

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO  
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS  
**INSTITUTO DE PESCA**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL NA ABUNDÂNCIA  
DO CAMARÃO SETE-BARBAS, *Xiphopenaeus kroyeri*  
(HELLER, 1862), DESCARREGADO NO ESTADO DE  
SÃO PAULO ENTRE 1990-2009: IDENTIFICAÇÃO DAS  
INFLUÊNCIAS PESQUEIRAS E AMBIENTAIS**

**Juliana Almeida Kolling**

**Orientador: Antônio Olinto Ávila-da-Silva**

**Co-orientador: Milton Kampel**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

**São Paulo**

**Setembro - 2011**

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO  
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS  
**INSTITUTO DE PESCA**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL NA ABUNDÂNCIA  
DO CAMARÃO SETE-BARBAS, *Xiphopenaeus kroyeri*  
(HELLER, 1862), DESCARREGADO NO ESTADO DE  
SÃO PAULO ENTRE 1990-2009: IDENTIFICAÇÃO DAS  
INFLUÊNCIAS PESQUEIRAS E AMBIENTAIS**

**Juliana Almeida Kolling**

**Orientador: Antônio Olinto Ávila-da-Silva**

**Co-orientador: Milton Kampel**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

**São Paulo**

**Setembro - 2011**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação. Instituto de Pesca, São Paulo

K81v

Kolling, Juliana Almeida

Varição espacial e temporal na abundância do camarão sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862), descarregado no Estado de São Paulo entre 1990-2009 : identificação das influências pesqueiras e ambientais. / Juliana Almeida Kolling. – São Paulo, 2011.

ix, 91f. ; il. ; tab.

Dissertação (mestrado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - Secretaria de Agricultura e Abastecimento.

Orientador: Antônio Olinto Ávila-da-Silva.

1. Captura-por-unidade-de-esforço. 2. Índice de abundância. 3. Modelos lineares generalizados. 4. Sensoriamento remoto. 5. Análise dinâmica fatorial. I. Ávila-da-Silva, Antônio Olinto. II Título.

CDD 639.512

Permitida a cópia parcial, desde que citada a fonte – O autor

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO  
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS  
**INSTITUTO DE PESCA**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

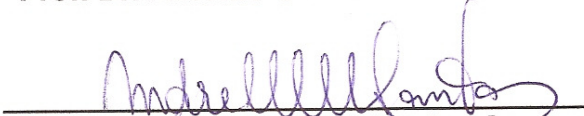
**“Variação espacial e temporal na abundância do camarão sete –  
barbas, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) na costa do Estado  
de São Paulo entre 1990-2009: identificação das influências  
pesqueiras e ambientais ”**

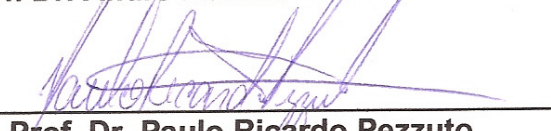
**AUTOR: Juliana Almeida Kolling**

**ORIENTADOR: Antônio Olinto Ávila da Silva**

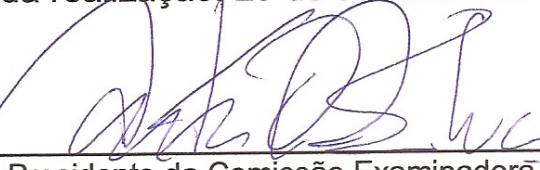
Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de  
MESTRE EM AQUICULTURA E PESCA, Área de Concentração em  
Pesca, pela Comissão Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Antônio Olinto Ávila da Silva

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. André Martins Vaz dos Santos

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Paulo Ricardo Pezzuto

Data da realização: 29 de setembro de 2011

  
\_\_\_\_\_  
Presidente da Comissão Examinadora  
Prof. Dr. Antônio Olinto Ávila da Silva

*“Quanto mais degraui que eu subo, mais azul o horizonte”*

*Pepeu Gomes e Luiz Galvão*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Dr. Antônio Olinto, agradeço pela confiança e pelas oportunidades que tem me concedido durante os últimos anos, pelo imenso conhecimento transmitido e pelas conversas acolhedoras nos momentos que eu mais precisei.

Ao meu co-orientador Dr. Milton Kampel que me orientou na parte de sensoriamento remoto, e esteve sempre disposto a dar sugestões e tirar dúvidas.

A minha mãe, Lindete Tavares de Almeida, por estar do meu lado em todos os momentos, sendo sempre um exemplo de força e coragem. Agradeço por sua dedicação sem fim a mim e a meus irmãos.

A minha irmã Fernanda, por ser minha maior companheira e amiga, sempre me ajudando, me escutando e principalmente, me divertindo!

Ao meu pai, Lauro, aos meus irmãos, Laurinho, Marcela, Giovanna e Elaine, ao tio Paulo, a tia Ildete, ao Dalton e aos demais familiares, que sempre estiveram do meu lado.

A equipe do PMAP, que me aguenta todos os dias, e que sempre me apoiou, principalmente com muitos bolinhos, biscoitos e cafézinhos. Ao pessoal da digitação, Adélia, Thaís, Carol e Raquel, e especialmente ao Will, já que graças a ele eu não sou mais “forona”! A Camila, Kátia e a Ju Paiva, que estiveram sempre por perto e de ouvidos abertos quando precisei desabafar. Ao Rafael, Marcus, Gastão, Gilberto, Laura, Diogo, Alex, Adir, Jocemar e a todos os demais componentes da equipe.

A minha grande amiga e companheira do ballet, das corridas na praia, baladas, temakis, viagens, etc... Valeu Ale!

Aos amigos Débora, Jéssica, Ana Maria, Elena e Rafa, que apesar da distância estiveram presentes de alguma forma sempre que precisei.

Ao Thiago, pelo apoio e companheirismo.

Aos professores e funcionários do Instituto de Pesca.

A todas as pessoas que não foram citadas, mas que de alguma forma contribuíram para a conclusão de mais essa etapa em minha vida.

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	ii
ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS .....	vi
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	ix
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	10
<b>CAPÍTULO 1</b> - Variação na abundância do <i>Xiphopenaeus kroyeri</i> (Heller, 1862) descarregado no Estado de São Paulo, Brasil, durante 20 anos (1990-2009)-17	
RESUMO .....	18
1. INTRODUÇÃO .....	20
2. DADOS E MÉTODOS .....	23
2.1 DADOS.....	23
2.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	25
2.2.1 MODELOS LINEARES GENERALIZADOS .....	25
2.2.2 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DAS SÉRIES TEMPORAIS.....	26
3. RESULTADOS.....	27
3.1 MLGs.....	27
3.1.1 SETOR NORTE.....	27
3.1.2 SETOR CENTRO .....	28
3.1.3 SETOR SUL .....	30
3.2 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DAS SÉRIES TEMPORAIS .....	32
4. DISCUSSÃO .....	33
REFERÊNCIAS .....	38
FIGURAS E TABELAS .....	47
<b>CAPÍTULO 2</b> - Influências ambientais na abundância do <i>Xiphopenaeus kroyeri</i> (Heller, 1862) descarregado no Estado de São Paulo, Brasil, durante 20 anos (1990-2009).....	54
RESUMO .....	55
1. INTRODUÇÃO .....	57
2. DADOS E MÉTODOS.....	59
2.1 VARIÁVEIS RESPOSTAS (DADOS DE PESCA).....	59
2.2 VARIÁVEIS EXPLICATIVAS (DADOS AMBIENTAIS).....	60
2.3 TRATAMENTO DOS DADOS.....	61
2.4 ANÁLISES DE SÉRIES TEMPORAIS.....	62
3. RESULTADOS.....	64



3.1 CORRELAÇÕES-----	64
3.2 AMAF-----	65
3.3 ADF-----	66
4. DISCUSSÃO-----	68
REFERÊNCIAS-----	74
FIGURAS E TABELAS-----	82
CONSIDERAÇÕES FINAIS-----	90

## ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS

<b>Tabela 1.</b> Períodos do defeso (paralisação temporária da pesca de arrasto) nas regiões sudeste e sul do Brasil, por ano, entre 1990 e 2009.....	50
<b>Tabela 2.</b> Coeficientes do modelo linear generalizado de família gaussiana com função de ligação identidade, ajustado aos valores do logaritmo da CPUE (kg/dia de pesca) de <i>X. kroyeri</i> no setor Norte. ....	50
<b>Tabela 3.</b> Coeficientes do modelo linear generalizado de família gaussiana com função de ligação identidade, ajustado aos valores do logaritmo da CPUE (kg/dia de pesca) de <i>X. kroyeri</i> no setor Norte, considerando interação de primeira ordem entre os fatores. ....	51
<b>Tabela 4.</b> Coeficientes do modelo linear generalizado, baseado na distribuição gama com função de ligação logarítmica, ajustado aos valores da CPUE (kg/dia de pesca) de <i>X. kroyeri</i> no setor Centro.....	52
<b>Tabela 5.</b> Coeficientes do modelo linear generalizado, baseado na distribuição gama com função de ligação logarítmica, ajustado aos valores da CPUE (kg/dia de pesca) de <i>X. kroyeri</i> no setor Centro, considerando interação de primeira ordem entre os fatores. ....	52
<b>Tabela 6.</b> Coeficientes do modelo linear generalizado de família gaussiana com função de ligação identidade, ajustado aos dados do logaritmo da CPUE (kg/dia de pesca) de <i>X. kroyeri</i> no setor Sul.....	53
<b>Tabela 7.</b> Coeficientes do modelo linear generalizado de família gaussiana com função de ligação identidade, ajustado aos dados do logaritmo da CPUE (kg/dia de pesca) de <i>X. kroyeri</i> no setor Sul, considerando interação de primeira ordem entre os fatores. ....	53
<b>Tabela 8.</b> Período de cobertura e código das séries temporais de CPUE de <i>X. kroyeri</i> e de variáveis ambientais. ....	88
<b>Tabela 9.</b> Valores de correlação-cruzada entre os eixos AMAFs extraídos das séries temporais de CPUE de <i>X. kroyeri</i> e as variáveis explicativas (ver Tabela 1). Valores em negrito indicam correlações significativas (ao nível de 5 %). ...	88
<b>Tabela 10.</b> Valores máximos de correlação-cruzada entre os eixos AMAFs extraídos das séries temporais de CPUE de <i>X. kroyeri</i> e as variáveis explicativas (ver Tabela 1), e defasagem de tempo, em anos, na qual a correlação máxima foi obtida. Valores em negrito indicam correlações significativas (ao nível de 5 %). ....	89
<b>Tabela 11.</b> Parâmetros estimados, erro padrão e valores-t para as séries de variáveis explicativas MEI e TSM. Valores em negrito indicam significância ao nível de 5 %. Os códigos das séries temporais de CPUE estão definidos na Tabela 1. ....	89
<b>Figura 1.</b> Captura descarregada, em toneladas, de camarão sete-barbas ( <i>Xiphopenaeus kroyeri</i> ) no Estado de São Paulo, por ano, entre 1990-2009. ...	8
<b>Figura 2.</b> Número de descargas anuais de camarão sete-barbas ( <i>Xiphopenaeus kroyeri</i> ) no Estado de São Paulo, entre 1990-2009.....	8

<b>Figura 3.</b> Distribuição espacial do rendimento pesqueiro (CPUE, kg/ dia de pesca) do camarão sete-barbas ( <i>Xiphopenaeus kroyeri</i> ), por quadrado estatístico de 10 MN, de 1990 a 2009.....	9
<b>Figura 4.</b> Localização geográfica dos setores de pesca de <i>X. kroyeri</i> descarregado nos principais portos pesqueiros do Estado de São Paulo.....	47
<b>Figura 5.</b> Séries temporais padronizadas de CPUE anual de <i>X. kroyeri</i> dos setores Norte, Centro e Sul, com valores padronizados para média zero e desvio padrão 1, entre 1990 e 2009.....	47
<b>Figura 6.</b> Auto-correlação da série temporal de CPUE (kg/dia de pesca) mensal padronizada de <i>X. kroyeri</i> no setor Norte (A), setor Centro (B) e setor Sul (C), por defasagem de tempo, em meses. As linhas tracejadas representam os intervalos de confiança a 95 %.....	48
<b>Figura 7.</b> Correlação-cruzada para os setores Centro e Norte (A), Sul e Norte (B) e Sul e Centro (C) por defasagem de tempo, em anos, para as séries temporais de CPUEs padronizadas de <i>X. kroyeri</i> . As linhas tracejadas representam os intervalos de confiança a 95 %.....	49
<b>Figura 8.</b> Localização geográfica dos setores de pesca de <i>X. kroyeri</i> capturado na costa do Estado de São Paulo, Brasil. ....	82
<b>Figura 9.</b> Séries temporais padronizadas de CPUE de <i>X. kroyeri</i> nos setores Norte, Centro e Sul, dos meses de junho, julho e agosto (A) e séries temporais padronizadas das variáveis ambientais SAMI, MEI, CSM, Vento, Precipitação e TSM (B).....	83
<b>Figura 10.</b> Escores para os eixos AMAF 1 (A) e AMAF 2 (B) extraídos das séries temporais de CPUE de <i>X. kroyeri</i> e TC 1 (C) e TC 2 (D) obtidas pelo ajuste do modelo ADF com duas TCs e duas variáveis explicativas (MEI e TSM). ....	84
<b>Figura 11.</b> Correlações canônicas entre os eixos AMAF 1 (A) e AMAF 2 (B) e as séries temporais de CPUE de <i>X. kroyeri</i> . Os códigos das séries temporais estão definidos na tabela 1. ....	84
<b>Figura 12.</b> Correlações entre as variáveis explicativas (ver Tabela 1) e os eixos AMAF 1 e 2. ....	85
<b>Figura 13.</b> Cargas fatoriais para o modelo ADF com duas TCs e duas variáveis explicativas (MEI e TSM). Os códigos das séries temporais estão definidos na tabela 1. ....	85
<b>Figura 14.</b> CPUE observada e ajustada pelo modelo ADF com duas TCs e duas variáveis explicativas (MEI e TSM): (A) AN_06, (B) AN_07, (C) AN_08, (D) AC_06, (E) AC_07, (F) AC_08, (G) 06_AN, (H) 07_AN, (I) 08_AN. Os códigos das séries temporais estão definidos na Tabela 1.....	86
<b>Figura 15.</b> Séries temporais de CPUE de <i>X. kroyeri</i> nos setores Norte e Sul (Ver Tabela 1) plotadas com a TC 1 (a) e TC 2 (b) do modelo ADF com duas tendências comuns e duas variáveis explicativas (TSM e MEI), e com as variáveis explicativas MEI (c), Precipitação (d) e TSM (e). Todas as séries temporais foram padronizadas para média 0 e desvio padrão 1.....	87

## RESUMO

### VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL NA ABUNDÂNCIA DO CAMARÃO SETE-BARBAS, *Xiphopenaeus kroyeri* (HELLER, 1862), DESCARREGADO NO ESTADO DE SÃO PAULO ENTRE 1990-2009: IDENTIFICAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS PESQUEIRAS E AMBIENTAIS

Este trabalho objetivou a análise da variação na abundância do *Xiphopenaeus kroyeri* descarregado no Estado de São Paulo durante 20 anos (1990 a 2009). Modelos lineares generalizados (MLG) foram aplicados sobre os dados de captura por unidade de esforço (CPUE), e sobre os fatores explicativos: mês, ano, potência do motor (HP) e comprimento (m) das embarcações e mês de abertura da pesca após períodos de defeso. Os coeficientes dos modelos foram utilizados na estimativa de séries mensais de CPUEs padronizadas. Estas foram decompostas em 12 séries por setor de pesca, sendo uma para cada mês do ano. As séries de junho, julho e agosto de cada setor foram selecionadas para a aplicação das análises de mínima e máxima autocorrelação fatorial (AMAF) e de dinâmica fatorial (ADF). As variáveis ambientais foram: temperatura da superfície do mar (TSM) e concentração de clorofila na superfície do mar (CSM), obtidas via sensoriamento remoto, estresse do vento e precipitação, obtidos de séries de reanálises e os índices climáticos *Multivariate ENSO Index* (MEI) e *Southern Hemisphere Annular Mode* (SAM). Os MLGs ajustados indicaram o fator HP da embarcação e a interação ano:mês como responsáveis pela maior parte da explicação obtida. A variação temporal da CPUE foi semelhante entre os setores Norte e Sul. Nestes, a abundância da espécie aumentou durante os anos de 1996, 1997, 2001 e 2002, enquanto no setor Centro, a CPUE oscilou com períodos de cerca de 2 anos. A AMAF indicou dois eixos principais e o modelo ADF com duas tendências comuns (TC) e duas variáveis explicativas (MEI e TSM) foi selecionado como ótimo. A TC 1 foi semelhante ao AMAF 2 e mostrou um aumento da CPUE entre 1997 e 2002. Esta foi associada às variáveis MEI e precipitação, provavelmente devido à influência desses fatores sobre as descargas fluviais. A TC 2 apresentou um incremento de 2003 a 2009 e indicou o aumento na TSM como o principal fator influente. Conclui-se que as oscilações nas capturas do *X. kroyeri* ocorreram principalmente em resposta a variabilidade no padrão sazonal do recurso e às diferenças na eficiência de embarcações de acordo com suas características físicas, especialmente a potência do motor. A variação na abundância relativa da espécie durante os 20 anos mostrou um padrão semelhante entre os setores Norte e Sul, onde houve uma influência positiva do aumento nas taxas de precipitação e na TSM e de eventos de El Niño. Os resultados obtidos neste trabalho podem ser utilizados para incrementar medidas de manejo pesqueiro do *X. kroyeri* na região, visto que mostrou: (1) a viabilidade da utilização da característica física de potência do motor para classificar embarcações de arrasto e (2) a importância do monitoramento operacional da TSM, da precipitação e de eventos El Niño, para adequar o esforço empregado sobre a espécie.

**Palavras-chave:** captura-por-unidade-de-esforço, índice de abundância, modelos lineares generalizados, sensoriamento remoto, análise dinâmica fatorial.

## ABSTRACT

### SPATIAL AND TEMPORAL VARIATION IN THE ABUNDANCE OF SEA-BOB-SHRIMP, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862), DISCHARGED IN SÃO PAULO STATE BETWEEN 1990-2009: IDENTIFICATION OF FISHING AND ENVIRONMENTAL INFLUENCES

This work aimed to analyse the variation in abundance of *Xiphopenaeus kroyeri* landed in São Paulo during 20 years (1990 to 2009). Generalized linear models (GLM) were employed to catch per unit effort (CPUE) data and the explanatory factors, month, year, engine power (HP) and length (m) of the vessels, and opening month of fishing after a closure period. The coefficients of the models were used to estimate monthly CPUEs standardized series. These were decomposed into 12 series per fisheries sector, one for each month of the year. The June, July and August series of each sector were selected for the application of of Min/max autocorrelation factor analysis (MAFA) and dynamic factor analysis (DFA). The environmental variables were: sea surface temperature (SST) and surface chlorophyll concentration (SCC), based on remote sensing data, wind stress and precipitation, obtained by reanalysis series and the climate indexes, Multivariate ENSO Index (MEI) and Southern Hemisphere Annular Mode Index (SAM). The GLMs fitted showed the vessel's HP and the interaction year:month as the principal factors in the variation of the CPUE. The temporal variation of CPUE was similar between the North and South sectors. In these, the abundance of the specie increased during the years 1996, 1997, 2001 and 2002, while in sector Center the CPUE fluctuated with periods of about two years. MAFA indicated two principal axes and a DFA model with two common trends (CT) and two explanatory variables (MEI and SST) was selected as the best. The CT 1 was similar to MAFA 2 and showed an increase between 1997 and 2002. This was associated with the precipitation and MEI, probably due to the influence of these factors on river discharges. The CT 2 showed an increase from 2003 to 2009, and indicated the increase in SST as the main influential factor. It is concluded that oscillations in *X. kroyeri*'s catches occurred mainly in response to variability in the seasonal pattern of the species and differences in the efficiency of vessels according to their physical characteristics, especially the engine power. The variation of the relative abundance of the species during the 20 years showed a similar pattern between the sectors North and South, where there was a positive influence of the increase in the rates of precipitation and SST, and of El Niño events. The results of this work can be used to improve fisheries management of *X. kroyeri* in the region, as shown: (1) the feasibility of using the physical characteristics of engine power to classify the fleet and (2) the importance of the operational monitoring of SST, precipitation and El Niño events, to adapt the effort employed on the species.

**Keywords:** catch-per-unit-effort, abundance index, generalized linear model, remote sensing, dynamic factor analysis

## INTRODUÇÃO GERAL

A diminuição dos desembarques pesqueiros globais a partir dos anos 80 levou à crescente preocupação com o estado dos recursos em exploração (WATSON e PAULY, 2001; ZELLER e PAULY, 2005). Estima-se que 85 % dos recursos marinhos se encontrem totalmente explorados, esgotados, severamente exauridos ou em recuperação (FAO, 2010).

O declínio de recursos pesqueiros costeiros, o aumento na demanda por pescado e o advento de novas tecnologias, levaram à expansão das áreas de pesca, para águas oceânicas e maiores profundidades. Apesar dessa tendência global, nos países em desenvolvimento, onde a pesca é essencialmente artesanal, o esforço pesqueiro continua concentrado principalmente sobre a plataforma continental (ANDREW *et al.*, 2007).

A região conhecida como Plataforma Continental Sudeste do Brasil (PCSE) situa-se entre o Cabo de Santa Marta Grande (SC, 28° 36'S) e o Cabo Frio (RJ, 23°S). Esta possui cerca de 1000 km de linha de costa em formato côncavo, topografia geralmente plana e zona de quebra de plataforma entre 120 e 180 m de profundidade. A PCSE é relativamente larga, chegando a 230 km na parte central, e estreitando-se nas proximidades de Cabo Frio para 50 km e do Cabo de Santa Marta para 70 km (CASTRO e MIRANDA, 1998).

As massas de água presentes na PCSE são influenciadas pela Corrente do Brasil que, formada a partir do ramo sul da Corrente Sul Equatorial, bordeja a margem continental do Atlântico Ocidental no sentido sul/sudoeste, transportando em sua camada superior (< 200 m) a Água Tropical (AT), quente e salina ( $T > 20\text{ °C}$  e  $S > 36,4$ ; MIRANDA, 1982) e em sua camada sub-superficial (200 - 500 m), a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), relativamente fria ( $6\text{ °C} < T < 20\text{ °C}$  e  $34,6 < S < 36$ ; MIRANDA, 1985). A mistura destas águas com a água doce de origem continental resulta na Água Costeira (AC), quente e de baixa salinidade ( $T > 20\text{ °C}$  e  $S < 36$ ).

A região é caracterizada pela penetração da ACAS na plataforma durante o verão (MIRANDA, 1985; MATSUURA, 1986). Durante os meses de inverno a PCSE é influenciada pela invasão de águas frias e menos salinas vindas de

sul, de origem nas drenagens do Rio da Prata, Lagoa dos Patos e águas sub-antárticas (CIOTTI *et al.*, 1995; CAMPOS *et al.*, 1996; CASTELLO *et al.*, 1997; STEVENSON *et al.*, 1998).

A predominância de sedimentos superficiais de areia fina, areia muito fina e lama e o baixo gradiente de profundidade, tornam a PCSE de forma geral, favorável para o arrasto de fundo (FIGUEIREDO e TESSLER, 2004).

Nessa região, desde os anos 1990, as frotas demersais têm apresentado tendência de migração das pescarias para áreas mais profundas. No entanto, as principais espécies capturadas continuam sendo as costeiras (PEREZ *et al.*, 2003; KOLLING *et al.*, 2008).

A PCSE é a principal área de atuação das frotas que descarregam nos portos pesqueiros do Estado de São Paulo, sendo os principais deles os portos de Santos, Cananéia e Ubatuba (ÁVILA-DA-SILVA *et al.*, 2007).

Nos últimos anos, o principal recurso demersal para a frota pesqueira paulista tem sido a corvina (*Micropogonias furnieri*), em peso capturado, e o camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*), em número de descargas registradas (ÁVILA-DA-SILVA *et al.*, 2007).

