

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

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS PESQUEIRAS E  
AMBIENTAIS NA ABUNDÂNCIA DO POLVO-COMUM,  
*Octopus vulgaris* (CUVIER, 1797), DESCARREGADO NO  
ESTADO DE SÃO PAULO ENTRE 2003-2011**

**RENATA ASSUNÇÃO**

**Orientador: Antônio Olinto Ávila-da-Silva  
Co-orientador: Acácio Ribeiro Gomes Tomás**

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**

**Agosto - 2012**

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

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS PESQUEIRAS E  
AMBIENTAIS NA ABUNDÂNCIA DO POLVO-COMUM,  
*Octopus vulgaris* (CUVIER, 1797), DESCARREGADO NO  
ESTADO DE SÃO PAULO ENTRE 2003-2011**

**RENATA ASSUNÇÃO**

**Orientador: Antônio Olinto Ávila-da-Silva  
Co-orientador: Acácio Ribeiro Gomes Tomás**

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**

**Agosto - 2012**

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

A851p

Assunção, Renata

Análise da influência das variáveis pesqueiras e ambientais na abundância do polvo-comum, *Octopus vulgaris* (Curvier, 1797), descarregado no Estado de São Paulo entre 2003 e 2011 / Renata Assunção. -- São Paulo, 2012.  
vii, 74f. ; il. ; graf. ; 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. CPUE. 2. Variação de abundância. 3. Modelos lineares generalizados. 4. Auto-correlação. 5. Correlação cruzada. I. Ávila-da-Silva, Antônio Olinto. II. Título.

CDD 639.4

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

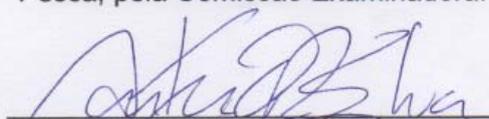
## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

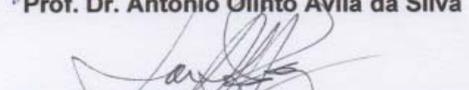
"ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS PESQUEIRAS E AMBIENTAIS  
NA ABUNDÂNCIA DO POLVO-COMUM, *Octopus vulgaris* (CUVIER, 1797),  
DESCARREGADO NO ESTADO DE SÃO PAULO ENTRE 2003-2011"

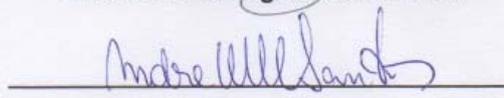
**AUTOR: Renata Assunção**

**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. José Angel Alvarez Perez

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

Data da realização: 10 de agosto de 2012

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

*Aos meus pais!*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador Dr. Antônio Olinto Ávila da Silva pela oportunidade e pela confiança ao longo desses dois anos. Por todas as vezes que conversamos “coisas da vida” e por todos os conselhos (que não foram poucos).

Ao meu co-orientador Dr. Acácio Ribeiro Gomes Tomás pelo empréstimo de toda a bibliografia sobre o tal do polvo e pelas observações e sugestões a longo do trabalho.

Aos meus pais por todo o apoio dado ao longo dessa jornada e por ficarem felizes por mais essa conquista.

Ao Allan Scalco por ter me apresentado à oportunidade de fazer mestrado no Instituto de Pesca e por ter me acolhido na minha chegada em Santos.

A tia Roseli (Roselinda) e ao tio Delfim por me acolherem num dos momentos mais difíceis quando eu cheguei.

Às minhas amigas Adélia Villares e Juliana Stark por todas as inúmeras conversas e conselhos dados e por aguentarem as minhas crises existenciais ao longo desses dois anos.

Aos meus colegas de mestrado Caio, Fernanda, Joelson, Matheus, Raquel, Thiago, Carolina, Kátia e Rodrigo.

Ao pessoal do laboratório de estatística, em especial ao Rafael e a Juliana, por me auxiliarem no trabalho e nas minhas dificuldades no início.

Às meninas do CC que mesmo perto ou de longe (Espanha, Uruguai, Portugal e Brasil), direta ou indiretamente, sempre estiveram presentes na minha vida.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da CAPES, entidade do Governo Brasileiro voltada para a formação de recursos humanos

Ao Programa de Pós Graduação do Instituto de Pesca e a todos que participaram direta ou indiretamente deste trabalho, muito obrigada!!!!

