUS 1984, RUAS *et al.* 2014), desta forma foi observada a presença de vegetação nos locais de estudo escolhidos. As zonas rasas da Torotama apresentaram vegetação submersa durante todo o período amostral, Porto Rei também apresentou vegetação submersa durante a maior parte do período de estudo, enquanto os outros pontos amostrais não apresentaram nenhum tipo de vegetação. Os pontos Porto Rei e Mangueira encontram-se dentro de sacos o que os fazem zonas protegidas da alta hidrodinâmica do estuário.

Foram realizados cinco arrastos mensais de 5 minutos em cada ponto, entre fevereiro de 2015 e junho de 2016, com uma rede de praia do tipo picaré em zonas com profundidade média inferior a 1,5 m. As dimensões da rede foram 9 m de comprimento, 13 mm de distância entre nós nas asas e 5 mm no centro. A salinidade, transparência e temperatura da água foram obtidas concomitantemente às amostragens biológicas, através de termômetro de mercúrio ($\pm 1^{\circ}\text{C}$), refratômetro manual e disco de Secchi, respectivamente.

Para análise de conteúdo de matéria orgânica e granulometria foram coletadas três amostras de sedimento superficial por ponto com um tubo PVC de 10 cm de diâmetro (área: $0,00784\text{ m}^2$) em cada coleta entre dezembro 2015 e junho 2016. As amostras foram secadas em estufa a 50°C por 24 horas. O teor de matéria orgânica foi calculado pelo método de perda de peso após

calcinação (DAVIES, 1974). Para a análise granulométrica, aproximadamente 30 g do sedimento seco foi submetido a peneiramento sequencial, onde foi separado em intervalos de 1 phi segundo a escala de WENTWORTH (1922) entre os 4 - 0,063 mm. Posteriormente os tamanhos de grão foram agrupados a fim de ressaltar as frações mais importantes no estuário.

O sexo e a maturidade morfológica foram verificados através do exame do abdome (VAN ENGEL, 1958). A identificação dos estágios de muda foi feita através da análise da cor do própodo do apêndice natatório (5º par de pereópodos), onde o aparecimento de uma linha verde que gradualmente vai se tornando rósea e por fim avermelhada, indica o momento em que a carapaça nova está pronta (KENNEDY & CRONIN, 2007). As avaliações dos estágios de muda foram realizadas mensalmente entre dezembro 2015 a junho 2016; siris menores que 25 mm não foram utilizados por apresentarem pereópodos pequenos que inviabilizavam a identificação das linhas de muda. Adicionalmente foi medida a largura de carapaça na base dos espinhos laterais e verificado o peso de cada indivíduo (balança analítica; $\pm 0,0001\text{g}$).

Os indivíduos foram separados por classes de tamanho, adaptando a metodologia de POSEY *et al.* (2005) que se baseia no uso do habitat para os diferentes estágios de juvenis, adicionando uma classe de tamanho extra que se baseia no tamanho mínimo de maturação obtido com os resultados do presente estudo, acima da qual foram considerados adultos: Classe 1 (< 13 mm), Classe 2 (13-25 mm), Classe 3 (25-54,3 mm), Classe 4 (>54,4 mm). O cálculo da razão sexual foi feito através da divisão no número de fêmeas pelo de machos.

Para caracterizar os pontos com base nas variáveis abióticas foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA). Uma Análise de Variância Permutacional Multivariada (PERMANOVA) de três fatores fixos foi utilizada para testar hipóteses de diferenças na abundância de indivíduos entre os locais, meses e sexo. A PERMANOVA foi realizada a partir de uma matriz de distância euclidiana construída com os dados de abundância total

transformados em $\log(x+1)$. Para reduzir o efeito da ausência de indivíduos entre as amostras foi adicionado um valor de 1 a todas as amostras (CLARKE *et al.*, 2006). Para testar as diferenças entre a abundância de organismos por estágio de muda entre os fatores local, meses e sexo foi realizada uma PERMANOVA, a partir de uma matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis dos dados de abundância. Para relacionar as variáveis biológicas (classes de tamanhos / estágios de muda) com as variáveis ambientais da coluna de água e o sedimento foram realizadas correlações de Spearman. Diferenças significativas foram consideradas com intervalo de confiança de 95%. Todas as análises foram realizadas no software R (R CORE TEAM, 2017).

RESULTADOS

Variáveis Abióticas

A análise de componentes principais (PCA) explicou 50% da variação abiótica das localidades, separando os pontos EMA e Torotama como locais de características semelhantes, agrupados principalmente pelo alto percentual de sedimentos muito finos (>20% da composição do sedimento). Um segundo grupo foi formado pelos pontos Franceses, Porto Rei e Prainha, os quais apresentam uma porcentagem de areias muito finas menor que 5% e de areias finas maior a 57%. O local mais heterogêneo foi a Mangueira com uma predominância de areias médias (51%) e aproximadamente 7.3% sedimentos grossos. As areias finas representaram mais de 50% da composição granulométrica em todos os pontos (Fig. 2).

Para o ponto EMA, houve bastante oscilação mensal na composição granulométrica, sendo as areias finas o principal constituinte do sedimento e a fração com maior variação. Na Prainha as frações granulométricas mais representativas foram as areias média e fina, mantendo-se assim ao longo dos meses. Semelhantemente, no ponto Franceses, as areias média e fina foram as mais representativas, com picos de areias médias em dezembro de 2015 e maio de 2016. No

ponto Mangueira, ao contrário dos demais locais apresentou quantidades significativas de sedimentos grossos. No Porto Rei foram registradas as maiores quantidades de sedimentos finos em relação aos demais locais, seguido por ocorrência de areia fina que se apresentou em maior quantidade no mês de maio de 2016. Por fim Torotama e EMA foram os pontos que apresentaram a maior porcentagem de sedimentos finos (26,5% e 23%, respectivamente), enquanto os outros pontos dentro do estuário apresentaram porcentagem de sedimentos finos menor a 5% (Fig. 3).

A maior porcentagem de matéria orgânica foi encontrada na EMA (13,32±7,46%), sendo mais do dobro do valor encontrado em qualquer outro ponto amostral. O percentual de matéria orgânica média foi diminuindo em direção ao alto estuário (Prainha 2,03±1,83%, Franceses 1,18±1,69%, Mangueira 0,81±0,57%, Porto Rei 0,81±0,99 e Torotama 0,69±0,73%).

Em todas as localidades o padrão de oscilação da temperatura foi similar, seguindo a sazonalidade das estações do ano. As temperaturas máximas e mínimas foram muito parecidas entre os pontos com máximas de 34°C e mínimas de 12°C (Tab. I). Com relação à salinidade, no ponto EMA os maiores valores foram observados em meses de verão (33,4±1,52) e primavera (27,67±2,88). Enquanto que Torotama oscilou abaixo de 10 quase o período todo com picos em maio 2015 (Tab. I).

Variação espaço-temporal da abundância de organismos

Foram coletados 1174 indivíduos ao longo da região de estudada. As maiores densidades ocorreram no final do verão e início do outono (março-abril) para os dois anos de estudo, com um segundo pico de abundância inverno (principalmente agosto) (Fig. 4). Houve diferenças significativas na abundância de organismos entre os pontos (pseudo-F= 26,73, p=0,001), sexos (pseudo-F=38,88, p=0,001) e meses (pseudo-F=0,067, p=0,001), assim como na interação entre local e mês (pseudo-F= 0,11, p=0,03).