O *X. kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Dendrobranchiata: Penaeidae) é uma espécie bentônica que ocorre na plataforma continental do Atlântico Ocidental, desde a Carolina do Norte (EUA) até o Rio Grande do Sul (Brasil) e possui maiores abundâncias em profundidades de até 30 m (BOSCHI, 1963; IWAI, 1973; HOLTHUIS, 1980; SANTOS e IVO, 2000).

As séries históricas de desembarques de *X. kroyeri* na região da PCSE indicam uma tendência crescente nas capturas até o final da década de 1970, decrescente na década de 1980 e em níveis baixos com oscilações anuais entre 1990 e 1999 (D'INCAO *et al.*, 2002).

A captura da espécie é realizada principalmente por frotas de arrasto de portas de pequeno porte, constituídas normalmente por embarcações menores de 15 metros que arrastam com uma ou duas redes em áreas costeiras (PEREZ *et al.*, 2001).

No cômputo geral, essas frotas apresentam seu esforço pesqueiro altamente direcionado para *X. kroyeri*, sendo este seu único recurso alvo. Portanto, a captura desta espécie possui relevante importância econômica e social (GRAÇA-LOPES *et al.*, 2007; KOLLING *et al.*, 2008).

O elevado direcionamento das frotas para o *X. kroyeri* e o pequeno tamanho ou valor comercial de outras espécies capturadas em conjunto resulta na rejeição de uma parcela significativa da pesca (fauna capturada que é devolvida ao mar). Muitas vezes o descarte chega a superar a quantidade de *X. kroyeri* em condições de comercialização (HAIMOVICI e MENDONÇA, 1996; GRAÇA-LOPES *et al.*, 2002; GOMES e CHAVES, 2006; PEZZUTO *et al.*, 2008).

Dada à importância dessa pescaria, a análise da influência da atividade pesqueira e de variáveis ambientais sobre a abundância da espécie é de extrema importância, podendo servir como subsídio para um manejo pesqueiro adequado da mesma.

Para a realização de análises pesqueiras normalmente são utilizados dados de captura e esforço provenientes de entrevistas de descargas pesqueiras. Estes possuem como vantagem em relação a dados de pesquisa independente da pesca, o fato de serem mais baratos para serem coletados e de normalmente apresentarem uma maior cobertura no espaço e no tempo (NRC, 2000).

Frequentemente, a captura por unidade de esforço (CPUE) é utilizada como índice de abundância em avaliações de estoques em exploração (GULLAND, 1956; GAVARIS, 1980; NRC, 2000). Porém, sua utilização como índice de abundância requer certa cautela, visto que fatores como o uso de diferentes artes de pesca, variações tecnológicas nas frotas, sazonalidade e área de captura, podem gerar variações alheias à abundância (HILBORN e WALTERS, 1992; QUINN e DERISO, 1999).

Para remover o efeito destes fatores, métodos de padronização das taxas de captura têm sido utilizados desde a década de 1950. A padronização é uma técnica que envolve a comparação de dados de CPUE através da modelagem dos efeitos de diversos fatores e geralmente, é realizada através da aplicação de modelos lineares generalizados – MLG (MCCULLAGH e NELDER, 1989;



VENABLES e RIPLEY, 1997; QUINN e DERISO, 1999; MAUNDER e PUNT, 2004; VENABLES e DICHMONT, 2004; XIAO *et al.*, 2004).

Além dos fatores pesqueiros que causam influência na abundância das espécies, o conhecimento dos fatores bióticos e abióticos que governam a distribuição e abundância de estoques em exploração também é de extrema importância para o manejo adequado dos recursos pesqueiros marinhos (HOFMANN e POWELL, 1998).

O ciclo de vida e os padrões de distribuição espacial e temporal dos Peneídeos são influenciados por diversos fatores ambientais, sendo os principais deles, a salinidade, temperatura, o tipo de fundo, a profundidade, a disponibilidade de alimento e as marés (BOSCHI, 1963; DALL *et al.*, 1990; FRANSOZO *et al.*, 2002; COSTA e FRANSOZO, 2004; CASTRO *et al.*, 2005; COSTA *et al.*, 2005, 2007).

Essas interferências causam variações no sucesso de recrutamento dessas espécies, fazendo com que os camarões, frequentemente, tenham sua abundância influenciada por fatores ambientais. Esta influência é intensificada quando a pesca e efeitos ambientais coincidem (ARAGO´N-NORIEGA, 2007; CASTILHO *et al.*, 2008).

Desta forma, a análise conjunta de dados pesqueiros e ambientais possibilita a determinação e quantificação dos efeitos das variáveis ambientais sobre a produção, em escala espacial e temporal, de estoques em exploração (CADDY e SHARP, 1986).

A aquisição de informações ambientais com baixo custo e elevada cobertura espacial e temporal tem sido realizada através de dados de sensoriamento remoto e de reanálise. Estes têm sido aplicados a diversos estudos oceanográficos pesqueiros contemporâneos.

O sensoriamento remoto pode ser definido como “a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos

que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que a compõem em suas mais diversas manifestações” (NOVO, 2008).

Dados de reanálises são gerados a partir da união de dados observacionais (satélites, estações meteorológicas, bóias e navios) com dados de modelagem numérica (PEZZI e SOUZA, 2005).

Dados de entrevistas de descargas pesqueiras e de variáveis ambientais obtidos através de sensoriamento remoto e reanálises possuem em comum o fato de normalmente apresentarem ampla cobertura no espaço e no tempo. Dessa forma, a utilização de ferramentas computacionais para manipulá-los é imprescindível para a transformação destes em informações sobre sua distribuição espaço-temporal.

Nesse contexto, análises de séries-temporais possuem grande importância, já que podem ser utilizadas para entender e descrever os mecanismos causadores das variações nas pescarias, bem como para fazer previsões futuras, que podem servir como ferramenta para o manejo pesqueiro (VANDAELE, 1983; KOUTROUMANIDIS *et al.*, 2005).

Frequentemente, ao se analisar séries temporais biológicas e ambientais, surgem questões como: (i) as variáveis medidas seguem um padrão geral?; (ii) caso sim, qual é esse padrão?; (iii) existe interação entre as variáveis medidas?; (iv) as variáveis medidas possuem relação com variáveis explicativas?

Essas questões específicas são dificilmente respondidas por técnicas de análise de séries temporais como a Análise Espectral, Análise de Ondas, ARIMA e modelos Box-Jenkins, por exemplo (SHUMWAY e STOFFER, 2000; KOUTROUMANIDIS *et al.*, 2005). As análises Espectral e de Ondas, objetivam estudar os padrões cíclicos, enquanto modelos ARIMA e Box-Jenkins são utilizados apenas para fins de previsão. Além disso, essas técnicas requerem que as séries temporais analisadas sejam estacionárias e sem valores nulos.

Atualmente, técnicas de análise alternativas têm sido aplicadas a séries temporais múltiplas, relativamente curtas e não-estacionárias. Entre estas, podemos citar as técnicas de mínima e máxima auto-correlação fatorial (AMAF) e a análise dinâmica fatorial (ADF). Ambas têm sido utilizadas para extrair e identificar tendências comuns, determinar o efeito de variáveis explicativas e avaliar interações entre variáveis respostas (ZUUR *et al.*, 2007).

Quanto ao tratamento dos dados referenciados espacialmente, o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) é de extrema importância, já que permitem o armazenamento, manipulação, apresentação e análise de grande volume de dados georreferenciados de forma integrada (CÂMARA & DAVIS, 2005).

Diante do que foi exposto, o objetivo geral deste trabalho foi analisar a variação espacial e temporal da abundância do *X. kroyeri* na região de estudo, através da identificação dos fatores que influenciaram a captura da espécie, das tendências na variação temporal de sua abundância e da influência de fatores ambientais.

Dessa forma, este estudo foi dividido em dois capítulos, sendo que o primeiro teve como objetivo específico identificar os fatores que influenciaram as taxas de captura de *X. kroyeri* e estimar séries temporais de CPUE padronizadas. O segundo capítulo visou identificar tendências comuns nas séries temporais de abundância e associar estas às variáveis ambientais, obtidas através de dados de sensoriamento remoto e reanálises.

Os capítulos estão apresentados como artigos científicos, no formato da revista *Fisheries Research* e foram intitulados:

Capítulo 1 - Variação na abundância do *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) descarregado no Estado de São Paulo, Brasil, durante 20 anos (1990-2009).

Capítulo 2 – Influências ambientais na abundância do *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) descarregado no Estado de São Paulo, Brasil, durante 20 anos (1990-2009).

## **Análise exploratória dos dados**

A partir do sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) Propesq® foram obtidos os dados de produção (kg), dias de pesca e as coordenadas geográficas das operações de pesca referentes às viagens que descarregaram espécies com hábito demersal, no Estado de São Paulo, durante o período 1990-2009.

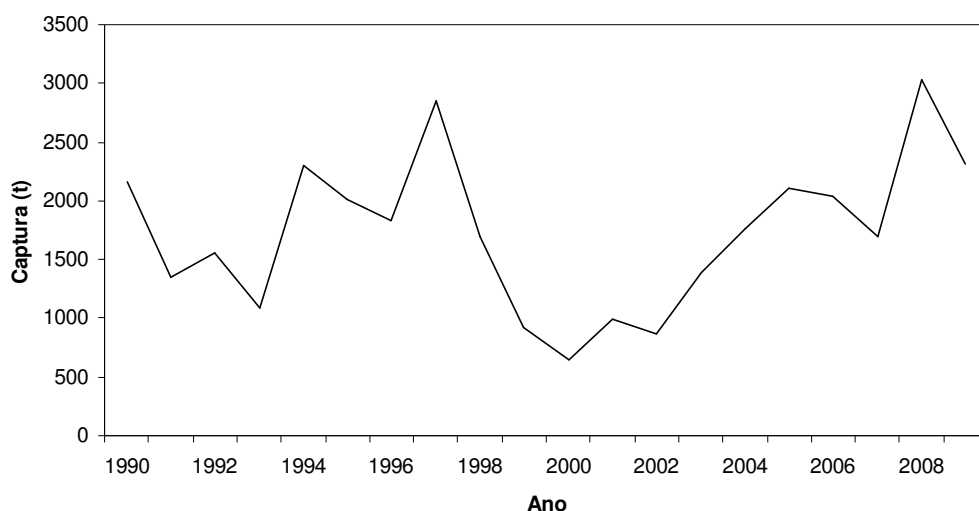
Foi calculada a captura por unidade de esforço (CPUE, kg ÷ dias de pesca), por quadrado estatístico de 10 MN de lado, por espécie e ano. Os dados foram utilizados para a implementação de um SIG com arquitetura dual, através do software GvSIG. Na estratégia dual, o SGBD é responsável por armazenar os atributos (CPUE), enquanto os objetos geográficos (quadrados estatísticos) foram criados e ficam armazenados no próprio SIG. A entrada dos atributos no SIG foi feita por meio de um identificador único para cada quadrado estatístico através de uma ligação lógica.

Foram analisados 336.700 dados de descargas pesqueiras de espécies com hábito demersal e/ou bentônico, que ocorreram nos municípios litorâneos do Estado de São Paulo entre os anos 1990 e 2009. O *X. kroyeri* foi a principal espécie em número de descargas durante o período, com 131.007 (39 % do total) e ocupou a segunda posição quanto ao volume descarregado, com 34.630 t (11 % do total), ficando atrás apenas da *M. furnieri*.

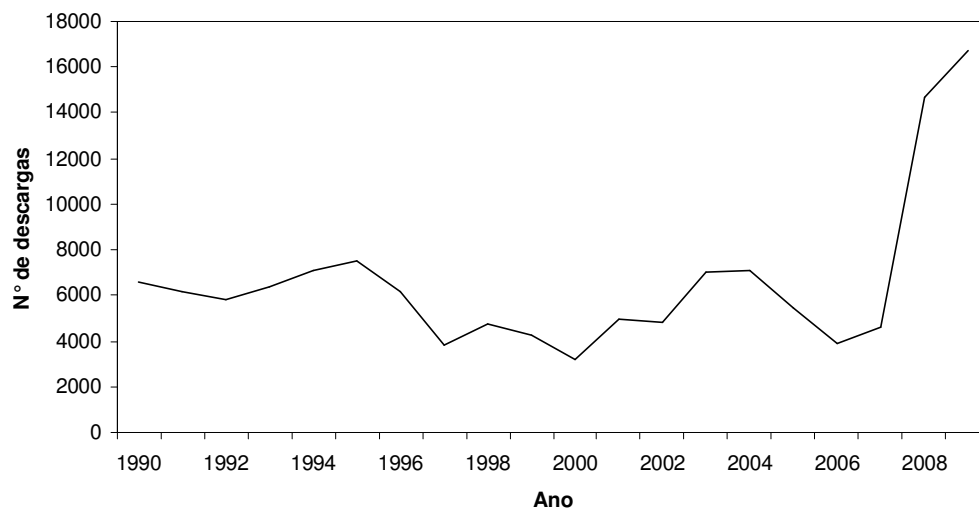
Os principais municípios de descarga do *X. kroyeri* foram Santos, Cananéia e Ubatuba, com 16.691 t (48 %), 9.453 t (27 %) e 6.318 t (18 %) descarregadas, respectivamente. Apesar da coleta de dados ter se iniciado na maior parte dos demais municípios a partir do ano de 2008, os municípios de Santos, Cananéia e Ubatuba continuaram sendo responsáveis pela maior parte das descargas totais da espécie.

O total anual de *X. kroyeri* descarregado no Estado de São Paulo teve um aumento entre 1993 e 1997, seguido por queda até o ano 2000 e subsequente tendência crescente até 2009 (Figura 1). O número de descargas seguiu uma variação semelhante, com um número menor de descargas entre 1997 e 2000. O acentuado aumento no número de descargas em 2008 e 2009 ocorreu em

resposta à expansão da rede de coleta de dados do Instituto de Pesca (Figura 2).

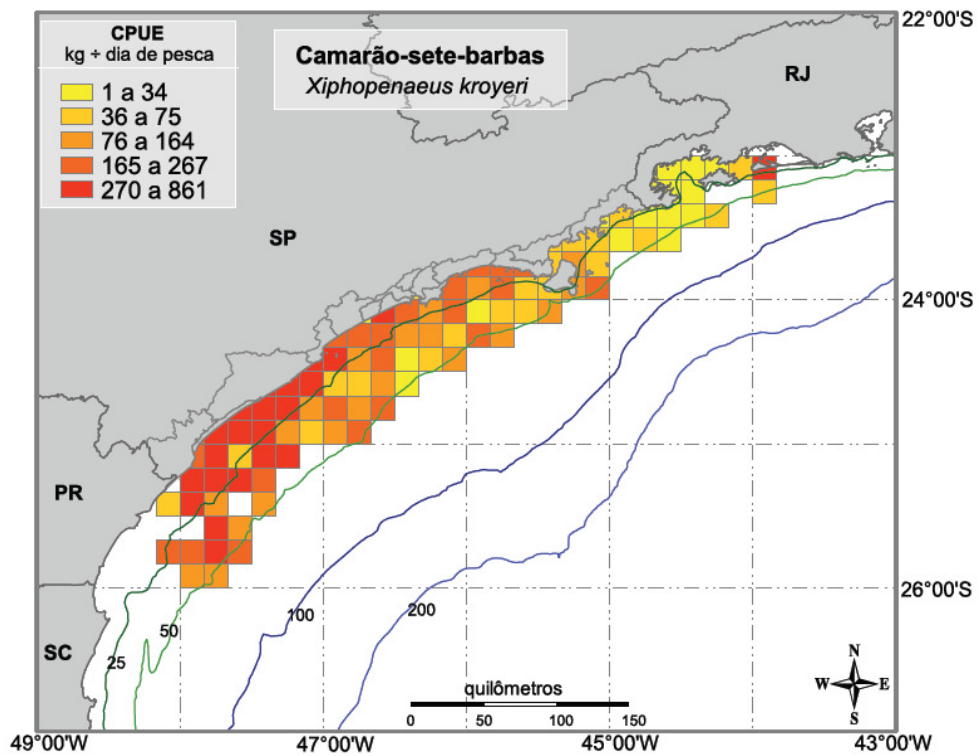


**Figura 1.** Captura descarregada, em toneladas, de camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) no Estado de São Paulo, por ano, entre 1990-2009.



**Figura 2.** Número de descargas anuais de camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) no Estado de São Paulo, entre 1990-2009.

As viagens pesqueiras que reportaram a captura de *X. kroyeri* indicaram como área de pesca o trecho de mar entre os paralelos 23° e 27°S e as profundidades 0 e 50 m. Os maiores valores de CPUE foram registrados ao largo dos municípios de Peruíbe, Iguape, Ilha Comprida e Cananéia (Figura 3).



**Figura 3.** Distribuição espacial do rendimento pesqueiro (CPUE, kg/ dia de pesca) do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*), por quadrado estatístico de 10 MN, de 1990 a 2009.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREW, N.L.; BÉNÉ, C.; HALL, S.J.; ALLISON, E.H.; HECK, S.; RATNER, D. 2007. Diagnosis and management of small-scale fisheries in developing countries. *Fish and Fisheries*. 8: 227–240.

ARAGOÑ-NORIEGA, E.A. 2007. Coupling the reproductive period of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* Stimpson, 1874 (Decapoda: Penaeidae) with sea surface temperature in the Gulf of California. *Journal of Marine Biology and Oceanography*. 42: 167–175

ÁVILA-DA-SILVA, A.O.; CARNEIRO, M.H.; MENDONÇA, J.T.; SERVO, G.J.M.; BASTOS, G.C.C.; BATISTA, P.A. 2007. Produção pesqueira marinha do Estado de São Paulo no ano 2005. *Série Relatórios Técnicos*. 26: 1-44.

BOSCHI, E.E. 1963. Los camarones comerciales de la familia Penaeidae de la costa Atlántica de América del Sur. Clave para el reconocimiento de las especies y datos bioecológicos. *Bol Instit Biol Mar*. 3: 1-39.

CADDY, J. F. e SHARP, G. D. 1986. An ecological framework for marine fishery investigations. *FAO Fish. tech. Pap.* 283: 1-152.

CÂMARA, G. e DAVIS, C. 2005. Introdução In: CÂMARA, G.; DAVIS, C. e MONTEIRO, A. M. V. (Ed.). Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos: INPE. p.1-5.

CAMPOS, E.J.D., LORENZZETTI, J.A., STEVENSON, M.R. STECH, J.L., SOUZA, R.B. 1996. Penetration of Waters from the Brazil-Malvinas Confluence Region Along the South American Continental Shelf up to 23°S. *An. Acad. Bras. Cienc.* 68: 49-58.

CAMPOS, E.J.D.; LORENZZETTI, J.A.; STEVENSON, M.R.; STECH, J.L.; SOUZA, R.B. 1996. Penetration of Waters from the Brazil-Malvinas Confluence Region Along the South American Continental Shelf up to 23°S. *An. Acad. Bras. Cienc.* 68: 49-58.

CASTELLO, J.P.; HAIMOVICI, M.; ODEBRECHT, C.; VOOREN, C.M. 1997. Relationships and functions of coastal and marine environments: the continental

shelf and slope. In: Seeliger, U.; Odebrecht, C., Castello, J.P. (Eds.). Subtropical Convergence Environments: The Coast and Sea in the Southwestern Atlantic. Springer, Berlin. 171-178.

CASTILHO, A.L.; PIE, M.R.; FRANSOZO, A.; PINHEIRO, A.P.; COSTA, R.C. 2008. The relationship between environmental variation and species abundance in shrimp communities (Crustacea: Decapoda: Penaeoidea) in south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 88: 119–123.

CASTRO, B.M. e MIRANDA, L.B. 1998. Physical oceanography of the western Atlantic Continental Shelf located between 4°N and 34°S. In: The Sea. Robinson, A.R e Brink, K.H. John Wiley e Sons, Inc, Inc.: 209-251.

CASTRO, R.H.; COSTA, R.C.; FRANSOZO, A.; MANTELATTO, F.L.M. 2005. Population structure of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea : Penaeoidea) in the littoral of São Paulo, Brazil. *Ecology*. 69(1): 105-112.

CIOTTI, A.M.; ODEBRECHT, C.; FILLMAN, G.; MÖLLER, J.O.O. 1995. Freshwater outflow and Subtropical Convergence Influence on Phytoplankton Biomass on the Southern Brazilian Continental Shelf. *Cont. Shelf Res.* 15(14): 1737-1756.

COSTA R.C. e FRANSOZO A. 2004. Abundance and ecologic distribution of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Crustacea: Penaeidae) in the northern coast of São Paulo State, Brazil. *Journal of Natural History*. 38: 901–912.

COSTA R.C.; FRANSOZO A.; CASTILHO A.L.; FREIRE, F.A.M. 2005. Annual, seasonal and spatial variation of abundance of the shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea) in south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 85: 107–112.

COSTA, R.C.; FRANSOZO, A.; FREIRE, F.A.M.; CASTILHO, A.L. 2007. Abundance and ecological distribution of the "sete-barbas" shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeoidea) in three bays of



the Ubatuba region, Southeastern, Brazil. *Gulf and Caribbean Research*. 19: 33-41.

D'INCAO, F.; VALENTINI, H.; RODRIGUES, L.F. 2002. Avaliação da pesca de camarões nas regiões Sudeste e Sul do Brasil 1965-1999. *Revista Atlântica*. 24(2): 103-116.

DALL, W.; HILL, B.J.; ROTHILSBURG, P.C.; STAPLES, D.J. 1990. The biology of the Penaeidae. In: *Advances in Marine Biology*. v. 27. San Diego: J. H. S. Blaxter and A. J. Southward. Academic Press, 489p.

FIGUEIREDO, A. G. e TESSLER, M.G. 2004. Topografia e composição do substrato marinho da região Sudeste-Sul do Brasil. São Paulo: Instituto Oceanográfico – USP. Série Documentos REVIZEE – Score Sul, 64p.

FOOD and AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO) 2010. The State of the World's Fisheries and Aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

FRANSOZO A.; COSTA R.C.; MANTELATTO F.L.M.; PINHEIRO M.A.A.; SANTOS, S. 2002. Composition and abundance shrimp species (Penaeidea and Caridea) in Fortaleza bay, Ubatuba, São Paulo, Brasil. In Briones E.E. and Alvarez F. (eds) *Modern approaches to the study of Crustacea*. México: Kluwer Academic Press, 117–125.

GAVARIS, S. 1980. Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 37: 2272-2275.

GOMES, I.D. e CHAVES, P.T. 2006. Ictiofauna integrante da pesca de arrasto camaroeiro no litoral sul do Estado do Paraná. *Bioikos*. 20(1): 9-13.

GRAÇA-LOPES, R.; PEREIRA, E.; SEVERINO-RODRIGUES, E. 2007. Aportes ao Conhecimento da Biologia e da Pesca do Camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri* Heller, 1862) no Litoral do Estado de São Paulo, Brasil. *B. Inst. Pesca*. 33(1): 63-84.

GRAÇA-LOPES, R.; TOMÁS, A.R.G.; TUTUI, S.L. dos S.; SEVERINO-RODRIGUES, E.; PUZZI, A. 2002. Fauna acompanhante da pesca camaroeira no litoral do Estado de São Paulo, Brasil. *B. Inst. Pesca.* 28(2): 173–188.

GULLAND, J.A. 1956. On the fishing effort in English demersal fisheries. *Fish. Invest.* 20(2): 1–41.

HAIMOVICI, M. e MENDONÇA, J.T. 1996. Descartes da fauna acompanhante na pesca de arrasto de tangones dirigida a linguados e camarões na plataforma continental do sul do Brasil. *Atlântica.* 18: 143-160.

HILBORN, R. e WALTERS, C. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman and Hall, New York.

HOFMANN, E.E. e POWELL, T.M. 1998. Environmental variability effects on marine fisheries: Four case studies. *Ecological Applications.* 8(1): S23-S32.