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	III
ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS .....	V
RESUMO .....	VII
ABSTRACT .....	VIII
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS .....	7
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	11
<b>CAPÍTULO 1- AVALIAÇÃO DA PESCA DO POLVO-COMUM <i>OCTOPUS VULGARIS</i> (CUVIER, 1797) NO ATLÂNTICO SUL OCIDENTAL .....</b>	<b>17</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>18</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>2 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
2.1 ÁREA DE ESTUDO E OBTENÇÃO DE DADOS .....	21
2.2 ANÁLISE DOS DADOS .....	21
<b>3 RESULTADOS .....</b>	<b>24</b>
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>5 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO 2- INFLUÊNCIA DE VARIAÇÕES AMBIENTAIS NA ABUNDÂNCIA RELATIVA DO POLVO-COMUM (<i>OCTOPUS VULGARIS</i>, CUVIER, 1797) CAPTURADO AO LARGO DA COSTA DO ESTADO DE SÃO PAULO. ....</b>	<b>43</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>44</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>2 MÉTODOS E DADOS .....</b>	<b>49</b>
2.1 ÁREA ESTUDO .....	49
2.2 VARIÁVEIS PESQUEIRAS .....	49
2.3 VARIÁVEIS AMBIENTAIS .....	50
2.4 ANÁLISE .....	51
<b>3 RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>53</b>
<b>5 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>59</b>
<b>TABELAS E FIGURAS .....</b>	<b>68</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>73</b>

## ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS

<b>Tabela 1:</b> Análise da deviança do modelo linear generalizado, baseado na distribuição gama com função de ligação logarítmica, ajustado aos dados de CPUE das operações de pesca de polvo-comum com potes onde o nome do mestre da embarcação foi avaliado.....	38
<b>Tabela 2:</b> Análise da deviança do modelo linear generalizado, baseado na distribuição gama, ajustado aos dados de CPUE das operações de pesca de polvo-comum.....	38
<b>Tabela 3:</b> Análise da deviança do modelo linear generalizado com interações, baseado na distribuição gama com função de ligação logarítmica, ajustado aos dados de CPUE das operações de pesca de polvo-comum com potes.....	39
<b>Tabela 4:</b> Correlações significativas entre a série de CPUE do polvo-comum e as variáveis ambientais (nível de significância 0,05).....	68
<b>Tabela 5:</b> Correlação-cruzada entre as variáveis ambientais mínimas medidas para a área de interesse.....	68
<b>Tabela 6:</b> Defasagem de tempo da correlação entre a série de CPUE do polvo-comum e as séries de cada variável ambiental mínima. ....	68
<b>Figura 1:</b> Variação trimestral da captura de polvo-comum, do esforço ( $\div$ mil potes despescados) e da CPUE da frota de potes com descargas registradas no Estado de São Paulo, entre as latitudes 22°S e 27°S, durante os anos 2004 e 2011.....	9
<b>Figura 2:</b> Captura (t) do polvo-comum ao largo da costa do Estado de São Paulo e adjacências oceânicas entre os anos 2003 e 2011. ....	9
<b>Figura 3:</b> Esforço de pesca (1000 potes) empregado na captura do polvo-comum ao largo da costa do Estado de São Paulo e adjacências oceânicas entre os anos 2003 e 2011. ....	10
<b>Figura 4:</b> Captura por Unidade de Esforço (CPUE em kg $\div$ mil potes) do polvo-comum capturado ao largo da costa do Estado de São Paulo e adjacências oceânicas entre os anos 2003 e 2011.....	10
<b>Figura 5:</b> Distribuição espacial das viagens realizadas pela frota de pesca de polvo-comum com potes, entre 2003 e 2011, ao largo da costa do Estado de São Paulo e adjacências, Brasil. O tamanho do círculo representa o número de viagens que reportaram operações na área. ....	39
<b>Figura 6:</b> Variação trimestral da captura de polvo-comum (t), do esforço (mil potes despescados) e da CPUE (kg $\div$ mil potes) das embarcações selecionadas da frota de pesca de polvo-comum com potes, entre os anos de 2004 e 2011.....	40
<b>Figura 7:</b> Distribuição de frequência da CPUE (kg $\div$ mil potes) por viagem das embarcações selecionadas da frota de pesca de polvo-comum com potes.....	40
<b>Figura 8:</b> Gráfico normal de probabilidade do resíduo componente do modelo, sem interações, da variação da CPUE (kg $\div$ mil potes) de polvo-comum.....	41
<b>Figura 9:</b> Gráfico normal de probabilidade do resíduo componente do modelo, com interações, da variação da CPUE (kg $\div$ mil potes) de polvo-comum com potes. ....	41
<b>Figura 10:</b> CPUE (kg $\div$ mil potes) trimestral de polvo-comum entre as latitudes 23°S e 27°S e os anos de 2004 a 2011 (círculos), a CPUE estimada pelo modelo linear generalizado (linha tracejada) e a CPUE padronizada (linha).....	42
<b>Figura 11:</b> Localização do polígono (região preenchida do mapa) utilizado como área base para a obtenção das séries de captura por unidade de esforço, temperatura de superfície, concentração de clorofila e estresse do vento.....	69