As maiores abundâncias de juvenis foram encontradas nos pontos do alto estuário (Torotama e Porto Rei) e as menores abundâncias nas águas marinhas adjacentes ao estuário (EMA). No ponto EMA durante o outono e inverno não houveram indivíduos, com capturas esporádicas na primavera e verão. Neste local foram encontrados principalmente adultos, exceto em fevereiro de 2015 quando foram capturadas todas as classes de tamanho. Na Prainha ocorreram indivíduos durante quase todo o ano de 2015 com baixas abundâncias, principalmente da Classe 3, mas durante 2016 só foi coletado um indivíduo da Classe 3 em fevereiro. No ponto Franceses observou-se uma predominância das classes de tamanho maiores (Classe 3 e 4), sendo observados recrutas (Classe 1) apenas nos meses de abril e outubro de 2015 e em março de 2016. Nos pontos Porto Rei e Torotama sempre as classes mais abundantes foram as de menor tamanho (1,2 e 3), com destaque de presença quase exclusiva da Classe 1 nesses pontos mais o ponto Mangueira (saco). A presença nestes pontos foi observada no verão e começo de outono e um pico secundário no inverno (Fig. 5).

Os resultados da análise da razão sexual indicam que a proporção nos pontos próximos à desembocadura do estuário (EMA, Prainha) foi bastante parecida à proporção de 1:1. Exceção a esta razão foi observada no final do verão quando houve uma dominância absoluta (100%) de fêmeas na EMA e no inverno-primavera em Prainha. Pelo contrário, na Torotama em poucas vezes dominaram as fêmeas (Tab. II).

Variação espaço-temporal das mudas

A maioria dos organismos encontrados estava no período intermuda, sendo as variações espaço-temporais observadas principalmente pertencentes aos da Classe 3. Os indivíduos em muda foram coletados principalmente no verão, particularmente nos meses de janeiro e março, e a menor abundância foi no outono (Fig. 6). Comparando-se indivíduos em muda/intermuda foram encontradas diferenças significativas somente entre os pontos amostrados ($p= 0,001$),

com os siris em muda concentrando-se mais nas regiões da Torotama e Porto Rei, além de coincidir com os resultados das maiores abundâncias de juvenis (Fig. 7).

Relação entre parâmetros ambientais e abundância por classes de tamanho e muda

A abundância total de indivíduos esteve relacionada principalmente com as características do substrato nos pontos avaliados. Ao analisar as correlações entre os parâmetros ambientais e as classes de tamanho foi observado que os indivíduos menores (Classe 1) estiveram positivamente correlacionados com a transparência da água e a temperatura. Os organismos da classe 2 tiveram correlações positivas com os sedimentos finos e a transparência e negativamente com os sedimentos grossos. Ainda, na classe 3 foi observado correlações significativas com quase todas as variáveis ambientais com exceção da temperatura e transparência da água. Finalmente a Classe 4 não foram detectadas correlações significativas com nenhuma das variáveis analisadas (Tab. III).

Ao correlacionar os diferentes estágios de muda com as variáveis ambientais foi observado que os organismos em período intermuda e pós-muda se correlacionaram positivamente com a temperatura. Salinidade resultou negativamente significativo para início de muda, muda iminente e pós muda. E a matéria orgânica resultou positivamente correlacionada com a muda iminente e pós muda (Tab. IV).

DISCUSSÃO

A importância comercial de *Callinectes sapidus* tem gerado um grande número de estudos sobre a biologia da espécie em todas as suas fases, sendo os principais estudos realizados na costado Atlântico na Carolina do Norte e Georgia (EUA) (PILE *et al.*, 1996; HECK *et al.*, 2001;

POSEY *et al.*, 2005). Desta forma estudos no Atlântico sul são necessários, no sentido de investigar possíveis diferenças nos padrões populacionais, particularmente aqueles relevantes para o manejo da espécie.

No presente estudo, as maiores abundâncias de juvenis de *C. sapidus*, foram encontradas nos períodos de final de verão e início de outono, quando ocorre um aumento na temperatura da água. A temperatura da água é um dos principais fatores que influenciam as propriedades fisiológicas dos decápodos, podendo alterar a forma do crescimento, tempo entre mudas, processos reprodutivos, de recrutamento, entre outros (GREEN *et al.*, 2014). A abundância de indivíduos com comprimentos menores de 54,3 mm no período de inverno pode ser reflexo de uma desova tardia das fêmeas. Isto foi verificado baseando-se no modelo de crescimento invertido de VON BERTALLANFY (1938), dada por $t_0 = t + (1/k) - (\ln[(L_\infty - Lt)/L_\infty])$, proposta por KING (2007) e utilizando os valores de K e L_∞ obtidos por RODRIGUES & D'INCAO (2014). Desta forma, foi estimado que indivíduos com 54,3 mm de comprimento apresentaram aproximadamente 3 meses de idade. RODRIGUES & D'INCAO (2014), reportam que a partir do final da primavera e início do verão ocorre a desova das fêmeas no ELP, essa desova por variações nas condições ambientais pode se estender até o final do outono. No entanto as diferenças de abundância entre o pico de recrutamento do verão e do inverno apontam a que este recrutamento tardio não tem tanto sucesso quanto o de verão e possivelmente é menos importante para a renovação da biomassa do estoque.

Quanto à variação espacial, foi observado que as maiores abundâncias se encontraram nas áreas de menor salinidade (alto estuário) e maior presença de vegetação submersa: fanerógamas, *Ruppia maritima*, macroalgas durante o período amostral. Estas áreas também de grande importância para o ictioplâncton e outras espécies de invertebrados que utilizam esses ambientes para seus processos biológicos (COSTA *et al.*, 2015). As áreas de salinidades

inferiores de estuários costeiros proporcionam áreas apropriadas para o recrutamento devido a uma redução na pressão de predação para os juvenis (POSEY *et al.*, 2005). Embora alguns estudos indiquem que há um alto custo metabólico em função das variações de salinidade (GUERIN *et al.*, 1992), ele é compensado pela grande disponibilidade de presas (KINSEY *et al.*, 2003). No entanto, salinidades muito baixas podem comprometer a sua sobrevivência, o que foi evidenciado com a diminuição na abundância durante a primavera do ano de estudo, que devido ao grande volume de chuvas a salinidade se manteve próxima de zero (Tab. 1). Para *Portunus pelagicus* têm sido reportadas emigrações em massa de juvenis para habitats alternativos precedendo reduções de salinidade sazonal em estuários da Austrália (POTTER & LESTANG, 2000), o que também pode ocorrer para *C. sapidus* nas zonas rasas do ELP.

A baixa captura de adultos (>54,4 mm) pode ser devido à preferência destes por áreas de maior profundidade (maior que 1,5m utilizado por este estudo), o que levaria a uma diminuição na competição por recursos com os juvenis. Outra estratégia para evitar a competição entre os juvenis é uma migração secundária para áreas não vegetadas quando alcançam o sétimo instar (20-30 mm) (HINES *et al.*, 1987; ORTH & VAN MONTFRANS, 1987; PILE *et al.*, 1996; SEITZ *et al.*, 2003; FORWARD *et al.*, 2005). Provavelmente esta migração secundária ocorre na Lagoa dos Patos em tamanhos maiores, sendo que grandes abundâncias de juvenis entre 25-54,3 mm ainda foram encontrados com evidente presença de vegetação.