HOLTHUIS, L.B. 1980. Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. FAO species catalogue, v. 1, FAO Fisheries Synopsis.

IWAI, M. 1973. Pesquisa e estudo biológico dos camarões de valor comercial. *Publ. Esp. Inst. Oceanogr.* 3, 501-534.

KOLLING, J.A.; BATISTA, P.A.; ÁVILA-DA-SILVA, A.O.; CARNEIRO, M.H. 2008. A utilização do ambiente marinho e de seus recursos vivos pela frota pesqueira paulista: O ambiente demersal. In: Elisabete de Santis Braga. (Org.). Oceanografia e Mudanças Globais. 1 ed. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 1: 221-231.

KOUTROUMANIDIS, T.; ILIADIS, L.; SYLAIOS, G.K. 2005. Time-series modeling of fishery landings using ARIMA models and Fuzzy Expected Intervals software. *Environmental Modeling and Software.* 21(12): 1711-1721.

MATSUURA, Y. 1986. Contribuição ao estudo da estrutura oceanográfica da região sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC). *Cienc. Cult.* 38 (8): 1439-1450.

MAUNDER, M.N. e PUNT, A.E. 2004. Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. *Fisheries Research*. 70: 141–149.

MCCULLAGH, P. e NELDER, J.A. 1989. Generalized Linear Models (2ª ed). Londres: Monographs on Statistics and Applied Probability. Chapman & Hall, Londres.

MIRANDA, L.B. 1982. Análises de massas de água da plataforma continental e da região oceânica adjacente: Cabo de São Tomé (RJ) à Ilha de São Sebastião (SP). Tese de livre docência. Instituto oceanográfico, Universidade de São Paulo. 194 p.

MIRANDA, L.B. 1985. Forma da correlação T-S de massa de água das regiões costeira e oceânica entre o Cabo de São Tomé (RJ) e a Ilha de São Sebastião (SP). *Bol. Inst. Oceanogr.* 33 (2): 105-119.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) 2000. Improving the Collection, Management, and Use of Marine Fisheries Data. National Academy Press, Washington, DC.

NOVO, E.M.L.M. 2008. Sensoriamento Remoto, 3a ed. Editora Blucher. 363p.

PEREZ, J. A. A; PEZZUTO, P. R.; RODRIGUES, L.F. 2001. Relatório da Reunião Técnica De Ordenamento da Pesca de arrasto nas Regiões Sudeste e Sul do Brasil. *Notas téc. Facimar*. 5: 1-34.

PEREZ, J.A.A.; WAHRLICH, R.; PEZZUTO, P.R.; SCHWINGEL, P.R.; LOPES, F.R.A.; RODRIGUES-RIBEIRO, M. 2003. Deep-sea Fishery off Southern Brazil: Recent Trends of the Brazilian Fishing Industry. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* 31: 1-18.

PEZZI, L. P. e SOUZA, E. B. 2005. O uso da temperatura da superfície do mar em estudos climáticos. In: SOUZA, R. B. Oceanografia por satélites. São Paulo: Oficina de Textos. 336 p.

PEZZUTO, P.R.; ALVAREZ-PEREZ, J.A.; WAHRLICH, R. 2008. The use of the swept area method for assessing the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri*

(Heller, 1862) biomass and removal rates based on artisanal fishery-derived data in southern Brazil: using depletion models to reduce uncertainty. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 36(2): 245-257.

QUINN, T.J. e DERISO, R. 1999. Quantitative fish dynamics. Oxford University Press. New York.

SANTOS, M.C.F e IVO, C.T.C. 2000. Pesca, Biologia e Dinâmica Populacional do Camarão *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) Capturado em Frente ao Município de Caravelas (Bahia-Brasil). *Bol. Tecn. Cient. CEPENE.* 8:131-164.

SHUMWAY R.H. e STOFFER D.S. 2000. Time Series Analysis and Its Applications. Springer-Verlag: New York.

STEVENSON, M. R.; BRITO, D.D.; Stech, J.L.; KAMPEL, M. 1998. How do cold water biota arrive in a tropical bay near Rio de Janeiro, Brazil? *Cont. Shelf Res.* 13: 1595-1612.

VANDAELE, W. 1983. Applied Time Series and Box-Jenkins Models. 1. ed. New York: Academic Press.

VENABLES, W.N. e DICHMONT, C.M. 2004. GLMs , GAMs and GLMMs : an overview of theory for applications in fisheries research. *Fisheries Research.* 70: 319-337.

VENABLES, W.N. e RIPLEY, B.D. 1997. Modern Applied Statistics with S-Plus. New York (2ª ed.). Springer-Verlag.

WATSON, R. e PAULY, D. 2001. Systematic distortions in world fisheries catch trends. *Nature.* 434: 534–536.

XIAO, Y.; PUNT, A.; MILLAR, R.; QUINN II, T.J. 2004. Models in fisheries research: GLMs, GAMS and GLMMs. *Fisheries Research.* 70(2-3): 137-139.

ZELLER, D. e PAULY, D. 2005. Good news, bad news: global fisheries discards are declining, but so are total catches. *Fish and Fisheries.* 6: 156-159.

ZUUR, A.F.; IENO, E.N.; SMITH, G.M. 2007. Analysing ecological data. Statistics for biology and health. Heidelberg, Germany: Springer. 672p.

## **CAPÍTULO 1**

VARIAÇÃO NA ABUNDÂNCIA DO *Xiphopenaeus kroyeri* (HELLER, 1862)  
DESCARREGADO NO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL, DURANTE 20 ANOS  
(1990-2009)

## Resumo

Modelos lineares generalizados foram aplicados para identificar os fatores que influenciaram as taxas de captura de *Xiphopenaeus kroyeri* e estimar séries temporais com índices de abundância padronizados da espécie. Foram utilizados os fatores explicativos mês, ano, potência do motor (HP) e comprimento (m) das embarcações e mês de abertura da pesca após períodos de defeso. Análises de auto-correlação e correlação-cruzada foram aplicadas sobre as séries temporais padronizadas para identificar padrões inter-anuais e comparar séries de diferentes setores de pesca. Os modelos ajustados mostraram o fator HP da embarcação e a interação ano:mês como responsáveis pela maior parte da explicação obtida. Embarcações com HP elevado chegaram a apresentar eficiência de pesca 3,5 vezes maior que embarcações com motores menos potentes. O padrão de variação sazonal do recurso não foi igual em todos os anos, provavelmente devido a variações na época de início do recrutamento e no período de defeso. A análise de auto-correlação apresentou um padrão de variação inter-anual, com altas correlações em defasagens de 6 e 12 meses. A correlação-cruzada indicou que a variação temporal da CPUE foi semelhante entre os setores Sul e Norte da área de estudo. Nestes, a abundância da espécie aumentou nos anos 1996, 1997, 2001 e 2002, enquanto no setor Centro, a CPUE oscilou com períodos de cerca de 2 anos. Os resultados sugerem que as oscilações na abundância de *X. kroyeri* ocorreram principalmente em resposta à variabilidade no padrão inter-anual do recurso, porém características físicas das embarcações, principalmente a potência do motor, também contribuíram significativamente para a variação da CPUE da espécie. Assim, os resultados mostraram a importância da padronização das taxas de captura de acordo com o poder de pesca das embarcações e da utilização dessa característica física como referência para classificar embarcações para fins de manejo e legislações pesqueiras.

Palavras-chave: captura-por-unidade-de-esforço, índice de abundância, modelos lineares generalizados, séries temporais.



## 1. Introdução

Historicamente, os camarões peneídeos são capturados em grande escala sobre plataformas continentais, levando a sobreexploração da maior parte destes recursos (Garcia e Le Reste, 1981).

No Brasil, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862), conhecido como camarão sete-barbas, é um dos recursos mais importantes para a pesca, sendo descarregado ao longo de toda a costa, especialmente nos Estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (Dias Neto, 1996; Ibama, 1993, 2008; Paiva, 1997).

No Estado de São Paulo, desde os primeiros relatos estatísticos, em 1944, *X. kroyeri* se encontra entre as principais espécies descarregadas, sendo que nos últimos anos tem ocupado a terceira posição na lista das mais capturadas no Estado (Ávila-da-Silva *et al.*, 2007; Vieira *et al.*, 1945). A espécie é descarregada em diversos portos pesqueiros ao longo da costa do Estado, sendo os mais importantes o Porto de Santos, Cananéia e Ubatuba (Ávila-da-Silva *et al.*, 2007).

Na costa sudeste do Brasil, sua captura é realizada basicamente por frotas de arrasto de pequeno porte, com embarcações menores de 15 metros que arrastam com uma ou duas redes em áreas costeiras. Em grande parte, esta frota possui a espécie como único recurso alvo, sendo assim uma espécie de extrema importância econômica e social para diversas comunidades litorâneas (Graça-Lopes *et al.*, 2007; Kolling *et al.*, 2008, Perez *et al.*, 2001). Cabe salientar que o alto grau de direcionamento sobre a espécie resulta em uma parcela significativa de fauna capturada devolvida ao mar, chegando a superar a quantidade de *X. kroyeri* em condições de ser comercializado (Graça-Lopes *et al.*, 2002).

*X. kroyeri* é uma espécie bentônica que ocorre na plataforma continental do Atlântico Ocidental, desde a Carolina do Norte (EUA) até o Rio Grande do Sul (Brasil) e apresenta maiores abundâncias em profundidades de até 30 m (Boschi, 1963; Holthuis, 1980; Iwai, 1973; Santos e Ivo, 2000). A espécie passa todo seu ciclo de vida no mesmo ambiente, não dependendo de estuários para o desenvolvimento dos juvenis (Castro *et al.*, 2005; Holthuis, 1980; Valentini *et al.*, 1991).

No Brasil, a espécie possui seus aspectos biológicos e pesqueiros bem estudados, com diversos trabalhos realizados nas regiões Nordeste (Coelho e Santos, 1993; Santos *et al.*, 2001; Santos e Coelho, 1998; Santos e Freitas, 2006; Santos e Ivo 2000; Santos e Silva, 2008; Silva e Santos, 2006; Silva e Santos, 2007), Sudeste (Castro *et al.*, 2005; Graça-Lopes *et al.*, 2007; Nakagaki e Negreiros-Fransozo, 1998; Simões *et al.*, 2010) e Sul (Branco *et al.*, 1999; Branco, 2005; Branco e Moritz Jr., 2001; Campos *et al.*, 2009; Pezzuto *et al.*, 2008).

O período reprodutivo da espécie é contínuo ao longo do ano, porém ocorrem dois picos de fêmeas desovadas, seguidos por um aumento no recrutamento e consequente aumento nas capturas (Branco *et al.*, 1999; Branco, 2005; Castro *et al.*, 2005; Fransozo *et al.*, 2000; Nakagaki e Negreiros-Fransozo, 1998).

A principal medida de manejo pesqueiro para os camarões nas regiões Sudeste e Sul do Brasil é o defeso, ou proibição temporária da captura. Criado em 1984, o período já sofreu diversas alterações. Inicialmente foi implementado durante o recrutamento dos camarões *Farfantepenaeus brasiliensis* e *Farfantepenaeus paulensis*, abrangendo também a proibição da pesca de outras espécies de camarão cujas áreas de ocorrência são percorridas por essas espécies durante a fase de recrutamento, incluindo o *X. kroyeri*. Somente nos anos de 2006 e 2007 o período do defeso foi dirigido especificamente ao *X. kroyeri* (Franco *et al.*, 2009).

Apesar das características do *X. kroyeri* como a não dependência de ambientes estuarinos, o ciclo de vida curto e a grande capacidade reprodutiva, que o tornam eficiente na recuperação à mortalidade pela pesca, desde a década de 1970 existe uma preocupação com o esforço excessivo empregado sobre a espécie (Santos *et al.*, 1973).

Sua produção tem flutuado muito ao longo dos anos, mostrando sinais de sobreexploração, levando à inclusão da espécie na Lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Sobreexploradas ou Ameaçadas de Sobreexploração (Dias-Neto e Marrul-Filho, 2003; D’Incao *et al.*, 2002; Kolling *et al.*, 2008, MMA, 2004).

Dados de captura e esforço, provenientes da pesca comercial e recreacional, comumente utilizados como índices de rendimento pesqueiro, na forma de captura-por-idade-de-esforço (CPUE), provêm uma das mais comuns e de fácil aquisição fontes de informação para analisar estoques em exploração (Gavaris, 1980; Gulland, 1956, NRC, 2000). Porém, a utilização destes como índice de abundância depende da capacidade de filtrar as variações causadas por fatores além da abundância, como variações tecnológicas nas frotas, sazonalidade e área. Este processo vem sendo amplamente realizado em estudos pesqueiros através de modelos multiplicativos para padronização das taxas de captura (Battaile e Quinn, 2004; Goni *et al.*, 1999; Large, 1992; Maynou *et al.*, 2003; Punt, 2000; Tascheri *et al.*, 2010).

Os coeficientes dos modelos multiplicativos normalmente são estimados através do ajuste de modelos lineares generalizados (MLG), os quais permitem a identificação dos fatores que possuem influência sobre as taxas de captura, além do cálculo de índices de abundância padronizados (Maunder e Punt, 2004; Venables e Dichmont, 2004; Xiao *et al.*, 2004).

Apesar de bem estudada quanto a sua biologia e pesca nenhuma atenção foi dada para a padronização de taxas de captura de *X. kroyeri* no litoral brasileiro. Esta etapa é de extrema importância no desenvolvimento de índices de abundância relativa, que podem ser utilizados como base para o manejo pesqueiro e para o ajuste de modelos de avaliação de estoques (Maunder e Punt, 2004).

Dessa forma, este estudo teve como objetivos: (a) identificar os fatores que influenciaram as taxas de captura do *X. kroyeri* descarregado pela frota de arrasto-duplo no Estado de São Paulo durante o período de 1990 a 2009; (b) estimar séries temporais com índices de abundância padronizados da espécie; (c) identificar padrões inter-anuais na produtividade de *X. kroyeri*; e (d) quantificar a associação da variação na abundância da espécie entre diferentes áreas de pesca.

## **2. Dados e Métodos**

### **2.1 Dados**

Foram utilizados dados de viagens de embarcações da frota de arrasto-duplo registradas nos portos pesqueiros de Cananéia, Santos e Ubatuba, locais onde há a disponibilidade de séries temporais mais longas. Estes foram obtidos por método censitário pelo Programa de Monitoramento da Atividade Pesqueira extraídos da base de dados do Instituto de Pesca de São Paulo (Ávila-da-Silva, 2007; FAO, 1999).

Foram considerados os dados de embarcações com informações de comprimento e potência do motor, e as viagens com dados completos de captura, esforço e área de pesca.

A área de pesca foi dividida em três setores, de acordo com o raio de atuação das frotas sediadas em cada um dos portos: (a) setor Norte, área de atuação da frota de Ubatuba, limitado pelas latitudes 23°00'S e 23°50'S; (b) setor Centro, principal área de atuação da frota de Santos, se estendendo do paralelo 23°50'S ao 24°30'S e (c) setor Sul, com viagens registradas em Cananéia, entre as latitudes 24°30'S e 25°35'S. Os limites latitudinais são referentes à linha de costa e seguem perpendiculares a esta até a isóbata de 50 m (Figura 4).

Para as análises do setor Norte foram utilizados dados de 31.522 viagens realizadas por 172 embarcações, que capturaram 2.034,3 t de *X. kroyeri* entre 1990 e 2009. Para o Setor Centro, foram utilizados dados de 3.242 viagens de 96 embarcações que capturaram 5.842,3 t da espécie, e para o setor Sul foram utilizados dados de 3.651 viagens de 121 embarcações que capturaram 3.442,1 t da espécie durante o período.

As embarcações pesqueiras foram agrupadas em categorias de comprimento e potência do motor. As categorias de comprimento foram: (a) pequena escala 1 (peq-1), embarcações com menos de 10 m; (b) pequena escala 2 (peq-2), embarcações entre 10 e 12 m; (c) média escala 1 (méd-1), barcos entre 12 e 15 m; e (d) média escala 2 (méd-2), embarcações com 15 m ou mais. Essas categorias foram criadas tendo-se como referência a legislação pesqueira vigente para as frotas de arrasto atuantes na captura de camarões na região. Segundo a legislação, as embarcações com 10 m ou mais devem preencher e entregar mapas de bordo referentes às viagens de pesca; embarcações com 12 m ou mais não são mais consideradas artesanais para fins de licença de pesca; e com 15 m ou mais devem estar incluídas no Programa de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite - PREPS (MPA e MMA, 2010; MPA e MMA, 2011; SEAP/PR, MMA, MB, 2006). As classes de potência de motor foram: (a) <18 HP; (b) 18-99 HP; (c) 100-179 HP e (d)  $\geq$ 180 HP.

Foram identificados os meses em que ocorreu o período de defeso entre 1990 e 2009. Os meses após o término destes períodos foram classificados como meses de abertura da pesca (Tabela 1).

## 2.2 Análises Estatísticas

### 2.2.1 Modelos lineares generalizados

A estimativa da magnitude da influência dos fatores ano, mês (janeiro-dezembro), classe de comprimento (peq-1; peq-2; med-1; med-2), classe de HP (<18; 18-99; 100-179;  $\geq 180$ ) e mês de abertura (variável indicando se o mês é ou não um mês em que houve a abertura da pesca após um período de defeso) sobre a produtividade pesqueira foi realizada para cada setor, através da análise de deviance e do ajuste de modelos lineares generalizados – MLG (Lindsey, 1997; Mccullagh e Nelder, 1989; Quinn e Deriso, 1999; Venables e Ripley, 1997). A produtividade, ou captura-por-unidade-de-esforço (CPUE), foi medida como a captura descarregada (kg) por dias efetivos de pesca, para cada viagem pesqueira.

Para os setores Norte e Sul, a curva melhor ajustada sobre a distribuição da densidade da CPUE foi a log-normal, enquanto que para o setor Centro, devido à forma assimétrica, assumiu-se que esta teve uma distribuição gama. Assim, a técnica de MLG foi empregada para identificar a magnitude da influência dos fatores explicativos sobre a produtividade pesqueira da espécie, utilizando família gaussiana e função de ligação identidade para os setores Norte e Sul e distribuição gama e função de ligação logarítmica para o setor Centro.

A definição dos termos finais dos modelos foi feita pelo método “Akaike’s information criterion” (AIC), no qual é selecionado um modelo que ao mesmo tempo

esteja bem ajustado e possua um número reduzido de parâmetros (Akaike, 1974). A significância das variáveis incluídas no modelo foi verificada para um nível de 5 %, através do teste “F” (ZAR, 1996).

Foram selecionados dois modelos para cada área, um sem interação e outro considerando interação de primeira ordem entre os fatores explicativos.

Os modelos seguiram o padrão a seguir, com alterações na ordem dos fatores e na inclusão das interações de primeira ordem, de acordo com os modelos ajustados por setor de pesca:

$$1. \ln \mu_{hmacd} = \alpha + \beta a + \theta m + \varepsilon h + \rho c + \gamma d$$

Onde  $\mu_{hmacd}$  é a CPUE esperada no ano  $a$ , no mês  $m$ , para uma embarcação da classe de HP  $h$  e da classe de comprimento  $c$  e em um mês onde houve ou não abertura da pesca;  $\alpha$  é a CPUE observada de uma embarcação da classe de HP <18, classe de comprimento peq-1, em janeiro de 1990 para os setores Norte e Centro e de 1995 para o setor Sul;  $\varepsilon h$  é a eficiência de uma embarcação da classe  $h$  em relação à classe <18;  $\theta m$  é a abundância do mês  $m$  relativa a janeiro;  $\beta a$  é a abundância no ano  $a$  relativa a 1990 para os setores Norte e Centro e a 1995 para o setor Sul; e  $\gamma d$  é a mudança na taxa de captura caso seja um mês de abertura da pesca.

### 2.2.2 Análise exploratória das séries temporais

Os dados de esforço padronizado, derivados dos coeficientes dos modelos com interação, foram utilizados nas estimativas das CPUEs mensais e anuais, de cada setor (Quinn e Deriso, 1999).

As séries temporais com CPUEs mensais padronizadas foram utilizadas na análise de auto-correlação, visando verificar padrões de variação considerando defasagens de

tempo. A função de auto-correlação mede a relação entre uma série temporal e seu próprio passado e é calculada a partir do coeficiente de correlação de Pearson da série temporal com ela mesma, aplicando depois uma defasagem de  $k$  meses (Zuur *et al.*, 2007).

Para quantificar a associação entre as séries temporais dos diferentes setores e assim verificar se a variação na abundância de *X. kroyeri* seguiu tendências semelhantes, considerando defasagens de tempo, foram aplicadas funções de correlação-cruzada entre as séries temporais de CPUEs anuais padronizadas. A função de correlação-cruzada é também baseada no cálculo do coeficiente de Pearson, e verifica a correlação da CPUE do setor A no tempo  $t$  com a CPUE do setor B no tempo  $t+k$  (Zuur *et al.*, 2007).

### 3. Resultados

#### 3.1 MLGs

##### 3.1.1 Setor Norte

Do total de viagens, 12.431 (39 %) foram realizadas por embarcações da classe >18 HP, 18.867 (60 %) por embarcações da classe 18-99 HP e apenas 221 (1 %) por embarcações com  $HP \geq 100$ . Quanto à frequência de viagens por classe de comprimento das embarcações, 31.003 (98 %) foram referentes a embarcações da classe peq-1 e 516 viagens (2 %) foram agrupadas nas demais classes.

O modelo selecionado foi:

$$2. \ln \mu_{hmacd} = \alpha + \theta m + \beta a + \epsilon h + \gamma l + \rho c$$



Todos os fatores incluídos no modelo foram significativos e o efeito combinado destes explicou 22,4 % da variação total da CPUE. O fator mês foi o mais importante, responsável por 8,8 % da variação explicada, seguido pelo ano, classe de HP, mês de abertura e classe de comprimento (Tabela 2).

Embarcações da classe 18-99 HP tiveram eficiência 1,4 vezes maior do que da classe de HP <18. O modelo indicou dois aumentos na CPUE ao longo do ano, um mais acentuado no mês de junho e um mais leve no mês de novembro. A produtividade em meses onde ocorreu a abertura da pesca após períodos de defeso foi 1,3 vezes maior do que nos demais meses. Ocorreram picos acentuados de produtividade da espécie, nos anos de 1997 e 2005, ambos com CPUEs 1,9 vezes a de 1990. A variação foi significativa para embarcações da classe méd-1, que apresentaram eficiência 1,5 vezes maior que a classe peq-1.

Considerando as interações de primeira ordem entre os fatores, o modelo selecionado foi:

$$3. \ln \mu_{hmacd} = \alpha + \theta m + \beta a + \varepsilon h + \rho c + \theta \beta ma + \varepsilon \beta ha + \beta \rho ac + \varepsilon \rho hc + \theta \rho mc + \varepsilon \theta hm$$

O modelo apresentou um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 36,0 %. Todas as interações incluídas no modelo foram significativas, e a interação ano:mês foi responsável por 13,2 % da explicação na variação total da CPUE da espécie (Tabela 3).

A interação ano:mês mostrou que na maioria dos anos ocorreram dois picos de CPUE, um mais acentuado e outro menor. Porém, esses picos oscilaram entre os meses de maio e junho para o pico acentuado e novembro e dezembro, para o pico mais leve.

Apesar da baixa participação na explicação da variabilidade total da CPUE, todas as interações do ano e do mês com os fatores classe de HP e classe de comprimento foram significativas ( $P < 0,05$ ).

### 3.1.2 Setor Centro

Do total de viagens, 19 (1 %) foram realizadas por embarcações da classe <18 HP. 1.029 (32 %) da classe 18-99 HP, 1.982 (61 %) da classe 100-179 HP e 210 (5 %) da classe  $\geq 180$  HP. Dados de 223 (7 %) viagens foram agrupados como classe de embarcação peq-1, 621 (19 %) como peq-2, 2.241 (69 %) como méd-1 e 155 (5 %) como méd-2.