<b>Figura 12:</b> Série temporal de CPUE padronizada do polvo-comum entre janeiro de 2004 e dezembro de 2011 para a área de interesse.....	69
<b>Figura 13:</b> Série temporal das variáveis ambientais, sendo elas TSM medida entre janeiro de 2004 e maio de 2011, CSM para todo o período e V desde janeiro de 2004 a outubro de 2009. ....	70
<b>Figura 14:</b> Auto-correlação da série de CPUE do polvo-comum na área de interesse, entre janeiro de 2004 e dezembro de 2011. As linhas pontilhadas representam o intervalo de confiança a 95%.....	70
<b>Figura 15:</b> Correlação-cruzada entre a CPUE do polvo-comum e a CSM mínima observada mensalmente na área de interesse. As linhas pontilhadas representam o intervalo de confiança a 95%.....	71
<b>Figura 16:</b> Correlação-cruzada entre a CPUE do polvo-comum e a TSM mínima observada mensalmente na área de interesse. As linhas pontilhadas representam o intervalo de confiança a 95%.....	71
<b>Figura 17:</b> Correlação-cruzada entre a CPUE do polvo-comum e o V mínimo observado mensalmente na área de interesse. As linhas pontilhadas representam o intervalo de confiança a 95%.....	72

## RESUMO

### ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS PESQUEIRAS E AMBIENTAIS NA ABUNDÂNCIA DO POLVO-COMUM, *Octopus vulgaris* (CUVIER, 1797), DESCARREGADO NO ESTADO DE SÃO PAULO ENTRE 2003 E 2011.

Estudos que têm como objetivo identificar os fatores que influenciam a atividade pesqueira têm se tornado cada vez mais importantes na busca de um manejo adequado dos recursos visando manter sua produtividade e rendimento. No entanto, as variações na abundância dos estoques não estão ligadas somente a fatores intrínsecos a atividade e sim a alterações no ambiente em que estão inseridos. Sendo assim o presente estudo objetivou avaliar os fatores relacionados à variação da abundância relativa do polvo-comum capturado com covos, bem como a correlação entre a captura por unidade de esforço padronizada com a temperatura, concentração de clorofila e estresse do vento nas camadas superficiais do mar. A influência das variáveis pesqueiras foram identificadas através do ajuste de modelos lineares generalizados com a finalidade de investigar a significância do efeito da variação dos fatores Ano, Trimestre, Classe de Profundidade, Embarcação e a iteração de primeira ordem dos fatores sobre a captura por unidade de esforço (CPUE em kg/mil potes). Para as análises de correlação foram utilizados dados de CPUE padronizada das unidades produtivas que operaram entre as isóbatas de 25 m e 100 m, com limites superior e inferior coincidindo com os limites do Estado de São Paulo. De acordo com o modelo ajustado o fator Ano foi apontado como a principal fonte de variação seguida da Embarcação, do trimestre e da classe de profundidade. As maiores CPUEs foram observadas entre 2007 e 2009. A faixa batimétrica de 100 a 150 m foi a que apresentou o melhor rendimento. A auto-correlação da série de CPUE não foi significativa, indicando não haver um padrão cíclico nas capturas. A correlação-cruzada observada entre a CPUE e a temperatura de superfície foi inversa e ocorreu com uma defasagem de tempo de dez meses. Entre a CPUE e a concentração de clorofila na superfície do mar foi observada uma correlação direta e significativa com uma defasagem de tempo de dez meses. No entanto entre a CPUE e o vento foi observada uma correlação inversa e significativa e a resposta a essa interferência foi observada após quatro meses. Essas variações observadas estão relacionadas com processos oceanográficos que ocorrem na região de estudo. Desta forma as variações de abundância observadas para o polvo-comum no sudeste brasileiro ocorrem em função de alterações anuais do ambiente oceanográfico local, principalmente aquelas relacionadas com a produtividade primária.

**Palavras-chave:** CPUE, variação de abundância, modelos lineares generalizados, auto-correlação, correlação-cruzada.

## ABSTRACT

### ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF FISHING AND ENVIRONMENTAL VARIABLES ON THE ABUNDANCE OF OCTOPUS, *Octopus vulgaris* (CUVIER, 1797), LANDED IN SÃO PAULO STATE BETWEEN 2003 AND 2011.