De acordo com nossos resultados parece que a distribuição espacial de *C. sapidus* no ELP, é influenciada por características granulométricas do sedimento. Apesar de os pontos apresentarem características distintas, todos apresentaram predomínio de sedimentos finos e muito finos, com ocorrência de sedimento grosso apenas no ponto Mangueira. Os pontos estudados no alto estuário apresentaram um maior teor de areias e sedimentos finos, coincidindo com a flutuação da proporção destes sedimentos com a variabilidade da

abundância dos organismos. A preferência por lama (Torotama) e areais finas (Porto Rei) pode ser explicada pelo fato de os portunídeos possuírem o hábito de se enterrar no substrato, tanto para a proteção de predadores como para facilitar a captura de presas ágeis como peixes (PINHEIRO *et al.*, 1997). Os indivíduos das classes 2 e 3 foram os que apresentaram correlações positivas e significativas com as frações mais finas do sedimento. Estes indivíduos são os que estariam na fase de transição entre os recrutas que utilizam as zonas vegetadas como refúgio e os juvenis já com tamanho suficiente para se defender e que utilizam o sedimento mais fino para se enterrar como mecanismo de defesa (POSEY *et al.*, 2005). Indivíduos menores se correlacionaram negativamente com o conteúdo de matéria orgânica, isto aconteceu provavelmente porque esse parâmetro foi maior no ponto EMA, o qual não é local de recrutamento. Esta correlação não indica que os siris recém-recrutados não dependam da matéria orgânica. Cabe ressaltar que em fevereiro de 2015 houve recrutamento de siris neste ponto, provavelmente pelas fortes chuvas que ocasionaram uma grande vazão da laguna (www.inmet.gov.br). Provavelmente, as larvas não conseguiram entrar no estuário e acabaram recrutando na região da praia que passou a simular algumas características estuarinas, principalmente no que diz respeito ao sedimento fino (CALLIARI *et al.*, 2003) e salinidade baixa. Num ambiente estuarino simulado com estas condições ambientais descritas acima e de curta duração falta entender se esses recrutas conseguem sobreviver e chegar à fase adulta, ou se acabam por morrer sob as condições próprias da praia.

Verificou-se que o maior número de indivíduos nos estágios de muda iminente e pós-muda também localizavam-se nos pontos Porto Rei e Torotama (alto estuário). Indivíduos no estágio de pré-muda habitam esta área, já que um ambiente protegido minimiza a mortalidade por predação e canibalismo (HINES *et al.*, 1987). Já indivíduos no estágio de pós-muda estão presentes nestas áreas, pois há uma vantagem no acúmulo de minerais e outros nutrientes

necessários para a recalcificação do exoesqueleto (VIGH & DENDINGER, 1982). Por todas estas vantagens essas áreas podem ser consideradas área de recrutamento e crescimento.

Os fatores ambientais, principalmente temperatura e salinidade tem influência no crescimento do siri azul, sendo encontrado que o período de intermuda diminui sob altas temperaturas e o tamanho do siri aumenta sob baixas salinidades (TAGATZ, 1968; CUNNINGHAM & DARNELL, 2015). Os processos metabólicos nos pecilotérmicos aumentam com o aumento da temperatura, que podem induzir, o processo de crescimento e a frequência da muda em crustáceos decápodos (GREEN *et al.*, 2014). Ambos os parâmetros apresentaram correlações significativas com o estágio intermuda no presente estudo, sendo que nos meses de verão foram encontrados menos indivíduos neste estágio e maior número de indivíduos em estágio de muda iminente e pós-muda, o que sugere que neste período ocorre um maior crescimento dos siris e a muda é mais frequente. Similarmente, para *Menippe adina* e *M. mercenaria* foi encontrada uma proporção baixa de indivíduos em muda a temperaturas entre 5-15°C em experimentos de laboratório, e essa proporção foi aumentando conforme aumentava a temperatura (BROWN & BERTH, 1993). Para *C. sapidus* estudos afirmam que o crescimento diminui durante os meses de inverno e primavera no estuário de Chesapeake Bay nos Estados Unidos, e desta maneira, também o processo de muda (JU *et al.*, 2001). A salinidade se relacionou negativamente com quase todos os estágios de muda, no entanto se desconhece o efeito fisiológico da salinidade no crescimento e, portanto, na muda (GREEN *et al.*, 2014). GUERIN & STICKLE (1997) não encontraram diferenças significativas no crescimento do *C. sapidus* e *Callinectes similis* quando cultivado em salinidades entre 10-40. Para *Scylla olivacea* têm se reportado um período intermuda mais curto em salinidades baixas, mas sem variação para *Scylla serrata* (PRADO-ESTEPA & QUINTIO, 2011). Pelo contrário, CHÁZARO-OLVERA & PETERSON (2004) encontraram que *C. sapidus* cresceu mais lentamente a baixas salinidades e apresentou taxa de crescimento maior e menor duração do período intermuda a salinidades maiores.

Nas áreas da Torotama e Porto Rei houve uma predominância de machos, enquanto que no baixo estuário, lugar onde é esperado se concentrem as fêmeas para a desova houve predominância de fêmeas. RODRIGUES & D'INCAO (2014) sugerem que no inverno existam os maiores valores da relação gonadossomática, momento em que as fêmeas estão se preparando para o amadurecimento das gônadas. Coincidentemente os indivíduos encontrados nesta região foram principalmente adultos.

Em conclusão, foi verificado que as áreas rasas do alto estuário, particularmente na zona da ilha da Torotama e o entorno da ilha dos Marinheiros, são locais que favorecem o recrutamento e crescimento do siri azul. Igualmente estes locais favorecem o assentamento do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* (NOLETO-FILHO *et al.*, 2017). Sustentando desta forma a sugestão de COSTA *et al.* (2015), de adoção de medidas de proteção para as áreas rasas do ELP já que são importantes para o recrutamento de espécies de peixes e invertebrados. Assim, deveriam ser promovidas medidas que restrinjam a exploração pela pesca artesanal e outros impactos antrópicos de forma a proteger os estágios iniciais que são os mais sensíveis. Portanto, além da proteção as fêmeas ovíferas na boca do estuário estabelecidas segundo a portaria nº N-24 da SUDEPE, de 26 de julho de 1983, deveria ser estudada a possibilidade da adição de zonas rasas próximas as ilhas dos Marinheiros e Torotama como áreas de proteção.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pela bolsa outorgada a Christopher Ibeiro, Ileana Ortega e Lucas Rodrigues, e ao Laboratório de Ictiologia-FURG pela logística e ajuda nas coletas como parte do projeto Ictio/PELD.