O modelo selecionado foi:

$$4. \ln \mu_{hmacd} = \alpha + \theta m + \beta a + \gamma l + \varepsilon h$$

O coeficiente de determinação do modelo ajustado indicou que este explicou 19,5 % da variação na produtividade de *X. kroyeri*. A maior parte da explicação foi obtida com fator mês (13,1 %), seguida pelo ano, mês de abertura e a classe de HP (Tabela 4).

Os meses de maio e junho foram significativamente ( $P < 0,05$ ) mais produtivos que o mês de janeiro e os meses de agosto a dezembro tiveram produtividades mais baixas, com um leve incremento no mês de outubro. A menor produtividade foi observada em 1991, referente a 58,2 % da de 1990. As mais elevadas ocorreram em 1997 e 2004, que foram 1,5 e 1,3 vezes maiores que a de 1990, respectivamente. Nos meses de abertura da pesca após períodos de defeso, as taxas de captura foram 1,4 vezes maiores do que nos demais meses. Embarcações da classe  $\geq 180$  HP, tiveram eficiência 1,1 vezes maior que a classe <18 HP.

O modelo selecionado, considerando interações de primeira ordem entre os fatores foi:

$$5. \ln \mu_{hmacd} = \alpha + \theta m + \beta a + \varepsilon h + \theta \beta ma + \beta \varepsilon ah$$

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) obtido pelo modelo foi de 36,9 % e a interação ano:mês explicou 15,3 % da variação total (Tabela 5).

A interação ano:mês indicou que o padrão sazonal da CPUE não foi igual em todos os anos. No geral, foram verificados dois picos por ano, com variação nos meses de ocorrência de ano para ano.

A interação classe de HP:ano indicou que na maioria dos anos as embarcações das classes 18-99 HP e 100-179 HP foram mais eficientes que as da classe <18 HP. Porém a magnitude da influência foi excepcionalmente maior nos anos de 1994, 1996 e 2004.

### 3.1.3 Setor Sul

Do total de viagens, 359 (10 %) foram realizadas por embarcações da classe <18 HP, 2.364 (65 %) da classe 18-99 HP, 832 (23 %) da classe 100-179 HP e 78 (2 %) da classe  $\geq 180$  HP. Quanto às classes de comprimento das embarcações, os dados de 2.656 (73 %) viagens foram classificados como classe peq-1, 241 (7 %) como peq-2, 680 (19 %) como méd-1 e 56 (2 %) como méd-2.

O modelo selecionado, sem considerar interação entre os fatores foi:

$$6. \ln \mu_{hmacd} = \alpha + \beta a + \epsilon h + \theta m + \rho c + \gamma d$$

O modelo ajustado apresentou um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 40,7 % e indicou todos os fatores como significativos ( $P < 0,05$ ) sobre a variação da produtividade pesqueira do *X. kroyeri*. O fator ano, responsável por 21,3 % da explicação total do modelo, foi o mais importante, seguido pela classe de HP, mês, classe de comprimento e mês de abertura, respectivamente (Tabela 6).

A eficiência de embarcações da classe  $\geq 180$  HP foi 3,5 vezes maior que a de embarcações da classe <18 HP. A maior produtividade ocorreu no mês de maio, caindo

substancialmente a partir de junho e apresentando um suave aumento no mês de setembro. As classes de comprimento peq-2 e méd-1 tiveram eficiência de captura 1,4 e 1,9 vezes a de embarcações da classe peq-1, respectivamente. Os meses de abertura da pesca após os períodos de defeso foram 1,2 vezes mais produtivos que os demais.

Considerando interações de primeira ordem entre os fatores, o modelo selecionado foi:

$$7. \ln \mu_{hmacd} = \alpha + \beta a + \varepsilon h + \theta m + \rho c + \beta \theta a m + \beta \varepsilon a h + \varepsilon \rho h c$$

O modelo explicou 52,2 % da variação total da CPUE e indicou a interação ano:mês como a mais importante, aumentando em 8,0 % o poder de explicação em relação ao modelo anterior (Tabela 7).

A interação ano:mês mostrou que a CPUE mais baixa nos meses de agosto a dezembro (observada no modelo sem interação) não ocorreu da mesma forma durante todo o período analisado, havendo anos em que produtividade foi excepcionalmente menor nesses meses (1997, 2004 e 2008). Os dois picos de produtividade se mantiveram para todos os anos. Porém houve uma variação tanto no mês em que ocorreram quanto na amplitude destes. No geral, o maior pico de CPUE ocorreu entre os meses de maio e julho e o menor, entre setembro e novembro.

O modelo com interação indicou que o fator classe de HP influenciou a produtividade de forma diversificada entre os anos. Na maioria dos anos o padrão foi seguido e as embarcações de classes HPs mais elevados tiveram uma maior eficiência. Porém no ano de 1998 foi observada uma influência excepcionalmente alta do fator classe de HP, e nos anos 1996, 1997, 2001 e 2002 o inverso do padrão geral foi observado, com menores produtividades para as embarcações das classes de HP mais elevadas.

### 3.2 Análise exploratória das séries temporais

No setor Norte, a abundância de *X. kroyeri* apresentou um padrão semelhante entre as duas décadas da série, com dois picos a cada dez anos, sendo um menor no início (1991 e 2001) e um mais acentuado em meados das décadas (1997 e 2006, Figura 5).

No setor Centro, a CPUE padronizada seguiu um padrão geral com períodos de um ou dois anos de abundância elevada seguidos por períodos de cerca de dois anos de baixa produtividade. Houve apenas uma exceção, entre 2003 e 2006, quando as CPUEs foram baixas durante quatro anos. Pode ser observado que a magnitude dos picos diminuiu ao longo dos 20 anos (Figura 5).

No setor Sul, a CPUE de *X. kroyeri* teve um substancial aumento durante os anos de 1996 e 1997. No ano de 1998, a abundância caiu para níveis baixíssimos, voltando a aumentar levemente de 1999 até meados de 2002. De 2003 a 2009 a abundância apresentou tendência de queda (Figura 5).

A função de auto-correlação aplicada sobre a série do setor Norte mostrou valores no geral, elevados para o tempo  $t$ , baixos no tempo  $t+6$  e novamente altos no tempo  $t+12$ , indicando um forte padrão inter-anual com períodos de doze meses (Figura 6.A). Para os setores Centro e Sul, a função de auto-correlação mostrou um padrão semelhante, apesar de não tão nítido quanto para o setor Norte. No geral, foram obtidos valores negativos de correlação após seis a sete meses de defasagem, voltando a correlações positivas após 11 a 12 meses (Figura 6B, Figura 6C).

A função de correlação-cruzada entre as séries de CPUEs anuais padronizadas do setor Centro e setor Norte mostrou que não houve correlação significativa em nenhuma defasagem de tempo (Figura 7A). Entre os setores Sul e Norte houve uma correlação

significativa ( $P < 0,05$ ) positiva em defasagens de tempo 0 e 1, tendendo a cair para defasagens maiores e menores, chegando a ser significativamente negativa na defasagem -3 (Figura 7B). Entre os setores Sul e Centro, houve uma correlação significativa positiva na defasagem de tempo 5 e negativa na defasagem de tempo -1. A correlação na defasagem 0 não foi significativa e houve uma tendência de aumentar a significância da correlação para maiores defasagens (Figura 7C).

#### **4. Discussão**

Entre os fatores utilizados nos modelos para verificar a magnitude da influência das características das embarcações sobre a produtividade de *X. kroyeri*, a potência do motor (HP) foi a mais importante, sendo um fator significativo ( $P < 0,05$ ) para os 3 setores de pesca. Diversos trabalhos constataram que a potência do motor é um dos fatores mais importantes para o aumento do poder de pesca de embarcações de arrasto (Goni *et al.*, 1999; Lopes *et al.*, 2008; Maynou *et al.*, 2003; O'Neil *et al.*, 2003; O'Neil e Leigh, 2007; Rijnsdorp *et al.*, 2000). Isso ocorre, pois a potência do motor influencia a velocidade com que a rede de arrasto pode ser rebocada, que é uma das determinantes da abertura vertical e horizontal da rede e assim da efetiva área e volume varrido (Gulland, 1956; Weinberg e Kotwicki, 2008).

O fator comprimento da embarcação apresentou uma influência significativa nos setores Norte e Sul. Porém, em nenhum caso apresentou-se como um dos fatores mais importantes. Isso ocorre, pois entre as embarcações de comprimentos semelhantes pode haver variações de outras características físicas que apresentam uma influência maior sobre seu poder de pesca, inclusive a potência do motor.

Outra característica física de embarcações de arrasto considerada importante na determinação de seu poder de pesca é a arqueação bruta. No entanto, esta variável não foi utilizada neste trabalho, pois seus valores estavam disponíveis para poucas embarcações. Embarcações de arrasto no Brasil são classificadas, para fins de legislação, de acordo com o Poder de Pesca de Arrasto (PPA), o qual é definido pela fórmula:

$$8. \quad PPA = CT \times AB + HP$$

onde CT é o comprimento total (m), AB é a arqueação bruta e HP é a potência do motor (MPA e MMA, 2011).

Nos três setores, os modelos ajustados sem considerar interação entre os fatores, indicaram um padrão de variação sazonal na produtividade de *X. kroyeri*, com um pico acentuado no outono, especificamente no mês de junho para o setor Norte, nos meses de maio e junho para o setor Centro e no mês de maio para o setor Sul. Nos três setores foi verificada uma queda brusca na produtividade do segundo semestre, com um leve incremento durante a primavera, sendo este no mês novembro para o setor Norte, outubro para o setor Centro e setembro para o setor Sul.

Alguns trabalhos indicam que a reprodução do *X. kroyeri* é constante ao longo do ano, com dois picos principais de fêmeas maduras, um entre agosto e outubro e outro entre fevereiro e abril. Esses picos levam a entrada de juvenis durante os meses de primavera e de outono (Nakagaki e Negreiros-Fransozo, 1998; Branco, 2005; Castro *et al.*, 2005).

Para os três setores de pesca, a inclusão de interações de primeira ordem no modelo resultou em um elevado incremento do poder de explicação da variação total da CPUE de *X. kroyeri*, grande parte devido à inclusão da interação ano:mês. A importância dessa

interação indica que o padrão sazonal não foi igual em todos os anos. Ou seja, os meses em que ocorreram os picos de abundância variaram de ano para ano. A maioria dos trabalhos indica que o período reprodutivo da espécie é contínuo ao longo do ano, com dois picos de fêmeas desovadas, que levam a subsequentes picos de recrutamento. No entanto, foram constatadas contradições quanto ao mês de ocorrência desses picos, o que indica que a época de início do recrutamento tem variado de ano para ano, visto que esses trabalhos consideram períodos distintos (Nakagaki e Negreiros-Fransozo, 1998; Branco *et al.*, 1999; Fransozo *et al.*, 2000; Branco, 2005; Castro *et al.*, 2005).

O mês de abertura foi um fator significativo apenas nos modelos sem considerar interação. Isto se deve à variação da data do período de defeso de ano para ano, e à não ocorrência deste em alguns anos. Dessa forma, a interação ano:mês explicou a variabilidade causada por este fator. O fechamento da pesca durante a principal época de recrutamento é um método comum utilizado para proteger e recuperar estoques de camarões em todo o mundo (García, 1989). Os resultados sugerem que na região sudeste do Brasil a paralisação da pesca por um período, no geral, teve efeitos positivos sobre o estoque de *X. kroyeri*.

A queda brusca de produtividade no segundo semestre foi observada para os três setores de pesca. Provavelmente o recrutamento a pesca de outono, concomitante com a abertura da pesca após o período de defeso, que normalmente ocorreu no mês de junho, levaram a um intenso esforço pesqueiro empregado sobre a espécie, causando a queda na produtividade no segundo semestre.

Apesar de terem variado de ano para ano, foi observado que de forma geral o mês de ocorrência dos picos de CPUE ocorreu sequencialmente entre os setores. Tanto o pico de outono quanto o da primavera ocorreram primeiro no setor sul, posteriormente no setor centro e por último no setor norte. Uma hipótese para a ocorrência dessa clara



sequência é de que os picos de reprodução e/ou de recrutamento estejam ligados a alguma variável ambiental, que provavelmente apresenta um influência sazonal na região costeira sudeste do Brasil, se iniciando no sul e seguindo para norte.

Os resultados indicam que a variabilidade observada no padrão inter-anual das capturas ao longo dos anos, deve ter ocorrido provavelmente, em função das variações na época de início do recrutamento e na data do período de defeso.

A função de correlação-cruzada entre as séries temporais de CPUEs anuais padronizadas indicou que a variação ao longo dos anos foi semelhante entre os setores Norte e Sul e diversificada entre estes e o setor Centro, provavelmente devido a diferenças na dinâmica das frotas. A maior parte das embarcações do setor Centro foi incluída na classe de comprimento méd-1 e na classe 100-179 HP, enquanto nos setores Norte e Sul, as frotas foram classificadas principalmente como comprimento peq-1 e potência do motor 18-99 HP.

Embarcações de maior porte e com maior potência de motor possuem maior raio de atuação, tendo assim a possibilidade de alterar sua área de pesca em caso de variações locais na abundância de seus recursos alvo. Pôde ser observado que dentro do setor Centro houve uma variação na área preferencial de captura de *X. kroyeri*. Entre 1990 e 1997, em média 36 % da captura anual de *X. kroyeri* foi obtida na faixa latitudinal entre 24°20'S e 24°30'S e 18 % na faixa entre 24°00'S e 24°10'S. No período de 1998 a 2002 a captura na primeira faixa passou a representar, em média 5 % do total anual e na segunda 45 %. Entre 2003 e 2009, em média 45 % das capturas totais foram obtidas na primeira faixa e 6 %, na segunda. Nos setores Sul e Norte não foram identificadas variações na área preferencial de captura das frotas.

Provavelmente, variações locais na abundância da espécie tenham influenciado as frotas do setor Centro a alterarem sua área de atuação no período de 1998 a 2002, quando estas passaram a atuar preferencialmente na faixa de latitude mais a norte. As frotas dos setores Norte e Sul, devido ao seu baixo poder de mobilidade são diretamente afetadas por alterações regionais.

Nos setores Norte e Sul houve um aumento acentuado da CPUE de *X. kroyeri* nos anos de 1996 e 1997 e um mais leve em 2001 e 2002. No setor Centro, esta oscilou com períodos de cerca de 2 anos. Os gráficos das séries temporais de CPUE não mostraram tendências claras de variação na CPUE da espécie ao longo dos 20 anos, indicando que esta tem se mantido em níveis estáveis, com variações aleatórias que podem ter ocorrido em resposta a variações ambientais.

Séries históricas mostram que o *X. kroyeri* descarregado no Estado de São Paulo teve um acentuado aumento da produção total até o final da década de 70, queda durante a década de 80, e se mantendo em níveis baixos com oscilações anuais a partir de 1990 (D’Incao et al.,2002).

Cabe salientar, que o padrão visual das séries temporais e a hipótese de que variações ambientais influenciaram a abundância da espécie são apenas indicativos. Sugere-se que sejam aplicados modelos de produção geral às séries estimadas neste trabalho, visando verificar se o esforço aplicado sobre a espécie está realmente próximo do máximo sustentável. Além disso, as séries temporais estimadas devem ser utilizadas em análises para extrair tendências das séries temporais e associá-las a fatores ambientais, visando identificar tendências de variação na abundância da espécie e a influência de fatores ambientais sobre esta.

Conclui-se que as oscilações na abundância de *X. kroyeri* ocorreram principalmente em função da variabilidade nos padrões inter-anuais do recurso. Porém as características físicas das embarcações, como HP e comprimento, também contribuíram para a variação da CPUE ao longo do período analisado. Foi observado que embarcações com HPs mais elevados tiveram os maiores rendimentos de *X. kroyeri* em toda a área estudada, mostrando a importância da padronização das taxas de captura de acordo com o poder de pesca das embarcações e da viabilidade da utilização dessa característica física como referência na classificação de embarcações para fins de manejo e legislações pesqueiras.

### **Referências**

- Akaike, H., 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Trans. Auto. Contr. 19, 716–723.
- Ávila-Da-Silva, A.O., Carneiro, M.H., Mendonça, J.T., Servo, G.J.M., Bastos, G.C.C., Batista, P.A., 2007. Produção pesqueira marinha do Estado de São Paulo no ano 2005. Série Relatórios Técnicos. 26, 1-44.
- Battaile, B.C., Quinn II, T.J., 2004. Catch per unit effort standardization of the eastern Bering Sea walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) fleet. Fisheries Research. 70(2-3), 161-177.
- Boschi, E.E., 1963. Los camarones comerciales de la familia Peneidae de la costa Atlántica de América del Sur. Clave para el reconocimiento de las especies y datos bioecológicos. Bol Instit Biol Mar. 3, 1-39.

- Branco, J.O., 2005. Biologia e pesca do camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller) (Crustacea, Penaeidae), na Armação do Itapocoroy, Penha, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 22(4), 1050-1062.
- Branco, J.O., Lunardon-Branco, M.J., Souto, F.X., Guerra, C.R., 1999. Estrutura populacional do camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862), na Foz do Rio Itajaí-Açú, Itajaí, SC, Brasil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 42(1), 115-126.
- Branco, J.O., Moritz Jr., H.C., 2001. Alimentação natural do camarão-sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda) na Armação de Itapocoroy, Penha, Santa Catarina. *Revta bras. Zool.* 18(1), 53-61.
- Campos, B.R., Dumont, L.F.C., D’Incao, F., Branco, J.O., 2009. Ovarian development and length at first maturity of the sea-bob-shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller) based on histological analysis. *Nauplius*. 17(1), 9-12.
- Castro, R.H., Costa, R.C., Fransozo, A., Mantelatto, F.L.M., 2005. Population structure of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea : Penaeoidea) in the littoral of São Paulo, Brazil. *Ecology*. 69(1), 105-112.
- Coelho, P.A., Santos, M. C. F., 1993. Época da reprodução do camarão-sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) na região de Tamandaré, PE. *Bol. Tecn. Cient. CEPENE*. 1(1), 171- 186.
- D’Incao, F., Valentini, H., Rodrigues, L.F., 2002. Avaliação da pesca de camarões nas regiões Sudeste e Sul do Brasil 1965- 1999. *Revista Atlântica*. 24(2), 103-116.
- Data. National Academy Press, Washington.
- Dias Neto, J., 1996. Diagnóstico da Pesca Marítima do Brasil. IBAMA, Brasília.

- Dias-Neto, J.; Marrul-Filho, S., 2003 Síntese da Situação da Pesca Extrativa Marinha no Brasil. Brasília: IBAMA.
- FAO, 1999. Guidelines for the routine collection of capture fishery data. FAO Fish. Tech. Paper, 382.
- Franco, A.C.N.P, Junior, R.S., Pierre, N., Santos, G.C., 2009. Levantamento, sistematização e análise da legislação aplicada do defeso da pesca de camarões para as Regiões Sudeste e Sul do Brasil. B. Inst. Pesca, 35(4), 687–699.
- Fransozo, A., Costa, R.C., Pinheiro, M.A.A., Santos, S., Mantelatto, F.L.M., 2000. Juvenil recruitment of the seabob *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda, Penaeidae) in the Fortaleza Bay, Ubatuba, SP, Brazil. Nauplius. 8(2), 179-184.
- Garcia, S., 1989. The management of coastal penaeid shrimp fisheries. In J.F. Caddy (Editor), Marine invertebrate fisheries: their assessment and management. John Wiley & Sons. 281-306.
- Garcia, S.; Le Reste L., 1981. Life cycles, dynamics, exploitation and management of coast penaeid shrimp stocks. FAO Fish. Tech. Paper. 203, 1-215.
- Gavaris, S., 1980. Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 37, 2272-2275.
- Goni, R., Alvarez, F., Adlerstein, S., 1999. Application of generalized linear modeling to catch rate analysis of Western Mediterranean Fisheries: the Castellón trawl fleet as a case study. Fisheries Research. 42, 291-302.

- Graça-Lopes, R., Pereira, E., Severino-Rodrigues, E., 2007. Aportes ao Conhecimento da Biologia e da Pesca do Camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri* Heller, 1862) no Litoral do Estado de São Paulo, Brasil. B. Inst. Pesca. 33(1), 63-84.
- Graça-Lopes, R., Tomás, A.R.G., Tutui, S.L. dos S., Severino-Rodrigues, E., Puzzi, A., 2002. Fauna acompanhante da pesca camaroeira no litoral do Estado de São Paulo, Brasil. B. Inst. Pesca. 28(2), 173–188.
- Gulland, J.A., 1956. On the fishing effort in English demersal fisheries. Fish. Invest. 20(2), 1–41.
- Holthuis, L.B., 1980. Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. FAO species catalogue, v. 1, FAO Fisheries Synopsis.
- Ibama, 1993. Camarões do Sudeste e Sul: Relatório da IX reunião do Grupo Permanente de Estudos (GPE) de Camarões, Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira das Regiões Sudeste e Sul (CEPSUL), Itajaí, SC. Coleção Meio Ambiente. Série estudos, pesca; n. 5. IBAMA, Brasília.
- Ibama, 2008. Estatística da pesca 2006 Brasil: grandes regiões e unidades da federação. IBAMA, Brasília.
- Iwai, M., 1973. Pesquisa e estudo biológico dos camarões de valor comercial. Publ. Esp. Inst. Oceanogr. 3, 501-534.
- Kolling, J.A., Batista, P.A., Ávila-Da-Silva, A.O., Carneiro, M.H., 2008. A utilização do ambiente marinho e de seus recursos vivos pela frota pesqueira paulista: O ambiente demersal. In: Elisabete de Santis Braga. (Org.). Oceanografia e Mudanças Globais. 1 ed. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 1., 221-231.

- Large PA., 1992. Use of a multiplicative model to estimate relative abundance from commercial CPUE data. *Journal Du Conseil*. 1956:253-261.
- Lindsey, J.K., 1997. *Applying Generalized Linear Models*. Springer, New York.
- Lopes, R.J., Rosa, A.S., Coelho, L.A., Oliveira, M.B.M., Gaspar, M.B., 2008. CEFAGE-UE Working Paper Efficiency analysis of the Portuguese beam trawl fleet that targets the common prawn *Palaemon serratus* (Pennant). *Economia*. 0-16.
- Maunder, M.N., Punt, A.E., 2004. Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. *Fisheries Research*. 70, 141–149.
- Maynou, F., Demestre, M., Sanchez, P., 2003. Analysis of catch per unit effort by multivariate analysis and generalised linear models for deep-water crustacean fisheries off Barcelona (NW Mediterranean). *Fisheries Research*. 65(1-3), 257-269.
- Mccullagh, P., Nelder, J.A., 1989. *Generalized Linear Models* (2<sup>a</sup> ed). Londres: Monographs on Statistics and Applied Probability. Chapman & Hall, Londres.
- MMA, 2004. Instrução Normativa N° 5, de 21 de maio de 2004. Diário Oficial da República Federativa.
- MPA, MMA, 2010. Instrução Normativa Interministerial MPA e MMA n° 5, de 13 de abril de 2010. Diário Oficial da República Federativa.
- MPA, MMA, 2011. Instrução Normativa Interministerial MPA e MMA n° 3, de 17 de fevereiro de 2011. Diário Oficial da República Federativa.

- Nakagaki, J.M., Negreiros-Fransozo, M.L., 1998. Population biology of *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeidae) from Ubatuba bay, São Paulo, Brazil. *Journal of Shellfish Research*. 17(4), 931-935.
- National Research Council (NRC), 2000. Improving the Collection, Management, and Use of Marine Fisheries Data. National Academy Press, Washington, DC.
- O'Neill, M., Courtney, A., Turnbull, C., 2003. Comparison of relative fishing power between different sectors of the Queensland trawl fishery, Australia. *Fisheries Research*. 65(1-3), 309-321.
- O'Neill, M., Leigh, G., 2007. Fishing power increases continue in Queensland's east coast trawl fishery, Australia. *Fisheries Research*. 85(1-2), 84-92.
- Paiva, M. P. 1997. Recursos Pesqueiros Estuarinos e Marinhos no Brasil. EUFC.
- Perez, J. A. A, Pezzuto, P. R., Rodrigues, L.F., 2001. Relatório da Reunião Técnica De Ordenamento da Pesca de arrasto nas Regiões Sudeste e Sul do Brasil. *Notas téc. Facimar*. 5, 1-34.
- Pezzuto, P.R., Alvarez-Perez, J.A., Wahrlich, R., 2008. The use of the swept area method for assessing the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) biomass and removal rates based on artisanal fishery-derived data in southern Brazil: using depletion models to reduce uncertainty. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 36(2), 245-257.
- Punt, A., 2000. Standardization of catch and effort data in a spatially-structured shark fishery. *Fisheries Research*. 45(2), 129-145.
- Quinn, T.J., Deriso, R., 1999. Quantitative fish dynamics. Oxford University Press. New York.