Studies aimed at identifying the factors affecting the capture have become increasingly important at search of a proper management of resources to maintain its productivity and yield. However, the variation on the abundance in fish stock not only linked to factors intrinsic to the fishery but to changes in the environment in which they are inserted. This study aimed evaluating the factors related to the variation of the relative abundance of the catches of octopus with traps, as well as the correlation between the standard catch per unit effort with the sea surface temperature, surface chlorophyll-a concentration and wind stress at the surface. The influence of the variables of fishery were identified by fitting generalized linear models in order to investigate the significance of the effect of variance of the factor Year, Quarter, Class of Depth, Vessel and the interaction of first order of the factors on the catch (CPUE on Kg/thousand pots). For the correlation analysis were utilized data on standard CPUE of vessels that operate between the isobaths of 25 m and 100 m, with upper and lower limits coinciding with the boundary of São Paulo State. In accordance of fitted model the factor Year was appointed as the main factor of variance followed the Vessel, Quarter, and Class of Depth. The highest CPUE were observed between 2007 and 2009. Most vessels had a similar performance, however, this varied in different ways by boat over the year. The bathymetric range from 100 to 150 m was that showed the highest yield. The auto-correlation of the CPUE is not correlated with itself, indicating no cyclical pattern in the catches. The cross-correlation between CPUE and sea surface temperature was inverse and has a time lag of ten months. Among the CPUE and surface chlorophyll concentration was observed a direct correlation and significant with a time lag of ten months. However, between the CPUE and wind stress the correlation was inverse and significant and the answer of this interference was observed after four months. These observed variations are related to oceanographic processes occurring in the study region. So changes in abundance observed for the common octopus in southeastern of Brazil occur due to annual changes in the local oceanographic environmental, especially those related to the primary productivity.

**Keywords:** CPUE, variation in abundance, generalized linear model, auto-correlation, cross-correlation.

## INTRODUÇÃO GERAL

Ao longo dos séculos a atividade pesqueira mundial vem crescendo progressivamente através do avanço das técnicas de captura, aumento do esforço empregado, avanço dos tipos e materiais dos petrechos de pesca, bem como pelo aumento da demanda por alimento. Como alvos de todos esses avanços, os recursos pesqueiros que, até então eram manejados de forma individualizada, tendo sua captura e lucro maximizados, passaram a classe de sobre-exploração e os objetivos de sustentabilidade dos recursos foram prejudicados (FAO, 2009).

A pesca no Brasil era feita, desde seus primeiros relatos em 1500, em pequena escala e seguia as legislações portuguesas no que dizia respeito à arrecadação de tributos e aos locais de captura (PAIVA, 2004). Porém, a partir da década de 1970, teve início a pesca de larga escala e industrial com o objetivo de capturar sardinha, peixes demersais e camarão-rosa (HAIMOVICI *et al.*, 2006). A exploração do polvo-comum (*Octopus vulgaris*, Cuveir, 1797) nas regiões sudeste-sul do Brasil era realizada tradicionalmente através de arrasto de fundo, que tem a espécie como fauna acompanhante do camarão (GRAÇA-LOPES *et al.*, 2002; GASALLA *et al.*, 2005). Na década de 70 sua captura com potes foi introduzida em caráter experimental no estado de São Paulo (GRASSI *et al.*, 1976). O fato de esta nova técnica não ter sido incorporada, neste período, pela frota industrial se deve as dificuldades encontradas para a exportação do polvo-comum pelo Brasil. Esse entrave ocorreu em função da facilidade de comercialização do polvo-comum entre os países que capturavam esta espécie no mar Mediterrâneo (TOMÁS, 2002; ARCHIDIACONO e TOMÁS, 2009). Apenas a partir de 2003 a pesca com potes foi adotada pela frota comercial. Devido à grande eficiência deste petrecho de pesca, houve um aumento considerável das capturas desta espécie (TOMÁS, 2002).

A pesca com potes é mundialmente considerada como a mais eficiente na captura do polvo, pois permite um grande direcionamento e reduzida fauna acompanhante (TOMÁS *et al.*, 2006). De acordo com estes autores o espinhel de potes é um petrecho de pesca passivo, não exige o uso de isca, preserva a qualidade do polvo capturado e possibilita uma exploração racional. A utilização dos

espinhéis de potes foi iniciada em São Paulo e rapidamente se difundiu nas regiões sudeste e sul do país. Em Santos o número de embarcações “polveiras” cresceu rapidamente, passando de 8 em 2003 para 41 em 2004. Até a introdução da pesca com potes as descargas da espécie, entre 1999 e 2003, somavam, em média 125 t/ano. Com os potes essa captura saltou para 735 toneladas em 2004 e as capturas pelo arrasto-duplo demonstraram tendências de queda nos anos seguintes. Nos últimos anos a pesca de polvos no Brasil é regulamentada pela Portaria/SEAP N° 26 de 19 de dezembro de 2008 que permissiona, 18 embarcações para operar com potes para captura de polvo no sudeste e sul do Brasil, sendo está uma frota que atua ao longo de todo o ano sem um período de defeso definido (FONTE: INSTITUTO DE PESCA).