Referências bibliográficas

- AGUILAR, R., HINES, A.H., WOLCOTT, T.G., WOLCOTT, D.L., KRAMER, M.A. & LIPCIUS, R.N. 2005. The timing and route of movement and migration of post-copulatory female blue crabs, *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896), from the upper Chesapeake Bay. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 319: 117-128.
- ASMUS, M.L. 1997. Coastal plain and Patos Lagoon. In: *Subtropical Convergence Environments*, 9-12. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin, Heidelberg.
- BLISS, D.E. 1982. *Shrimps, Lobsters and Crabs, their fascinating life story*. New Jersey: New Century Publishers. 242p.
- BROWN, S.D. & BERT, T.M. 1993 "The effects of temperature and salinity on molting and survival of *Menippe adina* and *M. mercenaria* (Crustacea, Decapoda) postsettlement juveniles." *Marine Ecology Progress Series* : 41-49.
- CALLIARI, L.J., MUEHC, D., HOEFEL, F.G. & TOLDO E. JR. 2003. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. *Revista brasileira de oceanografia*, 51(unico), 63-78
- CHANG, E. 1985. Hormonal Control of Moulting in Decapod Crustacea. *American Zoologist*, v.25, n 1. American Society of Zoologists.
- CHAO, L.H., PEREIRA, L.E & VIEIRA, J.P. 1985. Estuarine fish community of the dos Patos Lagoon, Brazil. A baseline study. In: A Yanez-Arancibia (Ed.) *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration* Chap. 20: 429-450.
- CLARKE, K.R., SOMERFIELD, P.J, & CHAPMAN, M.G. 2006. On resemblance measures for ecological studies, including taxonomic dissimilarities and a zero-

- adjusted Bray–Curtis coefficient for denuded assemblages. *A Tribute to Richard M. Warwick* 330: 55–80.
- CHÁZARO-OLVERA, S., & PETERSON, M.S. 2004. Effects of salinity on growth and molting of sympatric *Callinectes* spp. from Camaronera Lagoon, Veracruz, Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 74(1), 115-127.
- COSTA, M.D., POSSINGHAM, H.P., & MUELBERT, J.H. 2016. Incorporating early life stages of fishes into estuarine spatial conservation planning. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26(6), 1013-1030.
- CUNNINGHAM, S.R. & DARNELL, M.Z. 2015. Temperature-dependent growth and molting in early juvenile blue crabs *Callinectes sapidus*. *Journal of Shellfish Research*, 34(2), 505-510.
- DAVIES, B.E. 1974. Loss-on-ignition as an estimate of soil organic matter. *Soil Science Society of America Journal*. 38:150-151.
- DRACH, P. 1939. Mue et cycle d'intermue chez les Crustacés Décapodes. *Ann. Inst. Oceanogr. Monaco*, 19, 103-391.
- EPIFANIO, C.E. 2007. Biology of larvae. In: V.S. Kennedy and L.E. Cronin (eds), *The blue crab Callinectes sapidus*. Maryland Sea Grant College, Maryland, USA, 774p.
- FERNANDES, E.H.L. K.R. DYER, O.O. MOLLER AND L.F.H. NIENCHESKI. 2002. The Patos lagoon hydrodynamic during an El Niño event (1998). *Continental Shelf Research*, 22: 1699-1713.
- GARCIA, A.M, VIEIRA, J.P., WINEMILLER, K.O. & GRIMM, A.M. 2004. Comparison of 1982-1983 and 1997-1998 *El Niño* effects on the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon Estuary (Brazil). *Estuaries*, 27(6), 905-914.

- GREEN B.S., GARDNER, C., HOCHMUTH, J.D. & LINNANE, A. 2014. Environmental effects on fished lobsters and crabs. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24(2), 613-638.
- GUERIN, J.L. & STICKLE, W.B. 1992. Effects of salinity gradients on the tolerance and bioenergetics of juvenile blue crabs (*Callinectes sapidus*) from waters of different environmental salinities. *Marine Biology*, 114(3), 391-396.
- GUERIN, J.L. & STICKLE, W.B. 1997. Effect of salinity on survival and bioenergetics of juvenile lesser blue crabs, *Callinectes similis*. *Marine Biology*, 129(1), 63-69.
- HARTNOLL, R.G. 1969. Mating in Brachyura. *Crustaceana*, 16:161-181.
- HECK, K.L. JR. & COEN, L.D. 1995. Predation and the abundance of juvenile blue crabs: a comparison of selected east and Gulf coast (USA) studies. *Bulletin of Marine Science* 57:877–883.
- HECK, K.L. JR, COEN, L.D. & MORGAN, S.G. 2001. Pre-and post-settlement factors as determinants of juvenile blue crab *Callinectes sapidus* abundance: results from the north-central Gulf of Mexico. *Marine Ecology Progress Series*, 222, 163-176.
- HINES, A.H., LIPICIUS, R.N & 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, K.A., & LIPICIUS, R.N. 2001. Habitat fragmentation in a seagrass landscape: patch size and complexity control blue crab survival. *Ecology*, 82(7), 1814-1829.
- JU S.J., SECOR, D.H. & HARVEY, H.R. 2001. Growth rate variability and lipofuscin accumulation rates in the blue crab *Callinectes sapidus*. *Marine Ecology Progress Series*, 224, 197-205.

- KENNEDY, V.S. & CRONIN, L.E. (Eds.). 2007. The blue crab: *Callinectes sapidus*. Maryland Sea Grant College University of Maryland. P.661.
- KINSEY, S.T. & LEE, B.C. 2003. The effects of rapid salinity change on in vivo arginine kinase flux in the juvenile blue crab, *Callinectes sapidus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 135(3), 521-531.
- MANTELATTO, F.L.M., & FRANSOZO, A.. 1999. Reproductive biology and moulting cycle of the crab *Callinectes ornatus* (Decapoda, Portunidae) from the Ubatuba region, São Paulo, Brazil. *Crustaceana*, 72(1), 63-76.
- MÖLLER, O.O., PAIM, P.S. & SOARES, I.D. 1991. Facteurs et mecanismes de la circulation des eaux dans l'estuaire de la Lagune dos Patos (RS, Bresil) Bull. Ins. Col. bassin d'Aquitaine, 49 (1991), pp. 15–21 Bordeaux.
- NOLETO-FILHO, E.M., PUCCIARELLI, P. & DUMONT, L.F.C. 2017. Spatial and temporal variation in juvenile size distribution of the pink shrimp (*Penaeus paulensis*) in the Patos Lagoon Estuary, Brazil. *Marine Biology Research*, 13(1), 62-73.
- ORTH, R.J. & MONTFRANS, J.VAN. 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*, 283-294.
- PILE, A.J., LIPCIUS, R.N., MONTFRANS, J. VAN. & ORTH, R.J. 1996. Density-Dependent Settler-Recruit-Juvenile Relationships in Blue Crabs. *Ecological Monographs*, 66(3), 277-300.

- POSEY, M.H., ALPHIN, T.D., 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.
- POTTER, I.C. & LESTANG, S. DE. 2000. Biology of the blue swimmer crab *Portunus pelagicus* in Leschenault Estuary and Koombana Bay, south-western Australia. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 83(4), 443-458.
- PARADO-ESTEPA, F.D. & QUINTIO, E.T. 2011. Influence of salinity on survival and molting in early stages of three species of *Scylla* crabs. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 63(IIC: 63.2011. 631), 6-pp.
- R CORE TEAM. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- RUAS, V.M., RODRIGUES, M.A., DUMONT, L.F.C., & 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 seagrass meadows. *Nauplius*, 22:113-125.
- RODRIGUES, M.A. & D'INCAO, F. 2014. Biologia reprodutiva do siri-azul, *Callinectes sapidus* no Estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 40: 223–236.
- SANTOS, S., NEGREIROS-FRANSOZO, M.L. & FRANSOZO, A. 1994. The distribution of the swimming crab *Portunus Spinimanus* Latreille, 1819 (Crustacea Brachyura, Portunidae) in Fortaleza Bay, Ubatuba, SP, Brazil. *Atlântica*, 16:125-141.