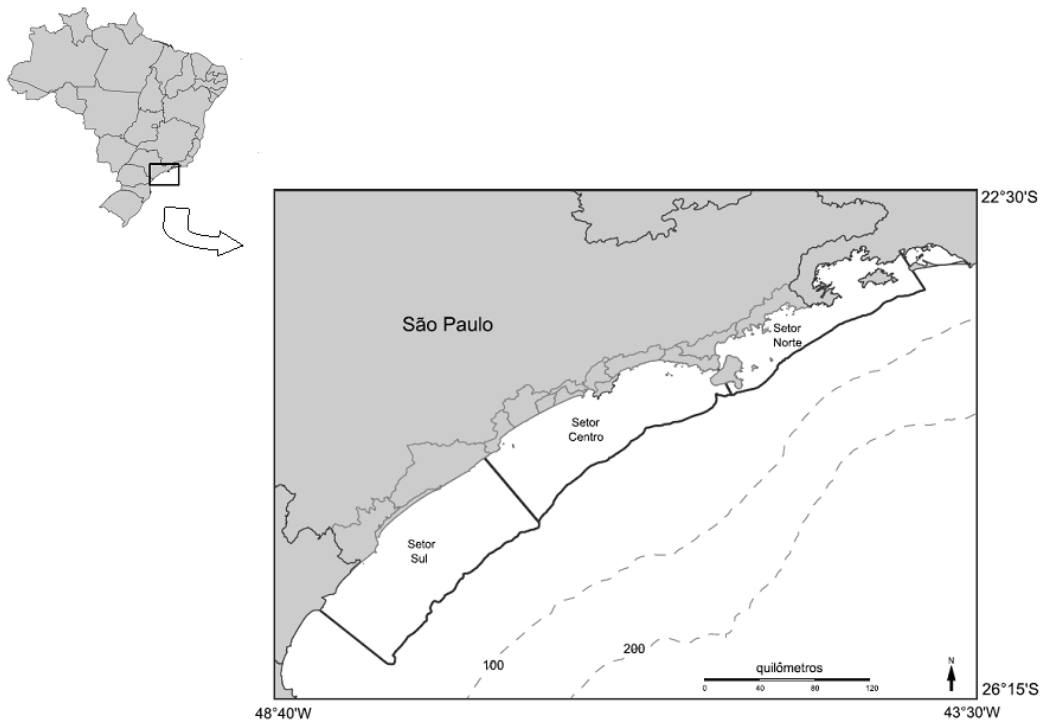


- Rijnsdorp, A. D., Dol, W., Hoyer, M., Pastoors, M.A., 2000. Effects of fishing power and competitive interactions among vessels on the effort allocation on the trip level of the Dutch beam trawl fleet. – ICES Journal of Marine Science, 57: 927–937.
- Santos, E. P., Valentini, H., Neiva, G.S., Mello, J.T.C., 1973. Curva de rendimento do camarão-sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri* (HELLER), da Baía de Santos e adjacências. B. Inst. Pesca. 2(3), 67-71.
- Santos, M.C.F, Ivo, C.T.C., 2000. Pesca, Biologia e Dinâmica Populacional do Camarão *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) Capturado em Frente ao Município de Caravelas (Bahia-Brasil). Bol Tecn Cient. CEPENE. 8,131-164.
- Santos, M.C.F., Silva, C.G.M., 2008. Aspectos biológicos do camarão sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae), no município de Caravelas (Bahia – Brasil). Bol. Tecn. Cient. CEPENE. 16(1), 85-97.
- Santos, M.C.F., Coelho, P.A., 1998. Recrutamento pesqueiro de *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) na plataforma continental dos estados de Pernambuco, Alagoas e Sergipe – Brasil. Bol. Tecn. Cient. CEPENE. 6(1), 35–45.
- Santos, M.C.F., Freitas, A.E.T. de S., 2006. Caracterização biológica e pesqueira do camarão setebarbas, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae), no pesqueiro Laminha, Área de Proteção Ambiental de Piaçabuçu (Alagoas – Brasil). Bol. Técn. Cient. CEPENE. 4(1), 71-91.

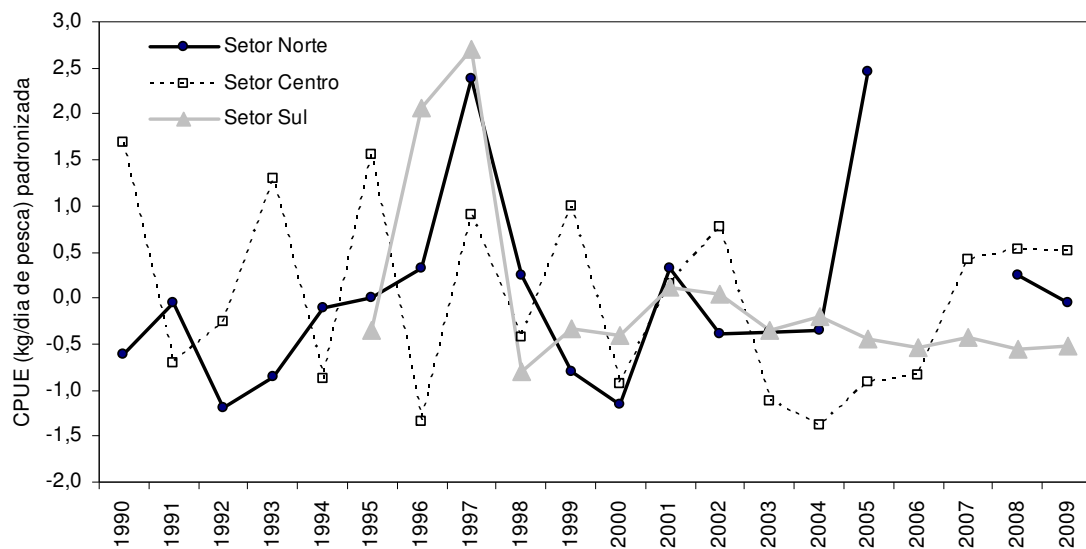
- Santos, M.C.F.; Ramos, I.C.; Freitas, A.E.T. de S., 2001. Análise de produção e recrutamento do camarão-sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea: Decapoda: Penaeidae), no litoral do Estado de Sergipe – Brasil. Bol. Tecn. Cient. CEPENE. 9(1), 53–71.
- SEAP/PR, MMA, MB, 2006. Instrução Normativa Interministerial SEAP/PR, MMA e MB, nº 2, de 4 de setembro de 2006. Diário Oficial da República Federativa.
- Silva, U.M., Santos, M.C.F., 2006. Estrutura populacional do camarão sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda, Penaeidae), no município de Passo de Camaragibe (Clagoas – Brasil). Bol. Tecn. Cient. CEPENE. 14(2), 51-60.
- Silva, U.M., Santos, M.C.F., 2007. Biologia pesqueira do camarão sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri*, (Heller,1862) (Decapoda, Penaeidae), na APA Costa dos Corais, Tamandaré (Pernambuco- Brasil). Bol. Tecn. Cient. CEPENE.15(2), 57-68.
- Simões, S.M., Costa, R.C., Fransozo, A., Castilho, A.L., 2010. Diel variation in abundance and size of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Crustacea, Penaeoidea) in the Ubatuba region, Southeastern Brazil. An Acad Bras Cienc. 82(2).
- Tascheri, R., Saavedra-Nievas, J.C., Roa-Ureta, R., 2010. Statistical models to standardize catch rates in the multi-species trawl fishery for Patagonian grenadier (*Macrurus magellanicus*) off Southern Chile. Fisheries Research.105(3), 200-214.

- Valentini, H., D'Incao, L.F., Rodrigues, J.E., Rebelo Neto, L.G., Domit., 1991. Análise da pesca do camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. *Atlântica*. 13(1), 143-157.
- Venables, W.N., Dichmont, C.M., 2004. GLMs , GAMs and GLMMs : an overview of theory for applications in fisheries research. *Fisheries Research*. 70, 319-337.
- Venables, W.N., Ripley, B.D., 1997. *Modern Applied Statistics with S-Plus*. New York (2ª ed.). Springer-Verlag.
- Vieira, B.B., Carvalho, J.P., Silva, A.G., Braga, A.S., Ramos, F.A., Maia, M.M., Barker, J.M., 1945. *Anuário da Pesca Marítima no Estado de São Paulo*. Diretoria Publ. Agrícola.
- Weinberg, K., Kotwicki, S., 2008. Factors influencing net width and sea floor contact of a survey bottom trawl. *Fisheries Research*. 93(3), 265-279.
- Xiao, Y., Punt, A., Millar, R., Quinn II, T.J., 2004. Models in fisheries research: GLMs, GAMS and GLMMs. *Fisheries Research*. 70(2-3), 137-139.
- Zar, J. H., 1996. *Biostatistical analysis*, Prentice Hall, New Jersey.
- Zuur, A.F., Ieno, E.N., Smith, G.M., 2007. *Analysing ecological data. Statistics for biology and health*. Heidelberg, Germany: Springer.

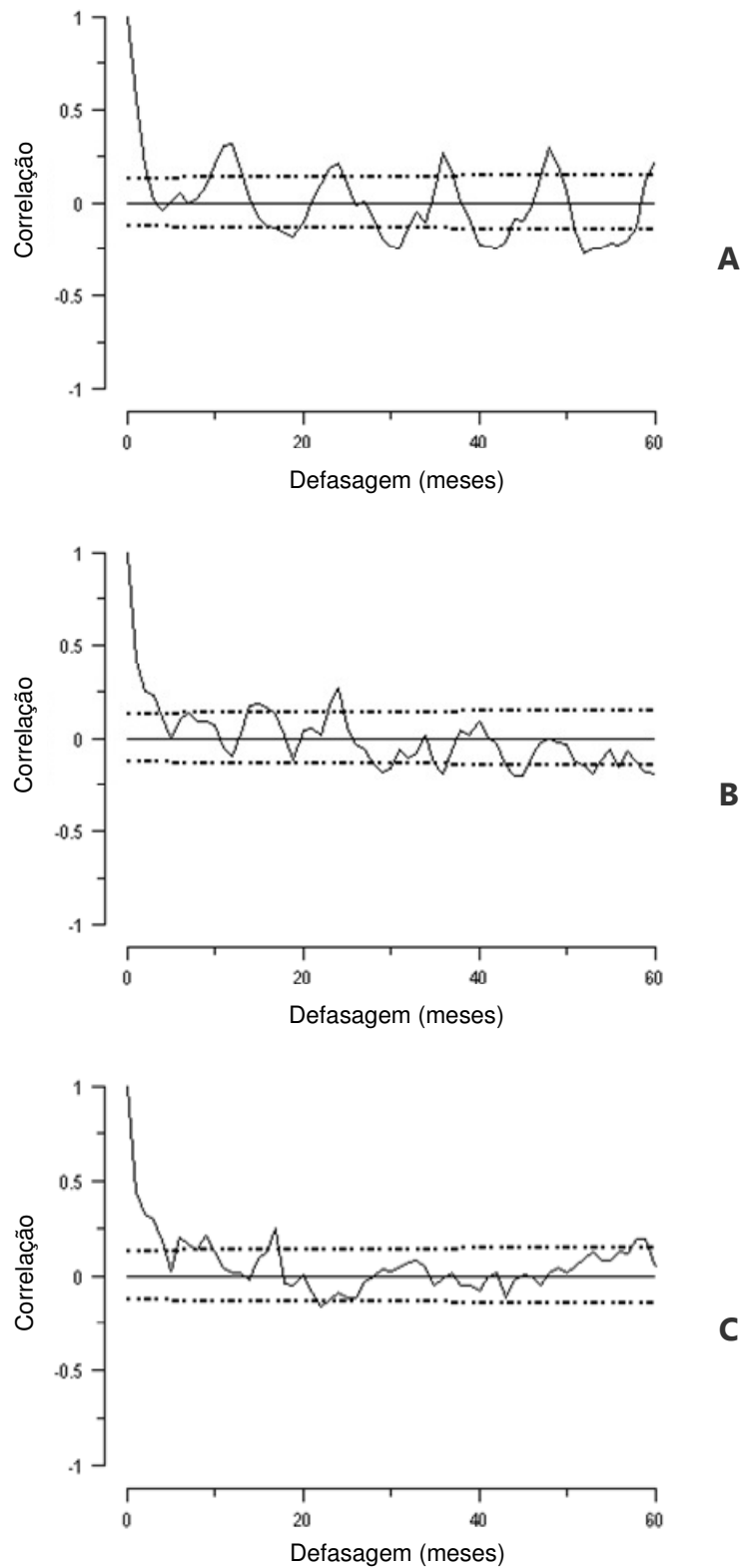
## Figuras e Tabelas



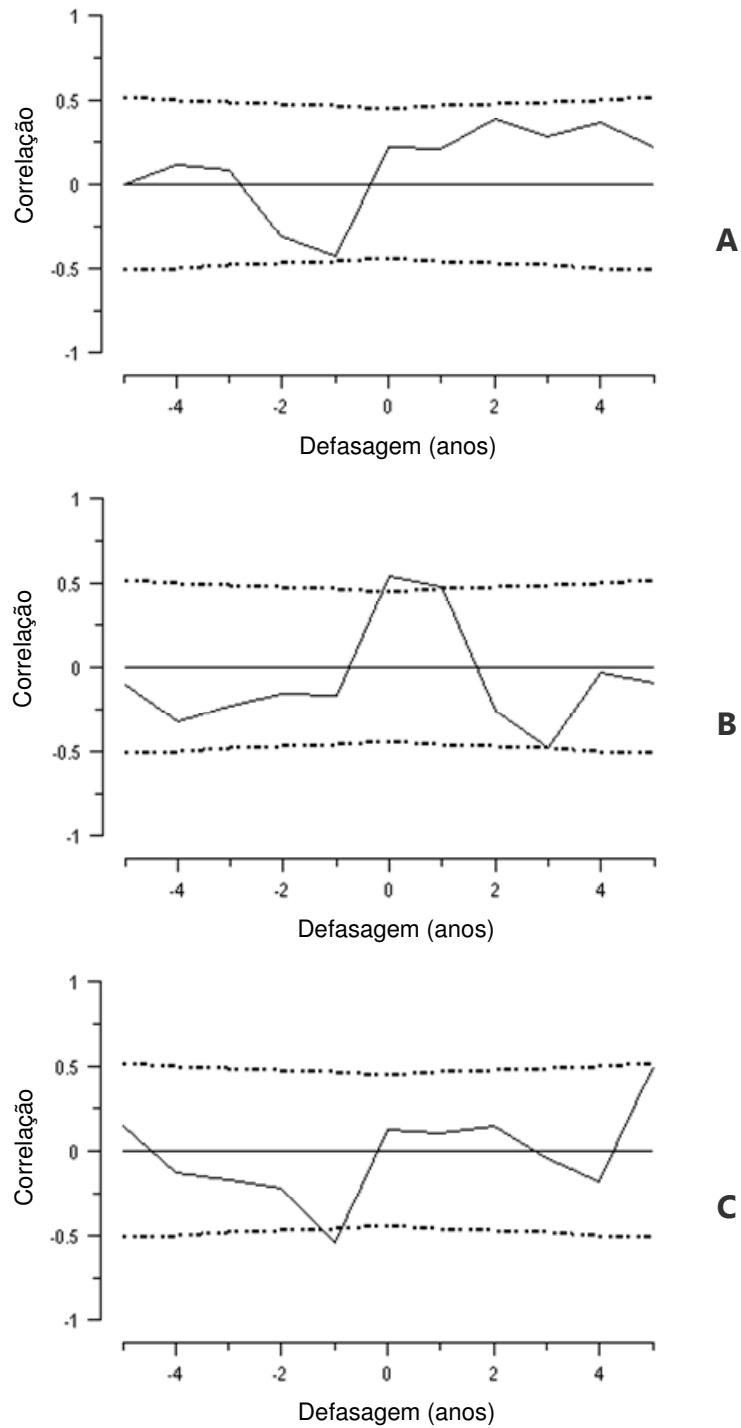
**Figura 4.** Localização geográfica dos setores de pesca de *X. kroyeri* descarregado nos principais portos pesqueiros do Estado de São Paulo.



**Figura 5.** Séries temporais padronizadas de CPUE anual de *X. kroyeri* dos setores Norte, Centro e Sul, com valores padronizados para média zero e desvio padrão 1, entre 1990 e 2009.



**Figura 6.** Auto-correlação da série temporal de CPUE (kg/dia de pesca) mensal padronizada de *X. kroyeri* no setor Norte (A), setor Centro (B) e setor Sul (C), por defasagem de tempo, em meses. As linhas tracejadas representam os intervalos de confiança a 95 %.



**Figura 7.** Correlação-cruzada para os setores Centro e Norte (A), Sul e Norte (B) e Sul e Centro (C) por defasagem de tempo, em anos, para as séries temporais de CPUEs padronizadas de *X. kroyeri*. As linhas tracejadas representam os intervalos de confiança a 95 %.

**Tabela 1.** Períodos do defeso (paralisação temporária da pesca de arrasto) nas regiões sudeste e sul do Brasil, por ano, entre 1990 e 2009.

Ano	Período do Defeso
1990 a 1992	15 de fevereiro a 15 de maio
1993 a 1996	Não ocorreu
1997	15 de fevereiro a 15 de maio
1998	1 de março a 31 de maio
1999-2000	15 de fevereiro a 15 de maio
2001-2005	1 de março a 31 de maio
2006-2007	1 de outubro a 31 de dezembro
2008	Não ocorreu
2009	1 de março a 31 de maio

**Tabela 2.** Coeficientes do modelo linear generalizado de família gaussiana com função de ligação identidade, ajustado aos valores do logaritmo da CPUE (kg/dia de pesca) de *X. kroyeri* no setor Norte.

Variáveis	Gl	Deviância	% Explicada	Gl resid.	Dev. resid.	F	P(>F)
nulo				31518	14290		
Mês	11	1257,3	8,8 %	31507	13033	324,5	< 2,2×10 <sup>-16</sup>
Ano	17	959,5	6,7 %	31490	12073	160,2	< 2,2×10 <sup>-16</sup>
Classe de HP	3	906,3	6,3 %	31487	11167	857,5	< 2,2×10 <sup>-16</sup>
Mês de abertura	1	72,7	0,5 %	31486	11094	206,4	< 2,2×10 <sup>-16</sup>
Classe de comp.	3	4,1	0,0 %	31483	11090	3,9	0,01
Total explicado			22,4 %				

**Tabela 3.** Coeficientes do modelo linear generalizado de família gaussiana com função de ligação identidade, ajustado aos valores do logaritmo da CPUE (kg/dia de pesca) de *X. kroyeri* no setor Norte, considerando interação de primeira ordem entre os fatores.

Variáveis	Gl	Deviância	% Explicada	Gl resid.	Dev. resid.	F	P(>F)
nulo				31518	1429		
<i>Efeitos principais</i>							
Mês	11	1257,3	8,8 %	31507	13033	390,2	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Ano	17	959,5	6,7 %	31490	12073	192,7	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Classe de HP	3	906,3	6,3 %	31487	11167	1031,2	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Classe de comp.	3	4,3	0,0 %	31484	11163	4,9	$2,1 \times 10^{-3}$
<i>Interações</i>							
Mês:Ano	14	1883,3	13,2 %	31338	9280	44,0	$< 2,2 \times 10^{-16}$
	6						
Classe de HP:Ano	34	73,6	0,5 %	31304	9206	7,4	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Ano:Classe de Comp.	18	19,7	0,1 %	31286	9186	3,7	$1,4 \times 10^{-7}$
Classe de HP:Classe de Comp.	1	4,1	0,1 %	31285	9182	14,0	$1,8 \times 10^{-4}$
Mês:Classe de Comp.	29	18,4	0,1 %	31256	9164	2,2	$2,8 \times 10^{-4}$
Classe de HP:Mês	18	12,7	0,1 %	31238	9151	2,4	$7,2 \times 10^{-4}$
Total explicado			36,0 %				



**Tabela 4.** Coeficientes do modelo linear generalizado, baseado na distribuição gama com função de ligação logarítmica, ajustado aos valores da CPUE (kg/dia de pesca) de *X. kroyeri* no setor Centro.

Variáveis	Gl	Deviância	% Explicada	Gl resid.	Dev. resid.	F	P(>F)
nulo				3241	2127		
Mês	11	279,7	13,1 %	3230	1848	67,8	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Ano	19	105,7	5,0 %	3211	1742	14,8	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Mês de abertura	1	20,4	1,0 %	3210	1722	54,3	$2,1 \times 10^{-13}$
Classe de HP	3	9,6	0,5 %	3207	1712	8,5	$1,3 \times 10^{-5}$
Total explicado			19,5 %				

**Tabela 5.** Coeficientes do modelo linear generalizado, baseado na distribuição gama com função de ligação logarítmica, ajustado aos valores da CPUE (kg/dia de pesca) de *X. kroyeri* no setor Centro, considerando interação de primeira ordem entre os fatores.

Variáveis	Gl	Deviância	% Explicada	Gl resid.	Dev. resid.	F	P(>F)
nulo				3241	2127		
<i>Efeitos principais</i>							
Mês	11	279,7	13,1 %	3230	1848	75,6	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Ano	19	105,7	5,0 %	3211	1742	16,5	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Classe de HP	3	8,9	0,4 %	3208	1733	8,8	$8,6 \times 10^{-6}$
<i>Interações</i>							
Mês:Ano	169	325,7	15,3 %	3039	1408	5,7	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Ano:Classe de HP	42	64,7	3,0 %	2997	1343	4,6	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Total explicado			36,9 %				

**Tabela 6.** Coeficientes do modelo linear generalizado de família gaussiana com função de ligação identidade, ajustado aos dados do logaritmo da CPUE (kg/dia de pesca) de *X. kroyeri* no setor Sul.

Variáveis	Gl	Deviância	% Explicada	Gl resid.	Dev. resid.	F	P(>F)
nulo				3632	3461		
Ano	14	737,7	21,3 %	3618	2723	92,5	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Classe de HP	3	479,4	13,9 %	3615	2244	280,4	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Mês	11	163,6	4,7 %	3604	2080	26,1	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Classe de comp.	3	23,8	0,7 %	3601	2056	13,9	$5,1 \times 10^{-9}$
Mês de abertura	1	4,4	0,1 %	3600	2052	7,7	0,01
Total explicado			40,7 %				

**Tabela 7.** Coeficientes do modelo linear generalizado de família gaussiana com função de ligação identidade, ajustado aos dados do logaritmo da CPUE (kg/dia de pesca) de *X. kroyeri* no setor Sul, considerando interação de primeira ordem entre os fatores.