Em função da sua ampla distribuição, ocorrendo em águas tropicais, subtropicais e temperadas associados a fundos rochosos, de areia e lama (MANGOLD, 1983; MANGOLD, 1997), o polvo-comum é capturado por diferentes nações. No Atlântico Sul-Occidental esta espécie ocorre em todo o sudeste e sul brasileiro (HAIMOVICI e ANDRIGUETTO, 1986; HAIMOVICI e PEREZ, 1991; TOMÁS, 2002).

O polvo-comum, assim como a grande maioria dos cefalópodes, possui ciclo de vida curto, com aproximadamente 1 ano de vida (MANGOLD, 1983). No sudeste brasileiro esta espécie apresenta desova ao longo de todo o ano, com picos, não muito pronunciados, na primavera e outono (TOMÁS, 2002; TOMÁS e PETRERE, 2005). Atinge sua maturação sexual no primeiro ano de vida, com pouco mais de um quilograma e cerca de 110 mm de comprimento dorsal do manto (DML) (TOMÁS, 2002; TOMÁS e PETRERE, 2005). Seu ciclo de vida é interrompido após completar um período reprodutivo (semelparidade) e o canibalismo é uma característica desta espécie (MANGOLD, 1997).

As maiores concentrações de locais de captura do polvo-comum encontram-se sobre a Plataforma Continental Sudeste do Brasil (PCSE), até os 200 metros de profundidade, que compreende a região entre Cabo Frio no Estado do Rio de Janeiro e Cabo de Santa Marta em Santa Catarina (SILVEIRA *et al.*, 2000; CASTRO *et al.*, 2006). Este ambiente oceanográfico possui, aproximadamente, 1100 km de linha de costa, com declive do fundo marinho levemente inclinado e a quebra de

plataforma está entre 120 e 180 m de profundidade. A PCSE é relativamente larga, atingindo 230 km em frente a Santos, e estreitando-se nas proximidades de Cabo Frio para 50 km e do Cabo de Santa Marta para 70 km (CASTRO *et al.*, 2006).

Na sua porção mais externa, esta região é influenciada pela Corrente do Brasil (CB), que nasce da bifurcação do ramo mais ao sul da Corrente Sul Equatorial e flui para o sul bordejando a costa brasileira até encontrar a Zona de Convergência Subtropical onde conflui com a Corrente das Malvinas e se afasta da costa. A CB, que flui próxima ao talude continental, é formada pelo empilhamento das seguintes massas de água: Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA), Água Circumpolar Superior (ACS) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN). A AT é caracterizada por apresentar temperaturas maiores que 20° C e salinidade maior que 36,4 e essa massa de água se desloca para o sul. A ACAS é um pouco mais fria, com temperaturas menores que 20° C e salinidade menor que 36,4 e se move na direção sul em nível picnoclínico. As outras massas de água são mais frias e se encontram abaixo da picnoclina, chegando até os 3.000 metros de profundidade (SILVEIRA *et al.*, 2000; CASTRO *et al.*, 2006).

Na sua porção mais interna, a PCSE é dividida em Plataforma Continental Interna (PCI), Plataforma Continental Média (PCM) e Plataforma Continental Externa (PCE). Cada uma dessas regiões tem seus limites coincidindo com as frentes térmicas que variam de acordo com as estações de verão e inverno (CASTRO *et al.*, 2006). Nesta região ocorre a mistura da Água Tropical (AT), a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e da Água Costeira (AC) e cada uma dessas massas de água apresenta características próprias, sendo definidas pela sua salinidade e temperatura. No entanto a AC é formada pela mistura da descarga fluvial com essas duas massas de água sobre a plataforma continental (SILVEIRA *et al.*, 2000; CASTRO *et al.*, 2006).

Durante o período de verão esta região sofre influencia da ACAS, mais profunda e rica em nutrientes, aflora a superfície do mar como consequência do transporte de Ekaman, quando os ventos de noroeste afastam as águas superficiais para longe da costa. Como resultado deste processo ocorre o enriquecimento das camadas superficiais do oceano, favorecendo a produção primária e o desenvolvimento de diversas espécies no local (BRANDINI, 1990; AIDAR *et al.*,

1993; SILVEIRA *et al.*, 2000; CASTRO *et al.*, 2006; GAETA e BRANDINI, 2006 WAINER e TASCETTO, 2006).

De acordo com as características de ciclo de vida curto do polvo-comum e a íntima relação com o plâncton quando jovem, o estudo dos fatores que afetam a sua captura e a influência de variáveis ambientais sobre a abundância desta espécie são importantes para um manejo adequado deste recurso (HILBORN e WALTERS, 1992, TOMÁS, 2002). Estudos que busquem identificar e avaliar os fatores que influenciam nas taxas de captura dos recursos pesqueiros são importantes para desenvolver, de forma planejada, a atividade pesqueira e manter sua produtividade ao longo dos anos.