- SEITZ, R.D., LIPCIUS, R.N. & SEEBO, M.S. 2005. Food availability and growth of the blue crab in seagrass and unvegetated nurseries of Chesapeake Bay. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 319(1), 57-68.
- TAGATZ, M.E. 1968. Growth of juvenile blue crabs, *Callinectes sapidus* Rathbun, in the St. Johns River, Florida. *Fishery Bulletin*, 67(2), 281-288.
- TANKERSLEY, R.A., & FORWARD, R.B. JR. 2007. Environmental physiology. The blue crab *Callinectes sapidus*. College Park: A Maryland Sea Grant Book, 451-483.
- TESSLER, M.G. 1988. *Dinâmica sedimentar quaternária no litoral sul paulista* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- WENTWORTH, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, 30(5), 377-392.
- VAN ENGEL, W.A. 1958. The blue crab and its fishery in Chesapeake Bay: Part I—Reproduction, early development, growth and maturation. *Commercial Fisheries Review* 20:6–17.
- VIGH, D.A., & DENDINGER, J.E. 1982. Temporal relationships of postmolt deposition of calcium, magnesium, chitin and protein in the cuticle of the Atlantic blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 72(2), 365-369.
- WILSON, K.A, ABLE, K.W, HECK, K.L. JR. 1990. Predation rates on juvenile blue crabs in estuarine nursery habitats: evidence for the importance of macroalgae *Ulva lactuca*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 58, 243–252.
- WILLIAMS, A.B. 1974. The swimming crabs of the genus *Callinectes* (Decapodae:Portunidae). *Fishery Bulletin* 72: 685-198.

YEAGER, L.A., KREBS, J.M, MCIVOR, C.C. & BRAME, A.B. 2007. Juvenile blue crab abundances in natural and man-made tidal channels in mangrove habitat, Tampa Bay, Florida (USA). *Bulletin of Marine Science*, 80: 555-565.

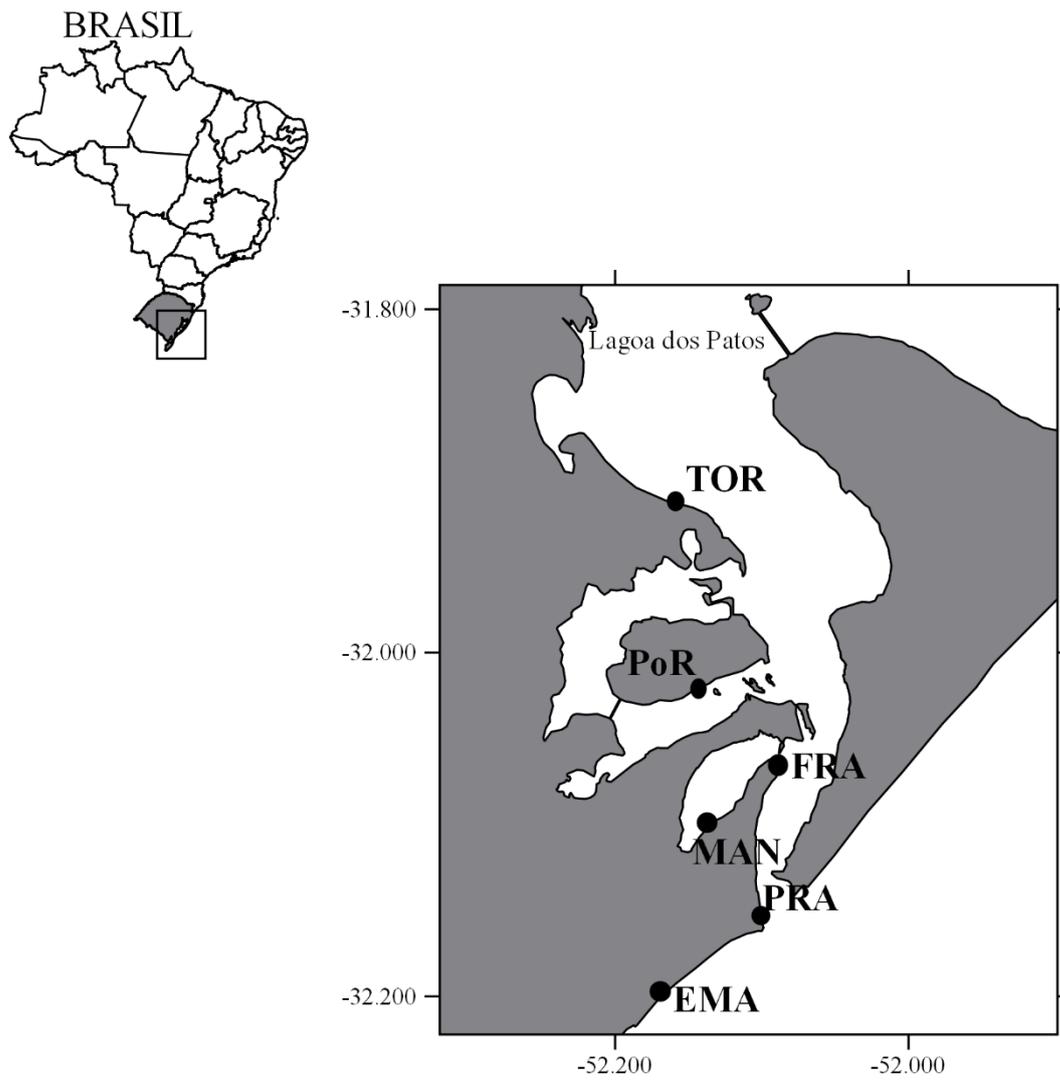


Figura 10: Mapa do estuário da Lagoa dos Patos, com destaque para os locais de coleta: TOR= Torotama, PoR= Porto Rei, FRA= Franceses, MAN= Mangueira, PRA= Prainha e EMA.