Variáveis	Gl	Deviância	% Explicada	Gl resid.	Dev. resid.	F	P(>F)
nulo				3632	3461		
<i>Efeitos principais</i>							
Ano	14	737,7	21,3%	3618	2723	109,4	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Classe de HP	3	479,4	13,9%	3615	2244	331,7	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Mês	11	163,6	4,7%	3604	2080	30,9	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Classe de comp.	3	23,8	0,7%	3601	2056	16,5	$1,3 \times 10^{-10}$
<i>Interações</i>							
Mês:Ano	128	277,1	8,0%	3473	1779	4,5	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Classe de HP:Ano	34	109,3	3,2%	3439	1670	6,7	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Classe de HP:Classe de comp	3	14,6	0,4%	3436	1655	10,1	$1,3 \times 10^{-6}$
Total explicado			52,2%				

## CAPÍTULO 2

INFLUÊNCIAS AMBIENTAIS NA ABUNDÂNCIA DO *Xiphopenaeus kroyeri*  
(HELLER, 1862) DESCARREGADO NO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL,  
DURANTE 20 ANOS (1990-2009)

## Resumo

As análises de mínima e máxima auto-correlação fatorial (AMAF) e de dinâmica fatorial (ADF) foram aplicadas sobre nove séries temporais de captura por unidade de esforço (CPUE) de *Xiphopenaeus kroyeri* e seis séries de variáveis ambientais, entre 1990 e 2009. As variáveis explicativas consideradas foram temperatura da superfície do mar (TSM) e concentração de clorofila na superfície do mar (CSM), obtidas através de sensoriamento remoto, estresse do vento e precipitação, obtidos de séries de reanálises e os índices climáticos *Multivariate ENSO Index* (MEI) e *Southern Hemisphere Annular Mode* (SAM). A AMAF indicou dois eixos principais e o modelo ADF com duas tendências comuns (TC) e duas variáveis explicativas (MEI e TSM) foi selecionado como ótimo. A TC 1 foi considerada a mais importante. Esta mostrou um aumento entre 1997 e 2002 e foi semelhante ao AMAF 2. A TC 2 indicou um aumento entre 1993 e 1997, seguido por queda acentuada até o ano 2003 e subsequente ascendência até 2009, e se mostrando semelhante ao AMAF 1. Os fatores ambientais que tiveram influência sobre a TC 1 foram a precipitação e o índice MEI. A TSM foi o principal fator com influência sobre a TC 2. Os resultados sugerem que o aumento das taxas de precipitação de 1995 a 1998, associado ao término tardio do período chuvoso em decorrência de eventos de El Niño, levaram ao aumento nas descargas fluviais. Estas provavelmente tiveram efeitos positivos sobre a abundância de *X. kroyeri* entre 1997 e 2002, como indicado pela TC 1. O aumento da TSM ao longo dos anos foi acompanhado por um aumento na abundância da espécie a partir de 2003, como indicado pela TC 2. Propõem-se que as taxas de precipitação, o índice MEI e a TSM sejam incorporadas às análises sobre as causas da variação da pesca da espécie na região com vistas a um ajuste mais adequado das medidas para seu manejo pesqueiro.

Palavras-chave: Captura-por-unidade-de-esforço, sensoriamento remoto, análise de mínima e máxima auto-correlação fatorial, análise dinâmica fatorial.

## 1. Introdução

Os camarões peneídeos vêm sendo amplamente capturados sobre plataformas continentais de regiões tropicais de todo o mundo, levando à sobreexploração da maior parte destes recursos (Garcia e Le Reste, 1981).

*Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) é um camarão peneídeo que ocorre na plataforma continental do Atlântico Ocidental, desde a Carolina do Norte (EUA) até o Rio Grande do sul (Brasil), com maiores abundâncias em profundidades de até 30 m (Boschi, 1963; Holthuis, 1980; Iwai, 1973; Santos e Ivo, 2000). Este é um dos principais recursos pesqueiros no Brasil, sendo capturado ao longo de toda a costa, especialmente nos Estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (Dias Neto, 1996; Ibama, 1993, 2008; Paiva, 1997). No Estado de São Paulo, nos últimos anos, *X. kroyeri* ocupou a terceira posição na lista das espécies mais capturadas (Ávila-da-Silva *et al.*, 2007).

A espécie possuiu características biológicas que a tornam eficiente na recuperação à mortalidade pela pesca, como a não dependência de ambientes estuarinos, o ciclo de vida curto e a grande capacidade reprodutiva. Mesmo assim, sua produção pesqueira tem flutuado muito ao longo dos anos, mostrando indícios de sobreexploração (D’Incao *et al.*, 2002; Dias-Neto e Marrul-Filho, 2003; Kolling *et al.*, 2008). Porém, não existem trabalhos que explorem as causas na variação da abundância de *X. kroyeri* ao longo dos anos, que tanto pode estar ocorrendo em resposta ao intenso esforço empregado sobre a espécie, como a variações ambientais (King, 2007).

Diversos fatores ambientais interferem no ciclo de vida e nos padrões de distribuição espacial e temporal dos Peneídeos, sendo os principais deles, a salinidade, temperatura, o tipo de fundo, a profundidade, a disponibilidade de alimento e as marés (Boschi,

1963; Castro *et al.*, 2005; Costa e Fransozo, 2004; Costa *et al.*, 2005, 2007; Dall *et al.*, 1990; Fransozo *et al.*, 2002). Essas interferências causam variações no sucesso de recrutamento dessas espécies, fazendo com que os camarões frequentemente tenham sua abundância influenciada por fatores ambientais. Esta influência ainda é intensificada quando a pesca e os efeitos ambientais coincidem (Aragón-Noriega, 2007; Castilho *et al.*, 2008).

Dados provenientes de sensoriamento remoto e reanálises, com alta cobertura espacial e temporal, vêm sendo cada vez mais utilizados em estudos pesqueiros que visam compreender os fatores ambientais determinantes nas variações das capturas (Laurs e Polovina, 2000). Tradicionalmente, esses trabalhos são referentes a espécies pelágicas marinhas, que possuem estreita relação com os processos oceanográficos de superfície, como a variação na temperatura de superfície do mar. No entanto, recentemente estudos vêm explorando a influência de variações ambientais sobre a abundância de espécies costeiras demersais e/ou bentônicas, incluindo os camarões (Aragón-Noriega, 2007; Chen *et al.*, 2006; Fuentes-Yaco *et al.*, 2007; Jaureguizar *et al.*, 2003; Santamaría-del-Ángel *et al.*, 2007; Ouellet *et al.*, 2011).

Análises de séries temporais possuem grande importância para entender e descrever os mecanismos causadores das variações nas pescarias, bem como para fazer previsões futuras que podem servir como ferramenta para o manejo pesqueiro (Vandaele, 1983). O método frequentemente utilizado para analisar séries temporais pesqueiras é o modelo auto-regressivo integrado de média móvel (ARIMA). Porém, este requer séries temporais longas, estacionárias e completas, cenário que raramente ocorre com dados de pesca (Koutroumanidis *et al.*, 2005).

A análise de mínima e máxima auto-correlação fatorial (AMAF) e a análise dinâmica fatorial (ADF) são técnicas utilizadas para extrair e identificar tendências comuns de

séries temporais, determinar o efeito de variáveis explicativas e avaliar interações entre variáveis respostas. Dada aplicabilidade desses métodos a séries temporais multivariadas, relativamente curtas (15-25 anos) e não estacionárias, como normalmente ocorre em conjuntos de dados de captura pesqueira, estes têm sido aplicados em diversos estudos pesqueiros contemporâneos (Azevedo *et al.*, 2007, 2008; Chen *et al.*, 2006; Devine e Haedrich, 2011; Erzini, 2005; Erzini *et al.*, 2005; Zuur e Pierce, 2004; Zuur *et al.*, 2003).

Decisões de manejo pesqueiro de *X. kroyeri* vêm sendo tomadas com base em avaliações pesqueiras tradicionais. No entanto, se tendências no estoque apresentam associação com variáveis ambientais, então estas devem ser utilizadas como índices preditivos para ajudar a melhorar o desempenho das avaliações (Sharp *et al.*, 1983).

O objetivo desse estudo é investigar se existem padrões comuns em séries temporais mensais de índice de abundância de *X. kroyeri* descarregado no Estado de São Paulo, no período de 1990 a 2009. Caso positivo pretende-se verificar como estes padrões estão relacionados com séries temporais de variáveis ambientais obtidas via sensoriamento remoto, dados de reanálises e índices climáticos.

## **2. Dados e Métodos**

### **2.1 Variáveis respostas (dados de pesca)**

Os dados de captura por unidade de esforço (CPUE) de *X. kroyeri* foram obtidos conforme Kolling *et al.*, 2011. Foram aplicados modelos lineares generalizados para remover os fatores referentes às características físicas das embarcações e estimar índices de abundância mensais da espécie. As séries temporais são referentes a 3 setores de



pesca: (a) setor Norte, com dados de 1990 a 2009 (com ausência de dados em 2006 e 2007), limitado pelas latitudes 23°00'S e 23°50'S, (b) setor Centro, com dados de 1990 a 2009, se estendendo do paralelo 23°50'S ao 24°30'S e (c) setor Sul, com dados de 1995 a 2009, entre as latitudes 24°30'S e 25°35'S. Estes setores foram limitados a leste pela isóbata de 50 m e a oeste pela linha de costa (Figura 4).

## 2.2 Variáveis explicativas (dados ambientais)

Foram utilizadas 6 séries temporais de variáveis explicativas médias mensais, sendo quatro delas estimadas para a área de pesca (variáveis a-d) e dois índices climáticos (variáveis e-f):

(a) temperatura da superfície do mar (TSM), da base *Pathfinder da National Oceanic and Atmosphere Administration* - NOAA (v5.2), estimada pelo sensor orbital *Advanced Very High Resolution Radiometer* - AVHRR, com resolução espacial de 4 km (<http://www.nodc.noaa.gov/sog/pathfinder4km>).

(b) concentração de clorofila na superfície do mar (CSM), estimada pelo sensor orbital *Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor* - SeaWiFS, da *National Aeronautics and Space Administration* - NASA, com resolução espacial de 9 km (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>).

(c) estresse do vento à superfície do mar, obtido a partir de séries de reanálises do NOAA *National Operational Model Archive and Distribution System* (NOMADS), com resolução espacial de 0,25° (<http://nomads.ncdc.noaa.gov/>).

(d) precipitação, extraída do *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP), que combina dados de sensoriamento remoto com dados de pluviômetros, com resolução espacial de 2,5° (<http://precip.gsfc.nasa.gov/>).

(e) índice climático *Multivariate ENSO Index* (MEI), calculado a partir de dados de pressão, vento, TSM, temperatura do ar e cobertura de nuvens do oceano Pacífico Tropical para monitoramento de eventos *El Niño/Southern Oscillation* – ENSO (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei>).

(f) índice climático *Southern Hemisphere Annular Mode* (SAM), que se refere à alteração em larga-escala de massa atmosférica entre a pressão de superfície em latitudes médias e a pressão de superfície em altitudes altas e é considerado como o modo dominante de variabilidade climática interanual no Hemisfério Sul (<http://www.lasg.ac.cn/staff/ljp/data-NAM-SAM-NAO/SAM-AAO.htm>).

### 2.3 Tratamento dos dados

Um resumo das séries temporais de CPUE de *X. kroyeri* e de variáveis ambientais utilizadas nas análises se encontra na Tabela 8.

As séries temporais de CPUE de *X. kroyeri* por setor de pesca apresentaram um forte padrão sazonal. Para se extrair tendências comuns de séries temporais mensais, onde a maior parte da variação está relacionada a flutuações sazonais, é necessário distinguir entre variações sazonais e padrões de longo prazo. Para isso o componente sazonal deve ser identificado e tratado. Diversas técnicas podem ser utilizadas para essa finalidade. No entanto devido à variabilidade no padrão sazonal ao longo dos anos, identificada nas séries de CPUE, um método similar ao utilizado por Shumway (2000) e Zuur e Pierce (2004) foi aplicado no presente trabalho. A série temporal de cada setor foi decomposta em 12 séries, uma para cada mês do ano.

Em alguns meses, as séries temporais apresentaram diversos valores ausentes, devido à existência do período de defeso (paralisação temporária da pesca) na maior parte dos

anos. Foram utilizadas nas análises as séries dos meses de junho, julho e agosto, que apresentaram dados completos para os três setores e para todos os anos, resultando assim em 9 séries temporais de CPUE de *X. kroyeri* (Tabela 8). Dessa forma, torna-se viável a identificação das séries mensais que seguem padrões similares ao longo dos anos, além dos efeitos das variáveis ambientais em meses específicos.

As séries temporais de CPUE de *X. kroyeri* e de variáveis explicativas foram padronizadas para média zero e desvio padrão 1 (um), de modo a facilitar a interpretação dos resultados das análises.

Uma série temporal de cada variável ambiental foi utilizada nas análises, sendo esta uma média trimestral referente aos meses de junho, julho e agosto.

#### 2.4 Análises de séries temporais

A análise de mínima e máxima auto-correlação fatorial (AMAF) é uma técnica de componentes principais para séries temporais, utilizada para estimar funções índice, para suavização e para extrair tendências de séries temporais múltiplas. Na AMAF, o eixo indica a medida de auto-correlação entre a variável resposta no tempo  $t$  e no tempo  $t + k$ , onde  $k$  é a defasagem, em anos ( $k=1-5$ ). Como auto-correlações estão associadas a tendências e o primeiro AMAF possui a maior auto-correlação, este indica a tendência geral nos dados (Solow, 1994; Zuur *et al.*, 2007). A identificação de relações significativas entre as tendências e as variáveis explicativas é realizada através de correlações canônicas, ou seja, da correlação-cruzada entre eixo AMAF e as variáveis. Assim, mede-se a relação entre a variável resposta no tempo  $t$  e a variável explicativa no tempo  $t + k$  (Zuur *et al.*, 2007).

As funções de auto-correlação e correlação-cruzada são calculadas a partir do coeficiente de correlação de Pearson, medindo a correlação entre uma série temporal com ela mesma, ou com a série temporal de outra variável, aplicando depois uma defasagem de tempo (Zuur *et al.*, 2007).

A máxima correlação-cruzada entre os eixos AMAF extraídos das séries de CPUE e as séries de fatores explicativas foi aplicada para identificar em qual defasagem de tempo a maior correlação entre estes ocorreu.

A Análise Dinâmica Fatorial (ADF) é um método de redução de dimensionalidade para conjuntos de dados de séries temporais multivariadas relativamente curtas (15-25 anos) e não estacionárias. A diferença da ADF em relação a outras técnicas de redução é que esta assume tendências correlacionadas ao longo do tempo. Além de identificar tendências comuns (TCs), ADFs podem ser utilizadas para avaliar interações entre variáveis respostas e para identificar o efeito das variáveis explicativas e das defasagens de tempo sobre estas (Zuur *et al.*, 2007).

A ADF foi aplicada para modelar as 9 séries temporais de *X. kroyeri* em função de uma combinação linear de tendências comuns, variáveis explicativas, uma constante e ruído.

Uma série de modelos foi ajustada, do mais simples, com uma TC mais ruído, até o mais complexo, com até três TCs, duas variáveis explicativas mais ruído. Os modelos foram ajustados utilizando uma matriz de covariância diagonal e uma matriz de covariância simétrica positiva-definitiva. O modelo ótimo foi definido utilizando como critérios o índice de “Akaike’s information criterion” (AIC), que indica um modelo que ao mesmo tempo esteja bem ajustado e possua um número reduzido de parâmetros,

além da interpretação biológica, da visualização dos resíduos e do ajuste dos modelos às séries de CPUE (Akaike, 1974, Zuur *et al.*, 2003).

As análises de AMAF e ADF foram aplicadas utilizando o pacote de software Brodgar 2.2.8 ([www.brodgar.com](http://www.brodgar.com)).

### **3. Resultados**

#### 3.1 Correlações

As séries padronizadas de CPUE de *X. kroyeri* e variáveis explicativas se encontram na Figura 9. Pode ser observado que as séries de CPUE apresentaram certa semelhança em alguns períodos, como para o pico acentuado no ano de 1997 e para o pico de menor magnitude entre 2001 e 2002 (Figura 9A). As séries de variáveis ambientais apresentaram alta variabilidade. O ano de 1997 foi indicado como o pico máximo do índice MEI durante o período analisado e os anos entre 1995 e 1998 tiveram altas taxas de precipitação. Um pico acentuado foi observado para o índice SAMI em 1998, para o estresse do vento em 2003 e para a CSM no ano de 2007. Houve uma tendência de aumento na TSM ao longo dos anos, com valores máximos nos anos de 2001, 2003, 2005 e 2006 (Figura 9B).

A aplicação da função de correlação-cruzada entre as séries de variáveis explicativas e respostas, com defasagem de 0, 1 e 2 anos, indicou que na defasagem 0 houve a maior proporção de correlações significativas (23 %) no conjunto de dados. Foram observadas correlações significativas positivas entre o índice MEI e as séries de CPUE 06\_AS, 07\_AS, 08\_AS e 07\_AN e entre a TSM e a série 06\_AN. A maior parte das correlações do índice SAMI e do estresse do vento com as séries de CPUE foram negativas,

enquanto todas as correlações entre a precipitação e as variáveis respostas foram positivas.

### 3.2 AMAF

Apesar de não significativos ( $P > 0,22$ ), os dois primeiros eixos extraídos na análise AMAF tiveram correlações altas de 0,79 e 0,69, respectivamente. Assim, foram considerados como tendências comuns das séries temporais de CPUE de *X. kroyeri*.

O primeiro AMAF mostra a tendência geral nos dados e os escores indicaram valores altos e estáveis de 1990 até o ano 2000, com queda acentuada entre os anos 2000 e 2002 e subsequente elevação até 2009 (Figura 10A). O eixo AMAF 2 indicou uma queda no ano de 1993, seguido por aumento e se mantendo em níveis altos até 2001. Entre 2002 e 2003, os escores caíram substancialmente e de 2004 a 2009, estes se mantiveram em níveis baixos com leve tendência de aumento (Figura 10B).

Correlações canônicas entre as séries temporais de abundância de *X. kroyeri* e os eixos AMAF mostraram que o primeiro eixo foi importante principalmente para as séries 08\_AC, 08\_AN e 07\_AS. A única série que apresentou correlação negativa foi a 06\_AN (Figura 11A). O AMAF 2 apresentou altas correlações com todas as séries, exceto com 07\_AC e 08\_AC (Figura 11B).

A Tabela 9 mostra que das 12 correlações entre os eixos AMAFs e as variáveis explicativas, 8 foram negativas e 4 positivas. A precipitação teve altas correlações com os dois eixos AMAFs, sendo significativa com o eixo AMAF 2. Foram observadas altas correlações negativas do eixo AMAF 1 com a TSM e o vento. O eixo AMAF 2 teve alta correlação negativa com o vento (Tabela 9, Figura 12.).

A máxima correlação-cruzada, aplicada para identificar em qual defasagem de tempo as variáveis explicativas tiveram maior correlação com os eixos AMAFs, foram significativas e negativas entre o eixo AMAF 1 e a TSM e o vento, ambas com defasagem de 1 ano. Similarmente, a correlação foi significativa e positiva entre o AMAF 1 e a CSM, com defasagem de -2 anos. O eixo AMAF 1 teve alta correlação positiva com o MEI, com defasagem de -2 anos.

Apenas a precipitação teve máxima-correlação significativa com o eixo AMAF 2, na defasagem 0. O eixo AMAF 2 teve altas correlações positivas com o SAMI e a CSM, em defasagens de 2 e -1, respectivamente, e negativas com o MEI, TSM e vento, sendo as 3 na defasagem de -1 ano (Tabela 10).

### 3.3 ADF

O ajuste da ADF para as 9 séries temporais de CPUE de *X. kroyeri* foi aplicado a todas as combinações possíveis entre 1, 2 ou 3 TCs, nenhuma, 1 ou 2 variáveis explicativas e ruído. Os melhores ajustes foram obtidos nos modelos com matriz de covariância simétrica positiva-definitiva e 2 TCs. Os menores valores de AIC foram obtidos nos modelos que consideraram 2 variáveis explicativas, sendo elas MEI + TSM e SAMI + TSM.

O modelo com duas TCs mais as variáveis explicativas MEI e TSM foi selecionado como modelo ótimo. Apesar do menor AIC ter sido obtido para o modelo com uma TC e as variáveis explicativas SAMI e TSM, a diferença no AIC foi pequena. Para validar o modelo foram considerados também a interpretação biológica, a visualização dos resíduos e o ajuste dos modelos às séries de CPUE (Zuur *et al.*, 2003).

A TC 1 mostrou um aumento, chegando a um máximo no ano 2000, seguido por queda até 2009, mostrando-se semelhante ao AMAF 2 (Figura 10.C). A TC 2 indicou um aumento entre 1993 e 1997, seguido por queda acentuada até o ano 2003 e subsequente aumento até 2009 (Figura 10.D). A TC2 apresentou variação semelhante ao AMAF 1.

Os valores-t estimados para as regressões indicaram que o índice MEI e a TSM tiveram influência significativa sobre as séries 06-AS, 07-AS, 08\_AS, 06\_AN e 07\_AN. Sobre a série 08-AN, apenas a TSM teve influência significativa (Tabela 11).

O gráfico das cargas fatoriais para o modelo ADF mostrou que as séries 06\_AN, 07\_AN e 08\_AN tiveram as maiores correlações com os dois eixos, especialmente com o eixo 2. As séries 08\_AC e 08\_AS tiveram correlações negativas com uma das TCs e apenas a série 07\_AC teve correlações negativas com as duas TCs. As demais séries se mostraram positivamente correlacionadas com pelo menos uma das TCs. (Figura 13).

A Figura 14 apresenta a CPUE observada e ajustada pelo modelo para as 9 séries temporais. Pode ser observado que as series AC\_06 e AC\_07 não se ajustaram bem ao modelo. O gráfico da CPUE observada e ajustada e os valores relativamente baixos de elementos diagonais da matriz de erro de covariância para as demais séries indicam que de forma geral, as TCs foram bem ajustadas aos dados.

Para facilitar a interpretação biológica dos resultados, as séries temporais de CPUE de *X. kroyeri* dos setores Norte e Sul, que tiveram altas correlações na AMAF e bons ajustes no modelo ADF, foram plotadas com a TC 1 e TC 2 do modelo ADF ajustado. As mesmas séries foram plotadas com as variáveis ambientais precipitação, que apresentou correlação significativa na AMAF e com o índice MEI e a TSM, que tiveram influência significativa segundo o modelo ADF (Figura 15).



A Figura 15 mostrou que a TC 1 se ajustou principalmente aos dois aumentos de CPUE, um mais acentuado em 1997 e outro menor em 2001-2002. A TC 2 esteve associada ao aumento de 1997 e ao incremento nos últimos anos, observado principalmente para as séries do setor Norte (Figura 15).

Pode ser observado que as séries das variáveis MEI e precipitação tiveram relação principalmente, com os picos observados em 1997, 2001 e 2002. A TSM esteve relacionada principalmente ao aumento da CPUE nos últimos anos das séries (Figura 15).

#### **4. Discussão**

As duas técnicas de análises de séries temporais, AMAF e ADF, mostraram resultados concordantes e indicaram as duas principais TCs no conjunto de dados de CPUE de *X. Kroyeri* capturado na costa do Estado de São Paulo.

Apesar das duas análises terem indicado tendências semelhantes, elas são técnicas estatísticas diferentes, apresentando algumas variações. Por exemplo, em relação às variáveis explicativas, na AMAF são associadas ao eixo através da correlação. Já na ADF, as variáveis são utilizadas de forma direta na modelagem (Zuur *et al.*, 2007). Assim, o uso combinado das duas técnicas é válido, visto que estas podem ser complementares, principalmente quanto à identificação das variáveis explicativas significativas.

As duas TCs tiveram ordem de importância inversa entre as técnicas. Na ADF a ordem das TCs não mostra sua importância. Porém, a semelhança da TC 1 com a curva de um modelo ajustado com apenas uma TC indica que esta foi a principal tendência nos dados. Assim, devido a maior complexidade da ADF e dos valores de correlação

semelhantes dos eixos AMAF 1 e 2, a TC 1 obtida na ADF (semelhante ao eixo AMAF 2) foi considerada a mais importante.

A principal tendência na variação da abundância do *X. kroyeri* ao longo do período de 20 anos foi de aumento na primeira década, chegando a um máximo no ano 2000 e de queda na segunda década, com mínimo em 2009. A segunda tendência indicou valores altos até o final da primeira década, com subsequente queda brusca até o ano 2003 e posterior aumento até 2009.