Uma forma de se avaliar as pescarias é através de dados de captura e esforço provenientes de entrevistas de desembarque. Frequentemente os dados de Captura por Unidade de Esforço (CPUE) são utilizados como índice de abundância relativa em avaliações de estoques pesqueiros (GULLAND, 1956). Como a CPUE é influenciada por variações tecnológicas das embarcações e por diferenças nos lugares e época de captura, algumas variações observadas podem não corresponder a variações na abundância do recurso (HILBORN e WALTERS, 1992; QUINN e DERISO, 1999). Para identificar os fatores que afetam uma determinada pescaria podem ser aplicados modelos lineares generalizados. Estes modelos também podem ser utilizados para padronizar dados de esforço pesqueiro (MCCULLAGH e NELDER, 1989; VENABLES e RIPLEY, 1997; QUINN e DERISO, 1999; VENABLES e DICHMONT, 2004; XIAO *et al.*, 2004).

Muitos trabalhos têm utilizado modelos lineares generalizados (QUINN e DERISO, 1999; ÁVILA-DA-SILVA, 2002; VENABLES e RIPLEY, 2002; VENABLES e DICHMONT, 2004; ANDRADE *et al.*, 2005; HAIMOVICI e ÁVILA-DA-SILVA, 2007; MOURATO *et al.*, 2007; HAZIN *et al.*, 2008; DUARTE *et al.*, 2010) aplicados a dados de captura e esforço provenientes da frota comercial. Segundo MCCULLAGH e NELDER (1989) os modelos lineares generalizados (MLG) permitem analisar os padrões de variação sistemática da mesma maneira que os modelos lineares. O MLG abrange as distribuições de erros consideradas não-normais tais como as distribuições exponenciais e gama (MCCULLAGH e NELDER, 1989) e busca acomodar a heterogeneidade das variâncias e o comportamento assimétrico das

curvas não normais comparando estas com outras distribuições que melhor representem as relações entre as médias e as variâncias (VENABLES e RIPLEY, 2002). Segundo DICK (2004) o modelo linear generalizado expande a quantidade de distribuições possíveis existentes na família dos modelos lineares permitindo que as distribuições exponenciais passem a fazer parte deste modelo. Em função disto, muitos autores têm utilizado os modelos lineares generalizados para identificar os fatores que influenciam as taxas de captura das principais pescarias (GOÑI *et al.*, 1999; VENABLES e RIPLEY, 2002; XIAO, 2004).

No entanto a variação na abundância dos recursos pesqueiros pode ser influenciada por fatores ambientais. Segundo CHÉDIA *et al.* (2010) uma vez que a abundância de um recurso pesqueiro está associada a variações no ambiente, sua exclusão dos modelos de produção os torna equivocados dificultando, assim, as ações de manejo adequadas.

Alguns autores relacionaram o padrão de distribuição, as capturas e as variações de abundância de diversas espécies marinhas com padrões ambientais, obtidos através de imagens de satélite e sensores oceanográficos (BELLIDO *et al.*, 2001; WALUDA *et al.*, 2001; SUNDERMYER *et al.*, 2005; DAWE *et al.*, 2007; POSTUMA e GASALLA, 2010). Segundo WALUDA *et al.* (2001) a tecnologia baseada nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é uma importante ferramenta na aquisição de dados ambientais. Esta técnica facilita a visualização de dados biológicos e variáveis ambientais em tempo real e ao longo de uma série histórica, e auxilia cientistas no desenvolvimento de estratégias de manejo para a pesca (RATHJEN e VOSS, 1987; POHL e GENDEREN, 1998; WALUDA *et al.*, 2001; KLEMAS, 2012).

Dados provenientes da pesca, assim como dados de sensoriamento remoto, apresentam ampla distribuição espacial e temporal e sua utilização na avaliação de estoques vem sendo praticada em diferentes regiões do globo. Uma forma de unir essas duas variáveis distintas é através do Sistema de Informação Geográfica, uma vez que os dados pesqueiros possuem informação de latitude e longitude e os dados ambientais são georreferenciados.

As fases iniciais do ciclo de vida do polvo-comum e o seu recrutamento estão diretamente relacionados com a temperatura da água. Desde o nascimento, esta espécie é um predador ativo do plâncton e passa a depender da produtividade secundária da região que habita. Quando atinge a fase bentônica o polvo-comum passa a se alimentar de espécies bentônicas ou nectônicas. Em função destas características e por responder rapidamente as mudanças do ambiente, a concentração de clorofila local, bem como a temperatura, são variáveis importantes que devem ser considerados na análise de abundância desta espécie (MANGOLD, 1983; MANGOLD, 1997; SOBRINO *et al.*, 2002; GONZÁLEZ *et al.*, 2005; VARGAS-YÁÑEZ *et al.*, 2009; CABALLERO-ALFONSO *et al.*, 2010; POLANCO *et al.*, 2011).