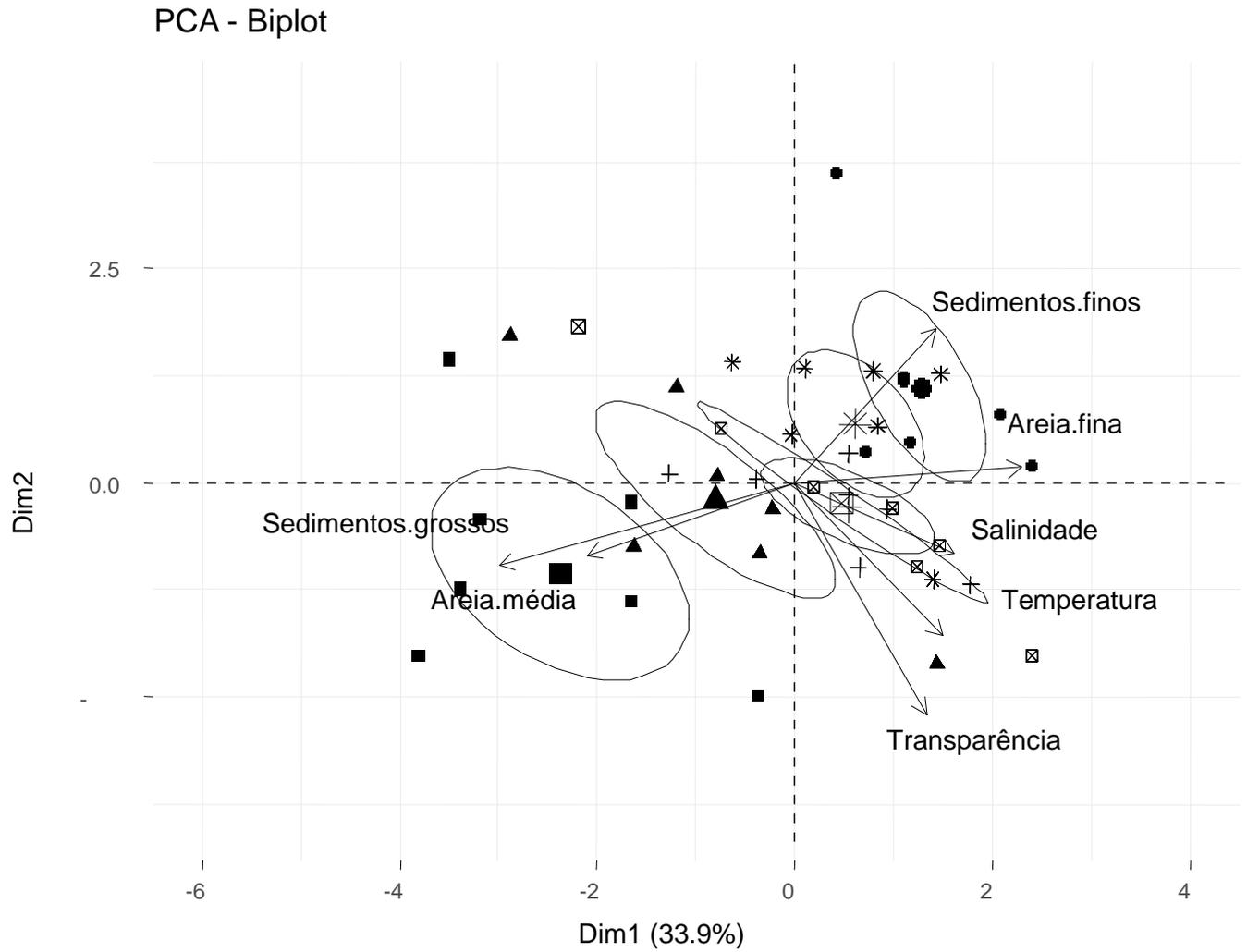


Figura 2. Análise de componentes principais (PCA) mostrando o agrupamento dos locais estudados com base nas variáveis ambientais da coluna de água e sedimento medidas no período entre dezembro de 2015 e junho de 2016.

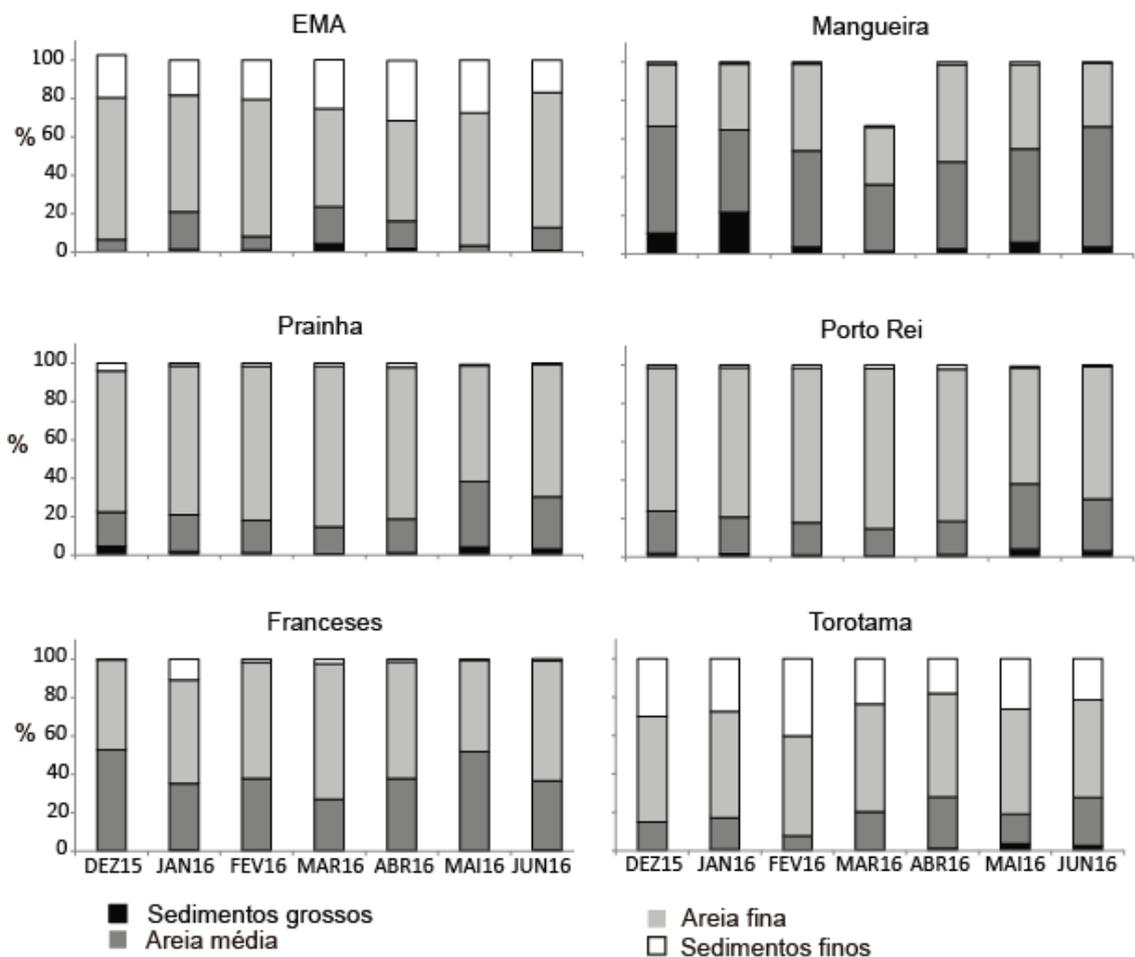


Figura 3: Variação temporal da porcentagem dos diferentes tamanhos de grão no sedimento para cada uma das 6 localidades estudadas no estuário da Lagoa dos Patos e águas marinhas adjacentes, no período compreendido entre dezembro de 2015 e junho de 2016.