No geral, as séries temporais de CPUE de *X. kroyeri* no setor Centro (06\_AC, 07\_AC e 08\_AC) não tiveram boas correlações com os eixos AMAFs e não se ajustaram bem ao modelo ótimo selecionado na ADF. Ainda, os valores-t estimados para as regressões indicaram que estas variáveis ambientais tiveram influência significativa para ao menos uma das séries de CPUE dos setores Sul e Norte e para nenhuma série de CPUE do setor Centro.

Os resultados indicam que o *X. kroyeri* capturado no setor Centro não seguiu as mesmas tendências de variação dos setores Norte e Sul e não sofreu influência significativa das variáveis ambientais utilizadas neste estudo. O padrão diferenciado observado no setor Centro pode ser associado à diversificada dinâmica das frotas. A frota que atua na captura de *X. kroyeri* no setor Centro é constituída por embarcações de maior porte e potência de motor em relação às frotas dos setores Norte e Sul, possuindo assim maior raio de atuação. Durante o período de 1997 a 2002, as embarcações do setor Centro mudaram sua área preferencial de captura de *X. kroyeri*, passando a atuar em uma região mais próxima do principal porto de descarga. Por outro lado, as embarcações dos setores Norte e Sul, devido ao seu baixo poder de mobilidade continuaram atuando nas mesmas áreas durante todo o período analisado (Kolling *et al.*, 2011). O período de aumento na abundância da espécie observado pela TC 1 é

coincidente com o período de alteração na área de captura das embarcações do setor Centro. Isto indica que a frota passou a atuar em uma área mais próxima de seu porto de descarga, que provavelmente apresentava menor abundância da espécie no período anterior. Dessa forma, a frota manteve seus rendimentos pesqueiros e diminuiu seus custos operacionais.

Apesar de não ter sido selecionada no modelo ADF ótimo, a precipitação foi a variável explicativa que teve maiores correlações com os dois eixos AMAFs, sendo significativa com o eixo AMAF 2. Através da Figura 15, pode se observar que a TC 1 se ajustou principalmente ao pico acentuado de CPUE no ano de 1997 e ao aumento de menor magnitude entre 2001 e 2002. A TC 2 se ajustou ao pico de 1997 e ao aumento nos últimos anos da série, observado principalmente para as séries do setor Norte.

O índice MEI teve valores-t significativos para todas as séries de CPUE dos setores Norte e Sul e a precipitação apresentou correlação significativa com o AMAF 2. A correlação entre o índice MEI e a precipitação foi positiva (0,22). As maiores taxas de precipitação ocorreram no período de 1995 a 1998 e o maior índice MEI foi observado no ano de 1997. Ainda, houve um suave incremento nos anos 2000 e 2001 para as taxas de precipitação e no ano de 2002 para o índice MEI.

O ENSO é considerado o principal fenômeno de interação oceano-atmosfera causador de variabilidades climáticas a nível global. Apesar de ocorrer no Oceano Pacífico, este apresenta sinais também nos Oceanos Índico e Atlântico (Nicholson, 1997). No Brasil, as principais influências dos eventos de El Niño são observadas nas regiões nordeste e sul, onde ocorre uma diminuição e aumento das chuvas, respectivamente. A região sudeste é considerada uma região transitória para as influências dos eventos de El Niño, com variações espaciais e entre eventos distintos (Grimm e Ferraz, 1998). Durante o El Niño duplo que ocorreu em 1991/92-1992/93 e o

El Niño de 1997/98, considerado o mais forte do século, foi verificado um término tardio do período chuvoso na região sudeste do Brasil (Minuzzi *et al.*, 2006). Outro evento El Niño, porém de intensidade moderada, ocorreu em 2002/03.

Os resultados sugerem que o aumento das taxas de precipitação de 1995 a 1998, associado ao término tardio do período chuvoso em decorrência dos eventos de El Niño, levaram ao aumento nas descargas fluviais, que tiveram efeitos positivos sobre a abundância de *X. kroyeri* entre 1997 e 2002, como indicado pela TC 1.

Espécies costeiras com ciclos de vida curtos, como o *X. kroyeri*, que possuem recrutamento a pesca em seus primeiros anos de vida, frequentemente têm seu recrutamento influenciado pelo aumento de descargas fluviais. Regiões costeiras próximas a desembocaduras de estuários são consideradas habitats preferenciais para alimentação e crescimento do *X. kroyeri*, visto que possuem sedimentos mais finos e ricos em fragmentos vegetais (Castro *et al.*, 2005, Nakagaki e Negreiros-Fransozo, 1998). Nessas regiões a produtividade primária é altamente influenciada pela variação na carga de nutrientes resultante das águas fluviais.

Os índices climáticos têm como função reduzir variabilidades climáticas espaciais e temporais complexas em medidas simples (Stenseth *et al.*, 2003). O índice MEI mede eventos de ENSO, o qual possui efeitos climáticos mundiais. O índice SAMI mede eventos da Oscilação Antártica e representa o padrão climático dominante no Atlântico Sul (Gong e Wang, 1999, Nicholson, 1997). Ambos são considerados sistemas climáticos que apresentam influência considerável sobre os processos ecológicos em geral (Stenseth *et al.*, 2003). Neste estudo, a correlação das séries dos dois índices foi positiva (0,14), indicando que estes seguiram um padrão de variação levemente semelhante. Apesar de não ter sido selecionado como modelo ótimo, o menor AIC foi obtido em um modelo considerando o índice SAMI como uma das variáveis

explicativas. Provavelmente, as variações climáticas representadas pelo SAMI também tiveram influência sobre as taxas de captura de *X. kroyeri*. No entanto, o presente trabalho indica que os eventos de El Niño tiveram um maior impacto sobre a abundância da espécie.

Os valores-t estimados na ADF indicaram que a TSM teve influência positiva significativa para as três séries do setor Norte e as cargas fatoriais indicaram que essas séries foram as principais responsáveis pela TC 2. Provavelmente, o aumento da TSM ao longo dos anos, com máximos em 2005 e 2006, esteve associado ao incremento na CPUE de *X. kroyeri* entre 2003 e 2009, como indicado pela TC 2.

Na plataforma continental sudeste do Brasil (PCSE), o aumento da CSM ocorre ao longo do ano em resposta a dois processos distintos: (a) pela intrusão da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) vinda de camadas mais profundas ou sub-superficiais, levando a diminuição nas temperaturas sub-superficiais ( $< 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e salinidade ( $< 35$ ), associada a eventos de ressurgência típicos de verão e a meandramentos ciclônicos da Corrente do Brasil (Castro *et al.*, 2006) e (b) pela intrusão de águas frias e menos salinas vindas de sul, com contribuições das drenagens do Rio da Prata, Lagoa dos Patos e águas subantárticas, durante os meses de inverno (Campos *et al.*, 1996, Castello *et al.*, 1997, Ciotti *et al.*, 1995, Stevenson *et al.*, 1998). As séries de variáveis ambientais médias utilizadas nas análises são referentes aos meses de inverno - junho, julho e agosto, indicando que a variação observada na CSM está associada principalmente ao segundo processo (b). A correlação entre a CSM e a TSM foi significativa e negativa (-0,65), mostrando que estiveram inversamente relacionados, como era de se esperar.

A temperatura da água é considerada um dos principais fatores ambientais que afetam a distribuição e o ciclo de vida do *X. kroyeri*. Diversos autores associaram

quedas na abundância da espécie a diminuições na temperatura da água (Castilho *et al.*, 2008, Fransozo *et al.*, 2002, Castro *et al.*, 2005, Costa *et al.*, 2007).

Provavelmente, anos com maior influência de águas do Rio da Prata, da Lagoa dos Patos e vindas de sul, apesar de apresentarem maiores valores de CSM, tiveram efeito negativo sobre a abundância do *X. kroyeri*, em função da diminuição nas temperaturas.

Conclui-se que o *X. kroyeri* capturado na costa do Estado de São Paulo entre 1990 e 2009 teve sua abundância influenciada positivamente por incrementos nas taxas de precipitação, eventos de El Niño e pelo aumento na TSM. Altas taxas de precipitação e o término tardio do período chuvoso em anos de El Niño estão relacionados ao incremento das descargas fluviais, que levou ao aumento na abundância relativa da espécie durante o final da década de 1990 e o início dos anos 2000. No entanto, durante esse período, a frota do setor Centro adaptou sua área de pesca para uma região mais próxima de seu porto de descarga, que provavelmente possuía menor abundância da espécie, mascarando assim a influência desses fatores sobre as taxas de captura da espécie.

Sugere-se que as taxas de precipitação, o índice MEI e a TSM sejam monitorados operacionalmente e incorporados às análises das causas da variação da pesca do *X. kroyeri* na região. Dessa forma, essas informações poderão ser utilizadas no ajuste mais adequado das medidas de manejo pesqueiro da espécie. Por exemplo, em anos após períodos de baixa precipitação e sem ocorrência de eventos de El Niño, e em anos com intensas penetrações da ACAS e/ou de águas vindas de sul, quando podem ser esperadas baixas abundâncias da espécie, pode ser necessário adotar maior cautela quanto ao esforço pesqueiro empregado sobre esta.

## Referências

- Akaike, H., 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans. Auto. Contr.* 19, 716–723.
- Aragón-Noriega, E. A., 2007. Coupling the reproductive period of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* Stimpson, 1874 (Decapoda: Penaeidae) with sea surface temperature in the Gulf of California. *Journal of Marine Biology and Oceanography*, 42, 167–175.
- Ávila-da-Silva, A.O., Carneiro, M.H., Mendonça, J.T., Servo, G.J.M., Bastos, G.C.C., Batista, P.A., 2007. Produção pesqueira marinha do Estado de São Paulo no ano 2005. *Série Relatórios Técnicos*. 26, 1-44.
- Azevedo, M., Duarte, R., Cardador, F., Fariña, C., Sampedro, C., Landa, J., Costas, G., Sousa, P., 2007. Management advice for the Iberian white anglerfish stock based on combined estimates from Bayesian and non-Bayesian assessments. *ICES CM* 2007/K:01. Atlantic.1-14.
- Azevedo, M., Duarte, R., Cardador, F., Sousa, P., Farina, C., Sampedro, P., Landa, J., Costas, G., 2008 . Application of dynamic factor analysis in the assessment of Iberian anglerfish stocks. *ICES Journal of Marine Science*. 65(7), 1362-1369.
- Boschi, E.E., 1963. Los camarones comerciales de la familia Penaeidae de la costa Atlántica de América del Sur. Clave para el reconocimiento de las especies y datos bioecológicos. *Bol Instit Biol Mar*. 3, 1-39.
- Campos, E.J.D., Lorenzetti, J.A., Stevenson, M.R., Stech, J.L., Souza, R.B., 1996. Penetration of Waters from the Brazil- Malvinas Confluence Region Along the South American Continental Shelf up to 23°S. *An. Acad. Bras. Cienc.* 68, 49-58.

Castello, J.P., Haimovici, M., Odebrecht, C., Vooren, C.M., 1997. Relationships and functions of coastal and marine environments: the continental shelf and slope. In: Seeliger, U.; Odebrecht, C., Castello, J.P. (Eds.). Subtropical Convergence Environments: The Coast and Sea in the Southwestern Atlantic. Springer, Berlin.171-178.

Castilho, A.L., Pie, M.R., Fransozo, A., Pinheiro, A.P., Costa, R.C., 2008. The relationship between environmental variation and species abundance in shrimp communities (Crustacea: Decapoda: Penaeoidea) in south-eastern Brazil. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 88, 119–123.

Castro, R.H., Costa, R.C., Fransozo, A., Mantelatto, F.L.M., 2005. Population structure of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller,1862) (Crustacea : Penaeoidea) in the littoral of São Paulo, Brazil. Ecology. 69(1), 105-112.

Castro, F.B.M., Lorenzetti, J.A., Silveira, I. C., Miranda, F. P., Araujo, C. E. S., Kampel, M., 2006. Estrutura termohalina e circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS) In: O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região Sudeste-Sul do Brasil ed.São Paulo : EDUSP, p. 11-120.

Chen, C.S., Pierce, G.J., Wang, J., Robin, J.-P., Poulard, J. C., Pereira, J., Zuur, A.F., Boyle, P.R., Bailey, N., Beare, D.J., Jereb, P., Ragonese, S., Mannini, A., Orsi-Relini, L., 2006. The apparent disappearance of *Loligo forbesi* from the south of its range in the 1990s: Trends in *Loligo* spp. abundance in the northeast Atlantic and possible environmental influences. Fisheries Research. 78(1), 44-54.

Ciotti, A.M., Odebrecht, C., Fillman, G., Möller, J.O.O., 1995. Freshwater outflow and Subtropical Convergence Influence on Phytoplankton Biomass on the Southern Brazilian Continental Shelf. Cont. Shelf Res., 15(14), 1737-1756.



Costa R.C., Fransozo A., 2004. Abundance and ecologic distribution of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Crustacea: Penaeidae) in the northern coast of São Paulo State, Brazil. *Journal of Natural History* 38, 901–912

Costa R.C., Fransozo A., Castilho A.L., Freire F.A.M., 2005. Annual, seasonal and spatial variation of abundance of the shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea) in south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85, 107–112.

Costa, R.C., Fransozo, A., Freire, F.A.M, Castilho, A.L., 2007. Abundance and ecological distribution of the "sete-barbas" shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeoidea) in three bays of the Ubatuba region, Southeastern, Brazil. *Gulf and Caribbean Research*, 19, 33-41.

D'Incao, F., Valentini, H., Rodrigues, L.F., 2002. Avaliação da pesca de camarões nas regiões Sudeste e Sul do Brasil 1965- 1999. *Revista Atlântica*. 24(2), 103-116.

Dall, W., Hill, B.J., Rothilsberg, P.C., Staples, D.J., 1990. The biology of the Penaeidae. In: *Advances in Marine Biology*. v. 27. San Diego: J. H. S. Blaxter and A. J. Southward. Academic Press, 489p.

Devine, J.A., Haedrich, R.L., 2011. The role of environmental conditions and exploitation in determining dynamics of redfish (*Sebastes* species) in the Northwest Atlantic. *Fisheries Oceanography*. 20(1), 66-81.

Dias Neto, J., 1996. *Diagnóstico da Pesca Marítima do Brasil*. IBAMA, Brasília.

Dias-Neto, J., Marrul-Filho, S., 2003 *Síntese da Situação da Pesca Extrativa Marinha no Brasil*. Brasília: IBAMA.

Erzini, K., 2005. Trends in NE Atlantic landings ( southern Portugal ): identifying the relative importance of fisheries and environmental variables. *Fisheries Oceanography*.14(3), 195-209.

Erzini, K., Inejih, C.A.O., Stobberup, K.A., 2005. An application of two techniques for the analysis of of Mauritanian trawl survey data. *ICES Journal of Marine Science*, 62, 353-359.

Fransozo A., Costa R.C., Mantelatto F.L.M., Pinheiro M.A.A., Santos S., 2002. Composition and abundance shrimp species (*Penaeidea* and *Caridea*) in Fortaleza bay, Ubatuba, Saõ Paulo, Brasil. In Briones E.E. and Alvarez F. (eds) *Modern approaches to the study of Crustacea*. México: Kluwer Academic Press, 117–125.

Fuentes-Yaco, C., Koeller, P. A., Sathyendranath S., Platt T., 2007. Shrimp (*Pandalus borealis*) growth and timing of the spring phytoplankton bloom on the Newfoundland-Labrador Shelf. *Fisheries Oceanography*. 16(2),116-129.

Garcia, S., Le Reste L., 1981. Life cycles, dynamics, exploitation and management of coast penaeid shrimp stocks. *FAO Fish. Tech. Paper*. 203, 1-215.

Gong, D. Y., Wang, S. W., 1999. Definition of Antarctic Oscillation Index. *Geophys. Res. Lett.* 26, 459–462.

Grimm, A. M., Ferraz, S. E. T., 1998. Sudeste do Brasil: uma região de transição no impacto de eventos extremos da Oscilação Sul. Parte I: El Niño. *Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Sociedade Brasileira de Meteorologia.

Holthuis, L.B., 1980. Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. *FAO species catalogue*, v. 1, *FAO Fisheries Synopsis*.

Ibama, 1993. Camarões do Sudeste e Sul: Relatório da IX reunião do Grupo Permanente de Estudos (GPE) de Camarões, Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira

das Regiões Sudeste e Sul (CEPSUL), Itajaí, SC. Coleção Meio Ambiente. Série estudos, pesca; n. 5. IBAMA, Brasília.

Ibama, 2008. Estatística da pesca 2006 Brasil: grandes regiões e unidades da federação. IBAMA, Brasília.

Iwai, M., 1973. Pesquisa e estudo biológico dos camarões de valor comercial. Publ. Esp. Inst. Oceanogr. 3, 501-534.

Jaureguizar, A.J, Bava, J., Carozza, C.R., Lasta, C.A., 2003. Distribution of whitemouth croaker *Micropogonias furnieri* in relation to environmental factors at the Río de la Plata estuary, South America. Marine Ecology Progress Series. 255, 271-282.

King, M., 2007. Fisheries biology, assessment and management, 2nd edn.

Kolling, J. A., Ávila-Da-Silva, A.O, Kampel, M., 2011. Variação na abundância do *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) capturado na costa do Estado de São Paulo, Brasil, durante 20 anos (1990-2009). In: XIV Congresso Latinoamericano de Ciencias del Mar - COLACMAR, 2011, Balneário Camboriú. Anais do XIV COLACMAR, 2011.

Kolling, J.A., Batista, P.A., Ávila-Da-Silva, A.O., Carneiro, M.H., 2008. A utilização do ambiente marinho e de seus recursos vivos pela frota pesqueira paulista: O ambiente demersal. In: Elisabete de Santis Braga. (Org.). Oceanografia e Mudanças Globais. 1 ed. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 1., 221-231.

Koutroumanidis, T., Iliadis, L., Sylaios, G.K., 2005. Time-series modeling of fishery landings using ARIMA models and Fuzzy Expected Intervals software. Environmental Modeling and Software, 21(12), 1711-1721.

Laurs, R.M., Polovina, J.J., 2000. Satellite Remote Sensing: An Important Toll in Fisheries Oceanography. In: Paul J. Harrison & Timothy R. Parsons (Eds). Fisheries

Oceanography An Integrative Approach to Fisheries Ecology and Management. 1 ed. Oxford: Blackwell Science, p. 146-157.

Minuzzi, R. B, Sediyaama, G. C., Costa, J.M.N., Vianello, R.L., 2006. Influência do fenômeno climático El Niño no período chuvoso da região Sudeste do Brasil. Geografia. 15, 2.

Miranda, L.B., 1985. Forma da correlação T-S de massa de água das regiões costeira e oceânica entre o Cabo de São Tomé (RJ) e a Ilha de São Sebastião (SP). São Paulo: Bolm Inst. Oceanogr. 33(2), 105-119.

Nakagaki, J.M., Negreiros-Fransozo, M.L., 1998. Population biology of *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeidae) from Ubatuba bay, São Paulo, Brazil. Journal of Shellfish Research. 17(4), 931-935.

Nicholson, S.E., 2007. An analysis of the ENSO signal in the Tropical Atlantic and Western Indian Oceans. International Journal of Climatology, 17(4), 345-375.

Ouellet, P., Fuentes-Yaco, C., Savard, L., Platt, T., Sathyendranath, S., Koeller, P., Orr, D., Siegstad, H., 2011. Ocean surface characteristics influence recruitment variability of populations of northern shrimp (*Pandalus borealis*) in the Northwest Atlantic. ICES Journal of Marine Science. 68(4), 737-744.

Paiva, M. P. 1997. Recursos Pesqueiros Estuarinos e Marinhos no Brasil. EUFC.

Santamaría-del-Ángel, E., Millán-Núñez R., González-Silvera, A., Callejas-Jiménez, M., Cajal-Medrano, R., Galindo-Bect M.S., 2011. The response of shrimp fisheries to climate variability off México Baja California , Me. ICES Journal of Marine Science. 68, 766 -772.

Santos, M.C.F, Ivo, C.T.C., 2000. Pesca, Biologia e Dinâmica Populacional do Camarão *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae)

Capturado em Frente ao Município de Caravelas (Bahia-Brasil). Bol Tecn Cient. CEPENE. 8,131-164.

Sharp, G.D., Csirke, J., Garcia, S., 1983. Modelling fisheries: what was the question? In: Proceedings of the Expert Consultation to Examine Changes in Abundance and Species Composition of Neritic Resources, San Jose, Costa Rica, 18-29 April 1983. G.D. Sharp and J. Csirke (eds). FAO Fish. Rep. 291, 1177-1214.

Shumway, R.H., 2000. Dynamic Mixed Models for Irregularly Observed Time Series. Resenhas IME-USP 4, 433–456.

Solow, A. R., 1994. Detecting change in the composition of a multispecies community. Biometrics, 50, 556-565.

Stenseth, N.C., Ottersen, G., Hurrell, J.W., Mysterud, A., Lima, M. Chan, H., Yoccoz, N.G., Adlandsvik, B., 2003. Review article. Studying climate effects on ecology through the use of climate indices: the North Atlantic Oscillation, El Niño Southern Oscillation and beyond. Proceedings. Proc. R. Soc. Lond. B. 270, 2087–2096.

Stevenson, M. R., Brito, D.D., Stech, J.L., Kampel, M., 1998. How do cold water biota arrive in a tropical bay near Rio de Janeiro, Brazil? Cont. Shelf Res., 13: 1595-1612.

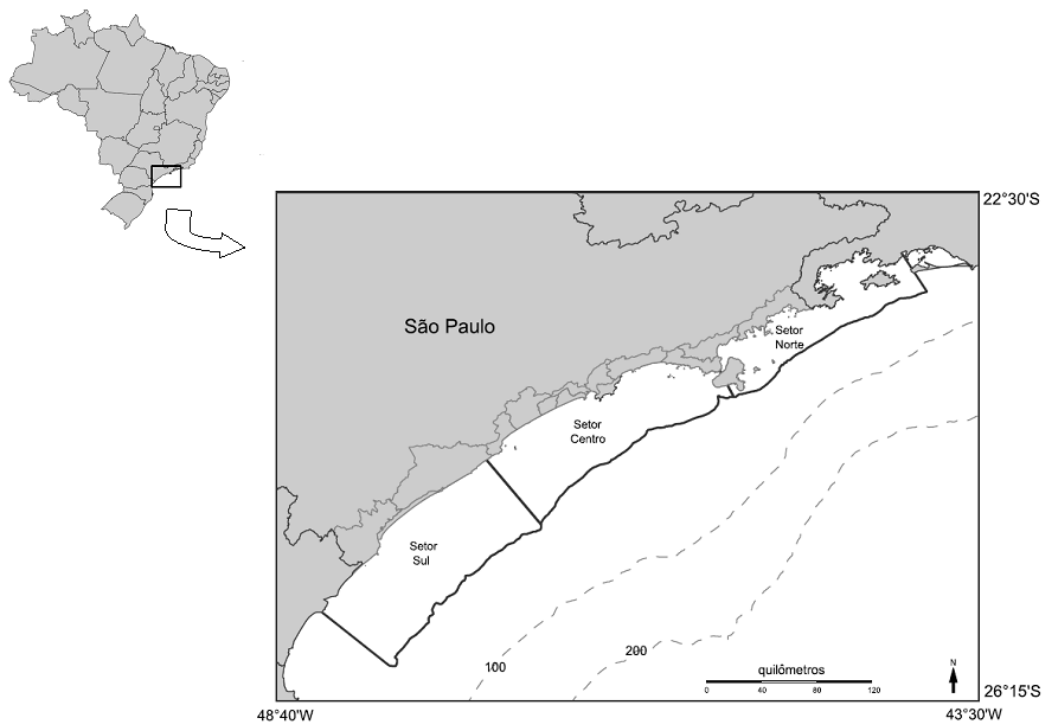
Vandaele, W., 1983. Applied Time Series and Box-Jenkins Models. 1. ed. New York: Academic Press.