Segundo RATHJEN e VOSS (1987) fatores ambientais, tais como a temperatura da água, interferem nas capturas das diferentes espécies de cefalópodes, alterando o seu padrão de distribuição, as taxas de crescimento, maturação, desova, entre outros. Segundo RODHOUSE (2008) as explicações para a elevada variabilidade no comportamento das diferentes espécies de lulas incluem efeitos diretos das variáveis ambientais, variações na disponibilidade de presas principalmente daquelas utilizadas nos primeiros estágios da vida, bem como das variações nos padrões de exploração pela pesca e predação por outras espécies. POSTUMA e GASALLA (2010) observaram que a maior produtividade da pesca de lula no litoral norte do Estado de São Paulo está associada a águas mais quentes, com ventos mais fracos e águas mais transparentes. Para o *O. vulgaris* foi observado que os processos de retenção costeira associados a regiões de ressurgência se tornaram fatores chaves para o sucesso no recrutamento desta espécie. Isso se deve ao fato de que a mistura das camadas de água enriquece a região, favorece a produção primária e conseqüentemente a secundária e facilita a alimentação dos jovens a das larvas desta espécie (DEMARCO e FAURE, 2000; FAURE *et al.*, 2000).

Como a sobrevivência do polvo-comum depende exclusivamente do sucesso na dispersão das suas larvas e na alimentação das mesmas, a disponibilidade de presas e o seu encontro com elas são extremamente importantes. Quando paralarva o polvo-comum vive próximo à superfície, são carnívoros e oportunistas, e consomem presas neustônicas e se alimentam de espécimes da ordem Euphausiacea, crustáceos, outros cefalópodes, indivíduos do filo Chaetognatha e

copépodos (PASSARELLA e HOPKINS, 1991; VILLANUEVA, 1994; FIORITO e GHERARDI, 1999). Assim que assenta no fundo e passa a ser bentônico alimenta-se principalmente de crustáceos, moluscos e peixes (MANGOLD, 1983; MATHER e O'DOR, 1991; EZZEDDINE e EL ABED, 2004; TOMÁS, 2002).

Diante do que foi exposto, o objetivo geral deste trabalho foi analisar a variação na abundância do polvo-comum na região sudeste do Brasil, através da identificação dos fatores que influenciaram sua captura e o efeito das variáveis ambientais sobre a produção pesqueira da espécie. Este estudo foi desenvolvido no âmbito do projeto “Inovação e interdisciplinaridade aplicadas à gestão e ao desenvolvimento da indústria pesqueira marinha das regiões sudeste e sul do Brasil (IGEPESCA)” realizado pela Universidade do Vale do Itajaí, SC, em parceria com o Instituto de Pesca, SP e Pontifícia Universidade Católica de Valparaíso, Chile.

Sendo assim, este estudo foi dividido em dois capítulos, onde o primeiro teve como objetivo identificar os fatores que influenciaram as capturas de *O. vulgaris*. O segundo capítulo buscou correlacionar a série de CPUE padronizada do polvo-comum com as variáveis ambientais, obtidas através de dados de sensoriamento remoto.

Os capítulos estão apresentados na forma de artigos científicos. Os trabalhos foram intitulados como:

Capítulo 1 – Avaliação da pesca do polvo-comum *Octopus vulgaris* (Cuvier, 1797) no Atlântico Sul Ocidental.

Capítulo 2 – Influência de variações ambientais na abundância relativa do polvo-comum (*Octopus vulgaris*, Cuvier, 1797) capturado ao largo da costa do Estado de São Paulo.

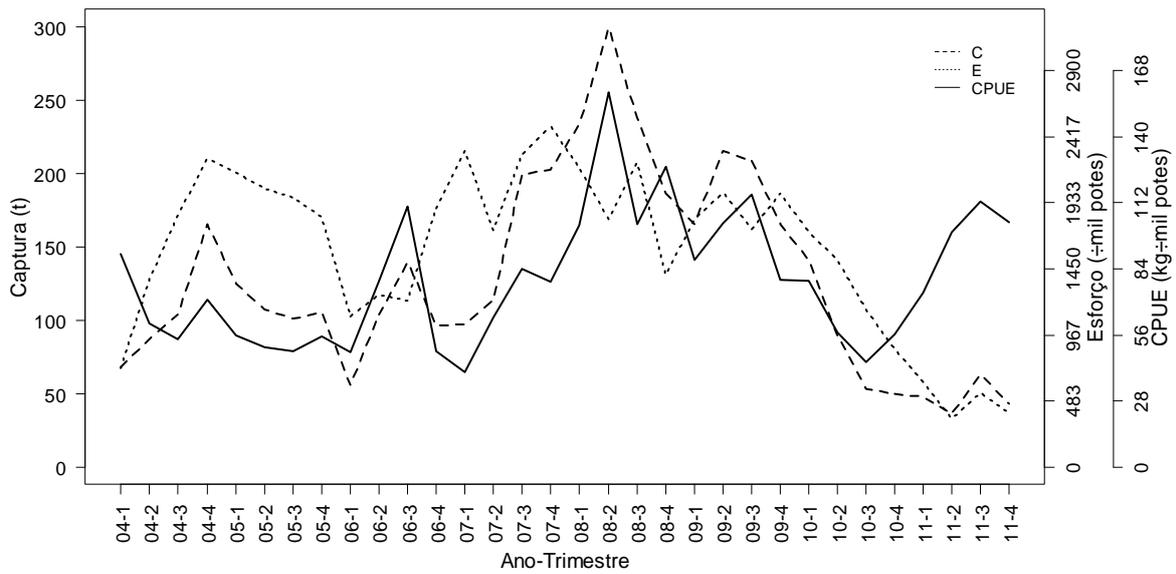
## **ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS**