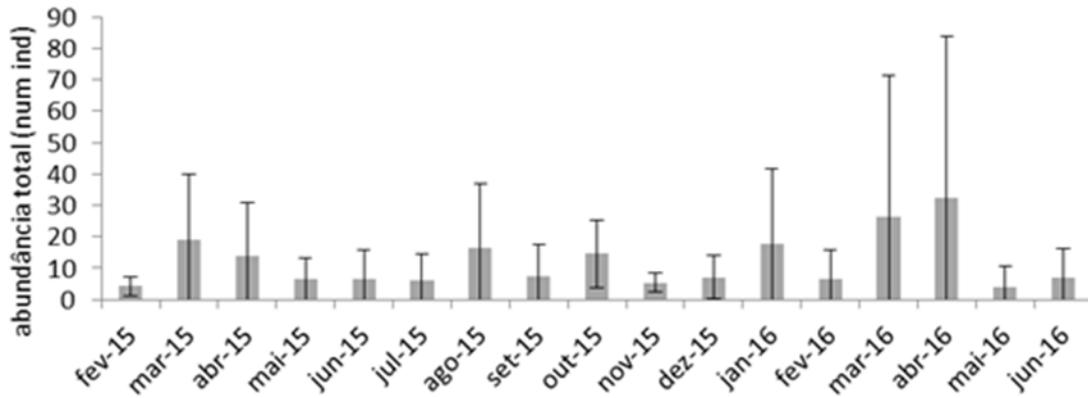


Figura 4: Abundância total de *Callinectes sapidus* no estuário da Lagoa dos Patos e região marinha adjacente ao longo dos 17 meses de estudo. As barras verticais indicam o desvio padrão.

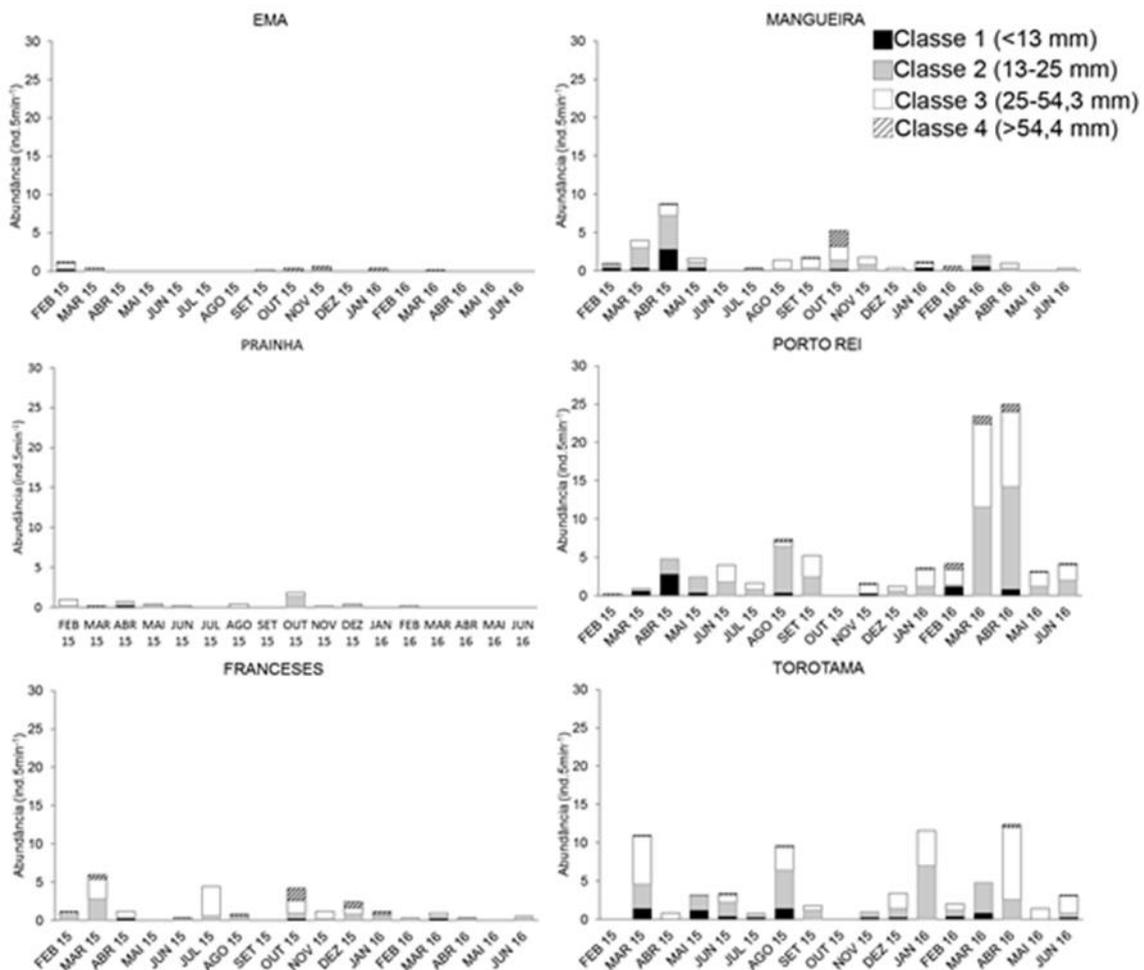


Figura 5: Variações mensais da abundância de *Callinectes sapidus* por classe de tamanho, nos seis locais amostrados do estuário da Lagoa dos Patos e região marinha adjacente ao longo dos 17 meses de estudo.

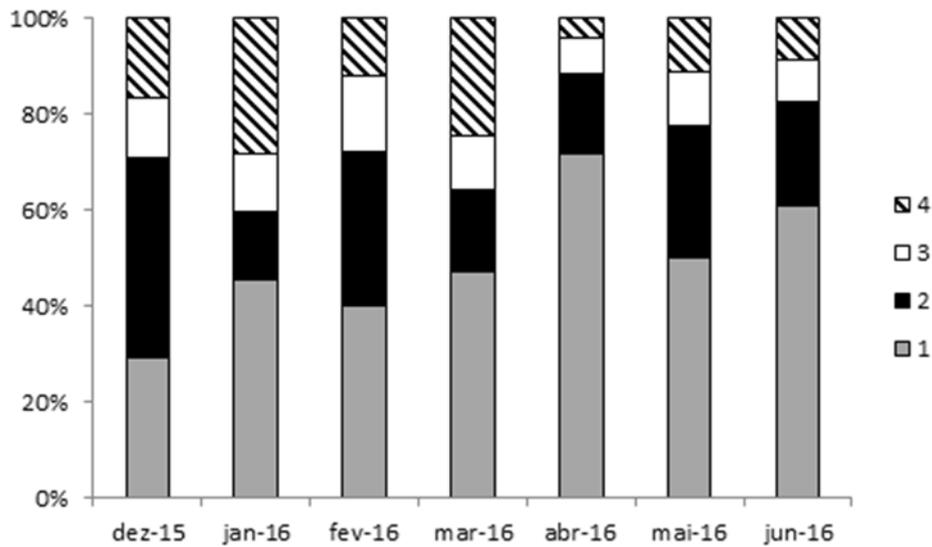


Figura 6: Porcentagem de indivíduos nos diferentes estágios de muda na área de estudo, no período compreendido entre dezembro de 2015 e junho de 2016. 1= intermuda, 2= início da muda, 3= muda iminente, 4=pós-muda (carapaça mole)