Zuur, A.F., Ieno, E.N., Smith, G.M., 2007. Analysing ecological data. Statistics for biology and health. Heidelberg, Germany: Springer.

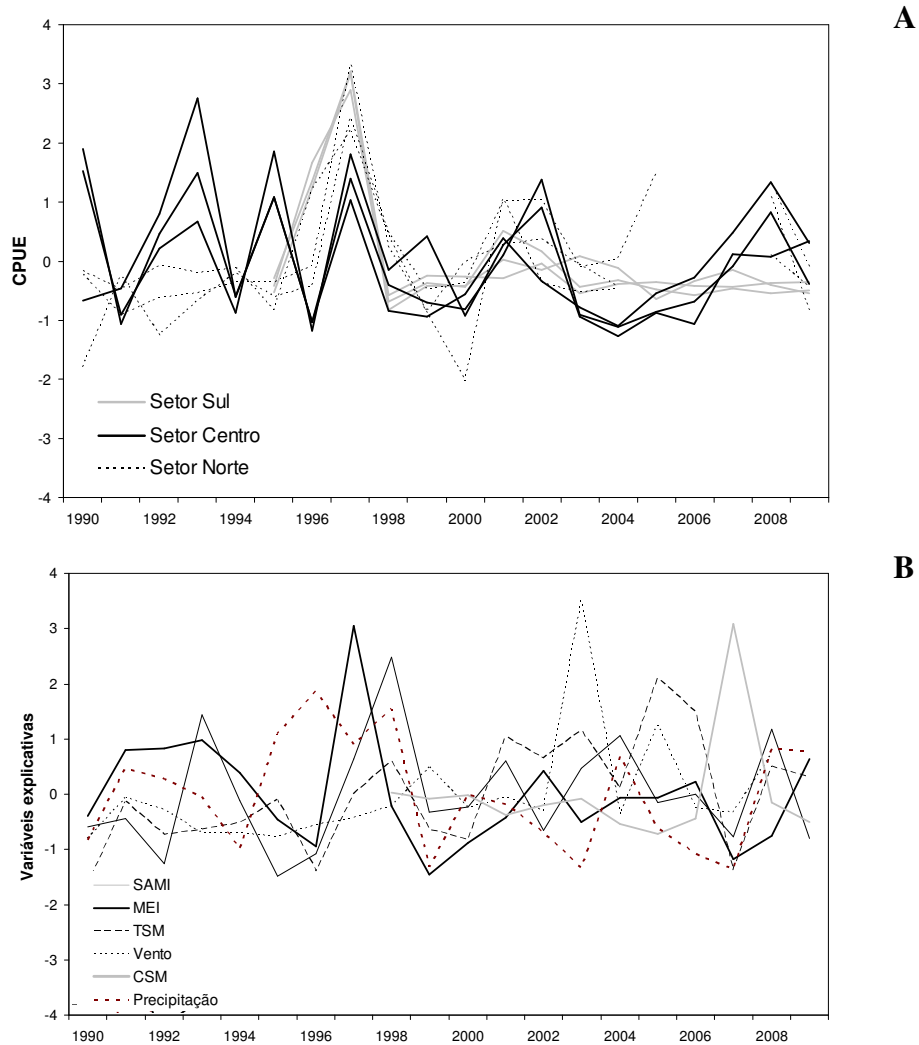
Zuur, A.F., Pierce, G.J., 2004. Common trends in northeast Atlantic squid time series. *Journal of Sea Research*.52, 57 - 72.

Zuur, A.F., Tuck, I.D., Bailey, N., 2003. Dynamic factor analysis to estimate common trends in fisheries time series. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 60, 542–552.

## Figuras e Tabelas

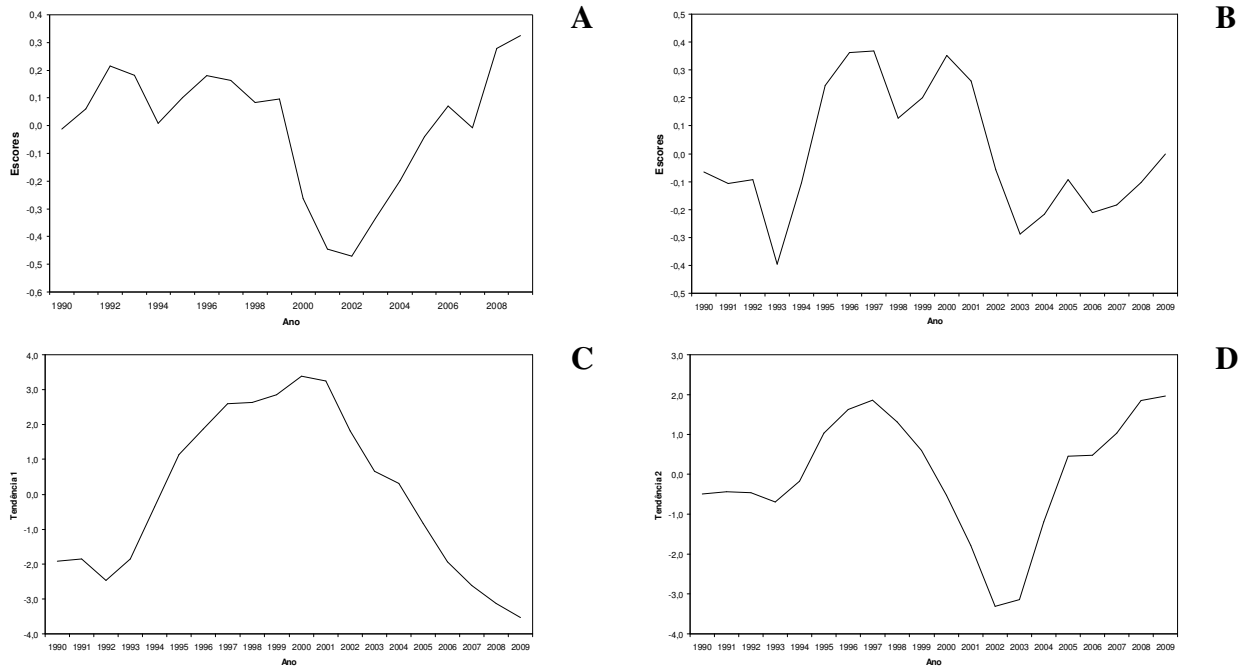


**Figura 8.** Localização geográfica dos setores de pesca de *X. kroyeri* capturado na costa do Estado de São Paulo, Brasil.

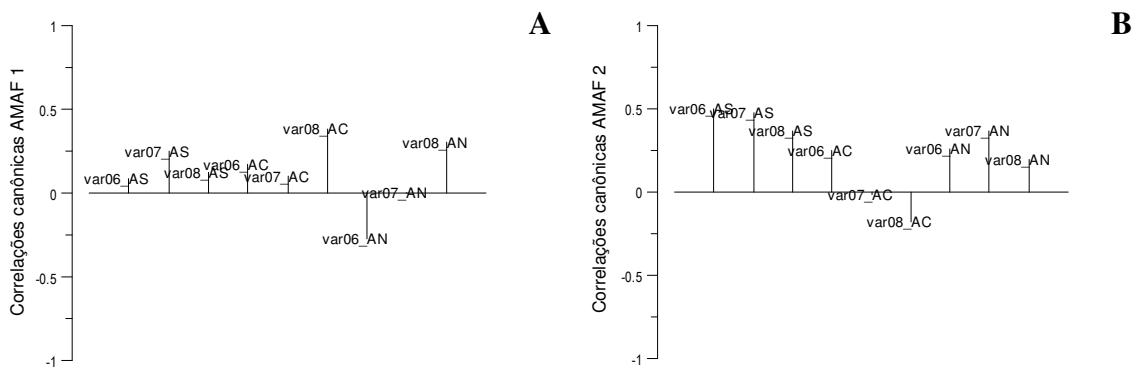


**Figura 9.** Séries temporais padronizadas de CPUE de *X. kroyeri* nos setores Norte, Centro e Sul, dos meses de junho, julho e agosto (A) e séries temporais padronizadas das variáveis ambientais SAMI, MEI, CSM, Vento, Precipitação e TSM (B).

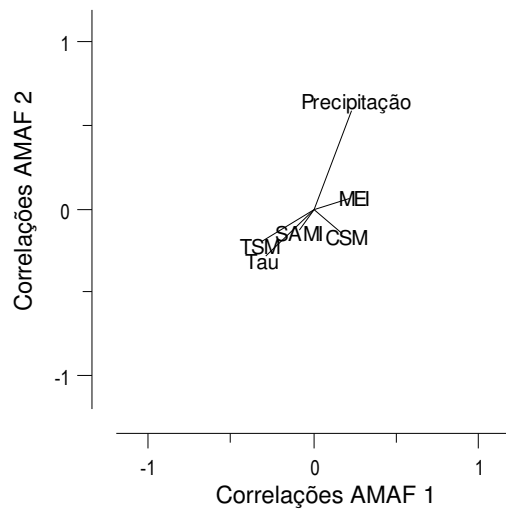




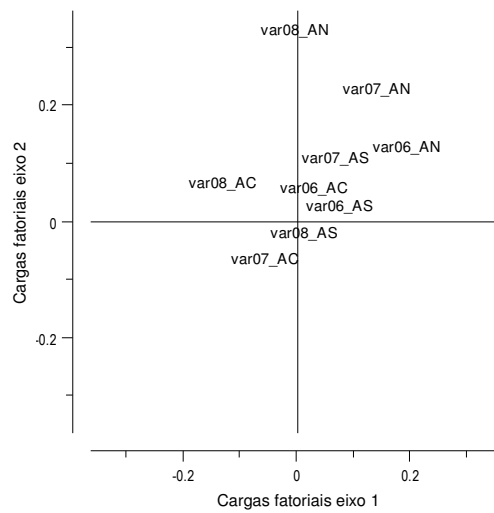
**Figura 10.** Escores para os eixos AMAF 1 (A) e AMAF 2 (B) extraídos das séries temporais de CPUE de *X. kroyeri* e TC 1 (C) e TC 2 (D) obtidas pelo ajuste do modelo ADF com duas TCs e duas variáveis explicativas (MEI e TSM).



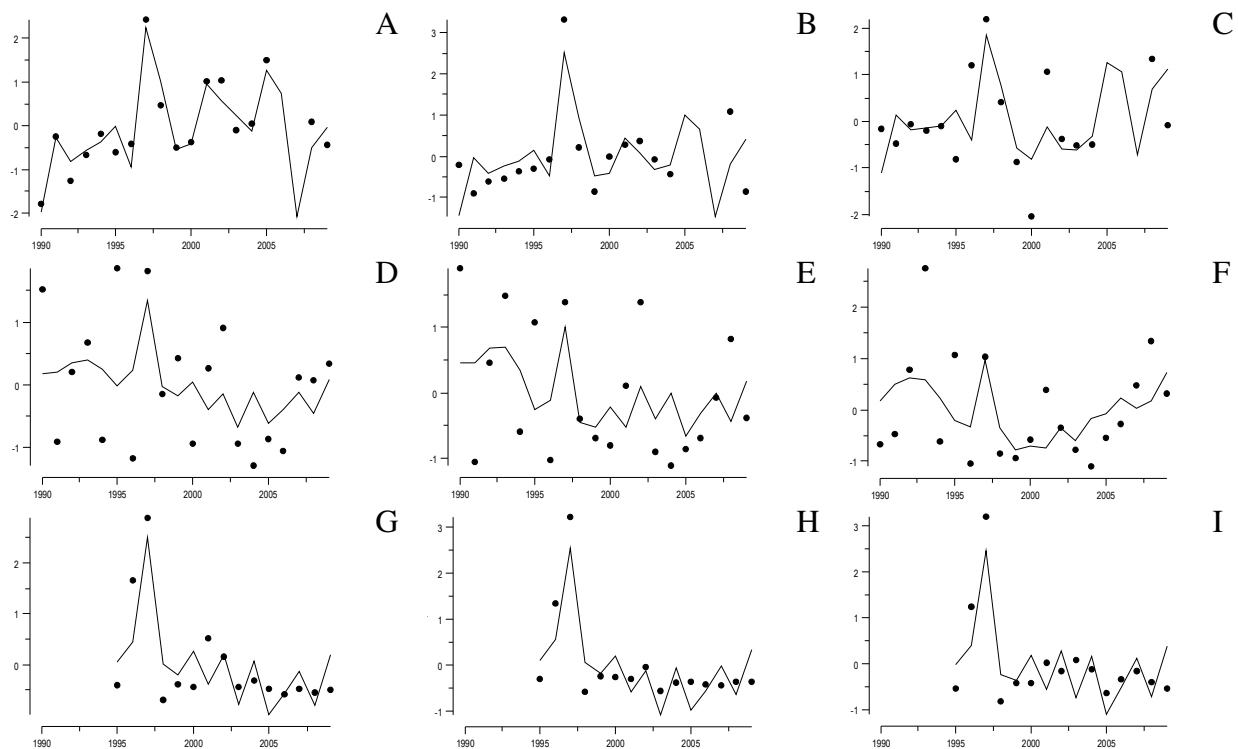
**Figura 11.** Correlações canônicas entre os eixos AMAF 1 (A) e AMAF 2 (B) e as séries temporais de CPUE de *X. kroyeri*. Os códigos das séries temporais estão definidos na tabela 1.



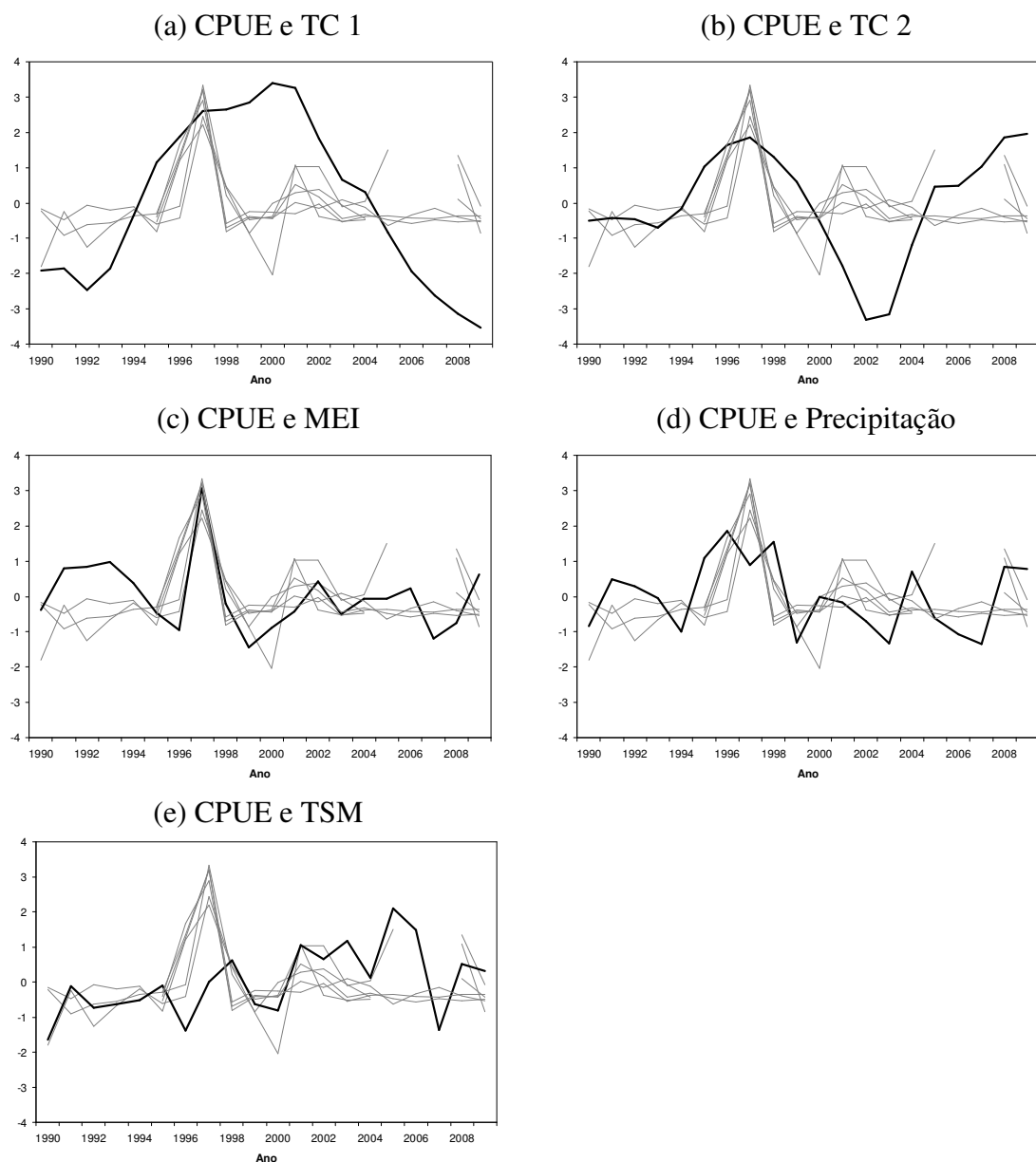
**Figura 12.** Correlações entre as variáveis explicativas (ver Tabela 1) e os eixos AMAF 1 e 2.



**Figura 13.** Cargas fatoriais para o modelo ADF com duas TCs e duas variáveis explicativas (MEI e TSM). Os códigos das séries temporais estão definidos na tabela 1.



**Figura 14.** CPUE observada e ajustada pelo modelo ADF com duas TCs e duas variáveis explicativas (MEI e TSM): (A) AN\_06, (B) AN\_07, (C) AN\_08, (D) AC\_06, (E) AC\_07, (F) AC\_08, (G) 06\_AN, (H) 07\_AN, (I) 08\_AN. Os códigos das séries temporais estão definidos na Tabela 1.



**Figura 15.** Séries temporais de CPUE de *X. kroyeri* nos setores Norte e Sul (Ver Tabela 1) plotadas com a TC 1 (a) e TC 2 (b) do modelo ADF com duas tendências comuns e duas variáveis explicativas (TSM e MEI), e com as variáveis explicativas MEI (c), Precipitação (d) e TSM (e). Todas as séries temporais foram padronizadas para média 0 e desvio padrão 1.

**Tabela 8.** Período de cobertura e código das séries temporais de CPUE de *X. kroyeri* e de variáveis ambientais.

Variável	Código	Período de Cobertura
CPUE mês de junho setor Norte	06_AN	1990-2009
CPUE mês de julho setor Norte	07_AN	1990-2009
CPUE mês de agosto setor Norte	08_AN	1990-2009
CPUE mês de junho setor Centro	06_AC	1990-2009
CPUE mês de julho setor Centro	07_AC	1990-2009
CPUE mês de agosto setor Centro	08_AC	1990-2009
CPUE mês de junho setor Sul	06_AS	1995-2009
CPUE mês de julho setor Sul	07_AS	1995-2009
CPUE mês de agosto setor Sul	08_AS	1995-2009
Índice <i>Southern Hemisphere Annular Mode</i>	SAMI	1990-2009
Índice <i>Multivariate ENSO Index</i>	MEI	1990-2009
Temperatura da superfície do mar	TSM	1990-2009
Estresse do vento à superfície do mar	Vento	1990-2008
Concentração de clorofila na superfície do mar	CSM	1998-2009
Precipitação	Precipitação	1990-2009

**Tabela 9.** Valores de correlação-cruzada entre os eixos AMAFs extraídos das séries temporais de CPUE de *X. kroyeri* e as variáveis explicativas (ver Tabela 1). Valores em negrito indicam correlações significativas (ao nível de 5 %).

Variável explicativa	AMAF 1	AMAF 2
SAMI	-0,07	-0,19
MEI	0,22	-0,06
TSM	-0,28	-0,18
Vento	-0,27	-0,27
CSM	0,05	-0,11
Precipitação	0,42	<b>0,46</b>

**Tabela 10.** Valores máximos de correlação-cruzada entre os eixos AMAFs extraídos das séries temporais de CPUE de *X. kroyeri* e as variáveis explicativas (ver Tabela 1), e defasagem de tempo, em anos, na qual a correlação máxima foi obtida. Valores em negrito indicam correlações significativas (ao nível de 5 %).

Variável explicativa	AMAF 1		AMAF 2	
	Correlação Máxima	Defasagem	Correlação Máxima	Defasagem
SAMI	-0,25	-2	0,35	2
MEI	0,30	-2	-0,27	-1
TSM	<b>-0,54</b>	1	-0,35	-1
Vento	<b>-0,55</b>	1	-0,29	-1
CSM	<b>0,48</b>	-2	0,20	-2
Precipitação	<b>0,45</b>	0	0,42	0

**Tabela 11.** Parâmetros estimados, erro padrão e valores-t para as séries de variáveis explicativas MEI e TSM. Valores em negrito indicam significância ao nível de 5 %. Os códigos das séries temporais de CPUE estão definidos na Tabela 1.

Variável resposta	MEI			TSM		
	Estimativa	Erro Padrão	Valor-t	Estimativa	Erro Padrão	Valor-t
06_AS	<b>0,66</b>	<b>0,13</b>	<b>5,10</b>	<b>-0,47</b>	<b>0,14</b>	<b>-3,42</b>
07_AS	<b>0,68</b>	<b>0,14</b>	<b>5,00</b>	<b>-0,48</b>	<b>0,14</b>	<b>-3,37</b>
08_AS	<b>0,73</b>	<b>0,15</b>	<b>4,94</b>	<b>-0,57</b>	<b>0,15</b>	<b>-3,78</b>
06_AC	0,34	0,20	1,71	-0,27	0,20	-1,35
07_AC	0,38	0,20	1,91	-0,30	0,20	-1,53
08_AC	0,31	0,19	1,62	-0,08	0,20	-0,40
06_AN	<b>0,53</b>	<b>0,10</b>	<b>5,42</b>	<b>0,74</b>	<b>0,11</b>	<b>6,92</b>
07_AN	<b>0,60</b>	<b>0,17</b>	<b>3,61</b>	<b>0,52</b>	<b>0,17</b>	<b>3,12</b>
08_AN	0,33	0,19	1,73	<b>0,55</b>	<b>0,21</b>	<b>2,66</b>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *X. kroyeri* descarregado no Estado de São Paulo, o qual é capturado na região da PCSE, têm sido alvo de crescente preocupação em função de sua elevada importância econômica e social e do alto esforço pesqueiro empregado sobre a espécie. No Estado de São Paulo, desde o estabelecimento das Áreas de Proteção Ambiental (APAs) marinhas, em outubro de 2008, a regulamentação da pescaria da espécie tem sido tema central de diversas discussões.

Segundo os resultados obtidos neste trabalho, não foram identificadas tendências claras de queda na abundância da espécie entre os anos de 1990 e 2009. Porém, séries históricas indicam que o *X. kroyeri* descarregado no Estado de São Paulo teve um acentuado aumento da produção total até o final da década de 70, quedas nas capturas durante a década de 80, e se mantendo em níveis baixos com oscilações anuais a partir de 1990.

A partir dessas informações, pode-se inferir que a espécie se encontra em seu limite máximo de captura sustentável. Sugere-se que em uma próxima etapa, as séries de CPUE estimadas neste trabalho sejam utilizadas na aplicação de modelos de produção geral, visando verificar se o esforço aplicado sobre a espécie está realmente próximo do máximo sustentável.

Além disso, os resultados mostraram que a espécie é altamente vulnerável a variações ambientais, e considerando que o estoque se encontra no nível de máxima captura sustentável, as informações sobre os fatores ambientais que possuem influência sobre a abundância da espécie devem ser incorporadas às medidas de manejo pesqueiro na região.

Dessa forma, com os resultados apresentados neste trabalho, sugere-se que os seguintes itens sejam considerados no manejo pesqueiro do *X. kroyeri* na região: (1) no caso de não estarem disponíveis as informações completas para se calcular o poder de pesca de arrasto (PPA), a característica física de potência de motor (HP) deve ser utilizada para classificar embarcações de arrasto para fins de legislações; e (2) o monitoramento operacional das

variáveis ambientais, taxa de precipitação, índice MEI e TSM, deve ser utilizado na adequação do esforço pesqueiro empregado sobre a espécie.