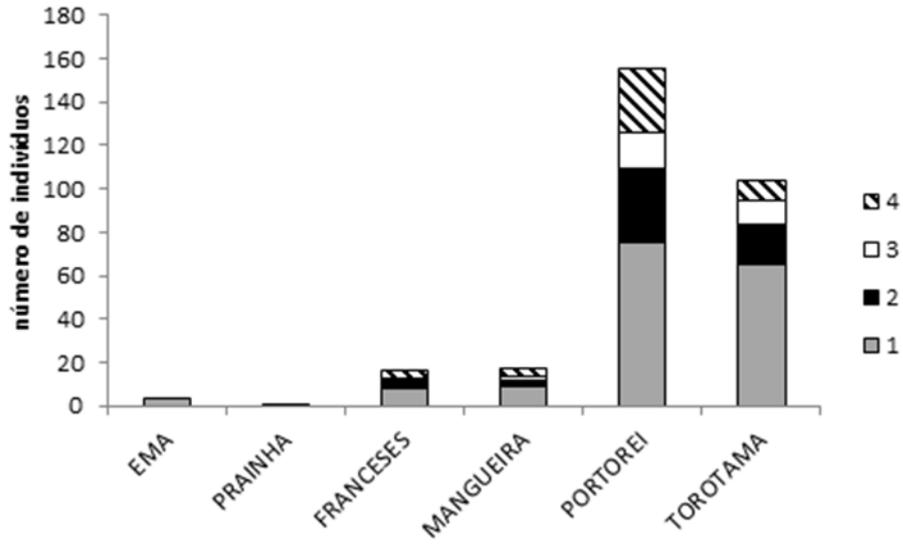


Figura 7: Número de indivíduos nos diferentes estágios de muda por local estudado no estuário da Lagoa dos Patos e área marinha adjacente. 1= intermuda, 2= início da muda, 3= muda iminente, 4=pós-muda (carapaça mole).

Tabela I. Variação na temperatura e salinidade ao longo das estações do ano em cada localidade amostrada.

Local	Estação	Temperatura (°C)	Salinidade	Transparência (m)	Matéria orgânica (%)
EMA	verão	25,15±2,6	33±1,5	0,1±0,1	7,4±1,7
	outono	17,6±4,3	29,8±3,7	0,2±0,06	25,3±0
	inverno	17,33±1,7	28,3±2,5	0,2±0,1	-
	primavera	20,33±0,4	27,6±2,4	0,2±0,2	15±6,4
FRANCESES	verão	27,14±1,3	4,7±8,3	0,3±0,2	0,3±0,1
	outono	19,17±3,8	11,4±8,6	0,5±0,3	4,6±0
	inverno	17,91±1,2	1,7±0,9	0,3±0,1	-
	primavera	22,38±0,7	1,8±1,3	0,2±0,1	10,7±11,4
MANGUEIRA	verão	27,78±1,3	5,7±8,7	0,4±0,3	2±0,8
	outono	21,75±3,7	11,3±5,5	0,5±0,1	6,5±0
	inverno	18,92±1,1	1,2±1,5	0,3±0,1	-
	primavera	22,23±0,6	1,7±1,2	0,1±0,08	5,6±3,6
PORTOREI	verão	25,51±3,6	11,3±7,9	0,6±0,2	1,9±0,9
	outono	21,79±3,8	6,1±7,3	0,4±0,2	6,1±0
	inverno	18,5±1,3	1,5±1,8	0,3±0,07	-
	primavera	24,1±2	3,5±1,5	0,5±0,1	8,7±9,2
PRAINHA	verão	27,3±1,2	11,5±14,5	0,4±0,2	0,9±0,4
	outono	19,1±3,8	22,1±11,3	0,6±0,2	6±0
	inverno	18,4±1,7	5,8±2,6	0,3±0,02	-
	primavera	22,2±1,3	1,7±2	0,2±0,1	1,7±0,9

TOROTAMA	verão	32,2±1,6	1,4±3,2	0,4±0,2	1,7±1,8
	outono	24,1±5,2	7,2±7,9	0,4±0,3	14,1±0
	inverno	20±1,9	0,3±0,9	0,1±0,02	-
	primavera	25,7±0,4	3±0	0,2±0,04	3,7±1,8

Tabela II: Proporção sexual F:M para os locais de coleta no estuário da Lagoa dos Patos durante os 17 meses de estudo. Números em negrito indicam maior proporção de fêmeas em relação aos machos.

	EMA	PRAINHA	FRANCESES	MANGUEIRA	PORTO REI	TOROTAMA
fev-15	0,50	0,50	0,17	0,33	1,00	-
mar-15	1,00	0,00	0,29	0,10	0,00	0,40
abr-15	-	0,00	0,40	0,29	0,00	0,50
mai-15	-	0,50	-	0,20	0,29	0,11
jun-15	-	0,00	0,00	-	0,63	0,36
jul-15	-	-	0,50	0,50	0,25	0,50
ago-15	-	1,00	0,50	0,67	0,28	0,31
set-15	0,00	-	-	0,33	0,38	0,29
out-15	0,50	0,63	0,37	0,41	NC	NC
nov-15	0,00	0,00	0,33	0,56	0,71	1,00
dez-15	-	0,50	0,42	0,67	0,14	0,47
jan-16	0,50	-	0,44	0,83	0,52	0,35
fev-16	-	0,00	0,50	0,67	0,61	0,50
mar-16	1,00	-	0,67	0,50	0,28	0,11
abr-16	-	-	0,00	0,40	0,31	0,48
mai-16	-	-	-	-	0,44	0,29
jun-16	-	-	0,33	0,00	0,29	0,27

Tabela III: Correlações de Spearman entre as classes de tamanho de *Callinectes sapidus* para o estuário da Lagoa dos patos e águas marinhas adjacentes e as diferentes variáveis ambientais. Números grifados em cinza indicam correlações significativas.

	Classe 1		Classe 2		Classe3		Classe4	
	Rho	p-value	Rho	p-value	Rho	p-value	Rho	p-value
Temperatura	0,12	0,03	0,05	0,34	-0,02	0,71	0,007	0,88
Salinidade	-0,02	0,07	-0,07	0,14	-0,22	<0,001	0,016	0,75
Transparência	0,11	0,04	0,13	0,01	-0,07	0,21	0,03	0,55
Materia orgânica	-0,06	0,20	-0,07	0,14	-0,2	<0,001	-0,03	0,62
Sedimentos grossos	-0,03	0,51	-0,15	0,002	-0,12	0,02	-0,03	0,51
Areia média	-0,01	0,90	-0,06	0,26	-0,29	<0,001	0,022	0,65
Areia fina	-0,04	0,42	0,01	0,77	0,15	<0,001	0,04	0,45
Sedimentos finos	0,05	0,26	0,11	0,03	0,24	<0,001	-0,07	0,16

Tabela IV: Correlação de Spearman entre os diferentes estágios de muda de *Callinectes sapidus* para o estuário da Lagoa dos patos e águas marinhas adjacentes e as diferentes variáveis ambientais. Números grifados em cinza indicam correlações significativas.

	Intermuda		Início de muda		Muda iminente		Pós muda	
	Rho	p-value	Rho	p-value	Rho	p-value	Rho	p-value
Temperatura	0,28	0,01	0,12	0,28	0,17	0,13	0,29	0,01
Salinidade	-0,20	0,07	-0,24	0,03	-0,33	<0,001	-0,21	0,05
Transparência	-0,05	0,66	0,09	0,41	-0,02	0,88	0,18	0,1
Materia orgânica	0,05	0,64	0,09	0,44	0,05	0,68	0,26	0,02
Sedimentos grossos	0,09	0,40	0,06	0,63	0,028	0,8	0,04	0,74
Areia média	0,06	0,56	-0,01	0,94	-0,06	0,62	-0,05	0,65
Areia fina	-0,11	0,34	-0,02	0,34	0,01	0,94	0,16	0,16
Sedimentos finos	0,09	0,39	-0,04	0,75	0,08	0,46	0,01	0,91