As informações pesqueiras utilizadas foram oriundas de entrevistas estruturadas realizadas com pescadores pelo Instituto de Pesca de São Paulo, na ocasião da descarga de pescados nos portos de Santos e Guarujá, nos anos 2003 a

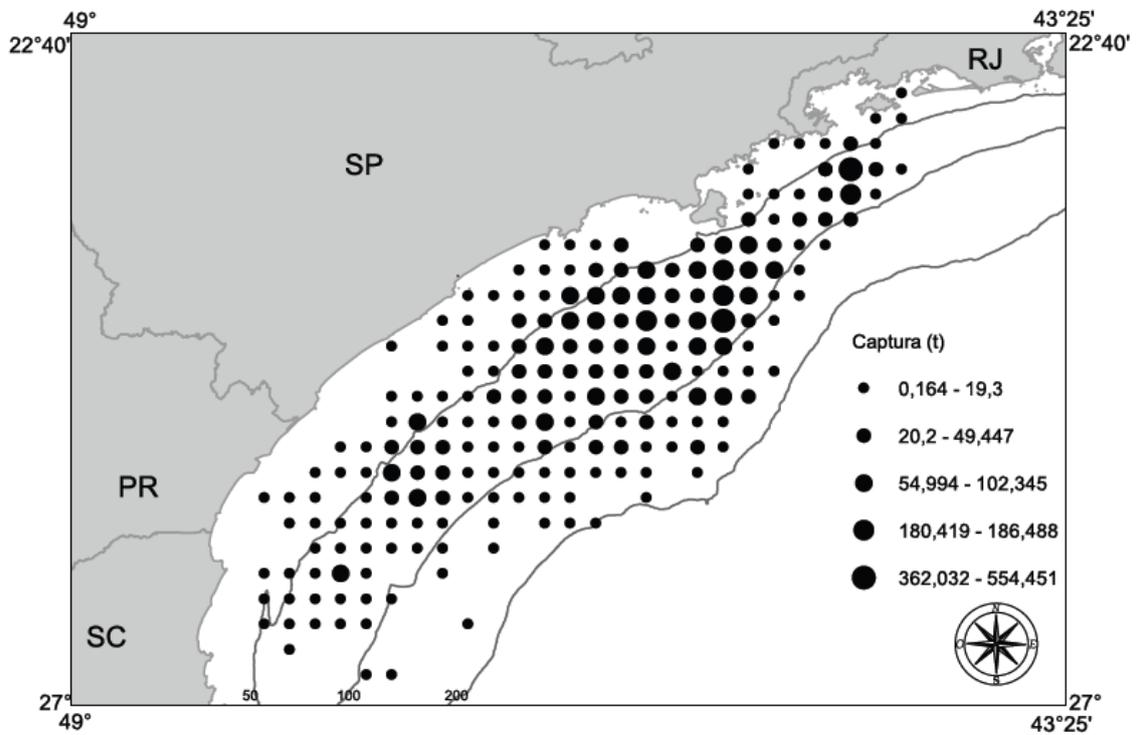
2011. As informações obtidas correspondem ao período de realização da viagem, a área de operação, o petrecho utilizado, o esforço aplicado e a captura em quilogramas.

Entre 2004 a 2011 foram descarregados nos portos paulistas 5.535,8 t de polvo-comum, sendo 6,6% oriundos da pesca com arrasto de fundo, 92,5% da pesca com potes para polvo e 0,9% de outras artes. O total de viagens que operaram com potes foi de 1.814, que descarregaram exclusivamente nos portos pesqueiros de Santos e Guarujá. As viagens selecionadas para a análise representaram 70,3% do total de viagens e 79,0% da produção descarregada.

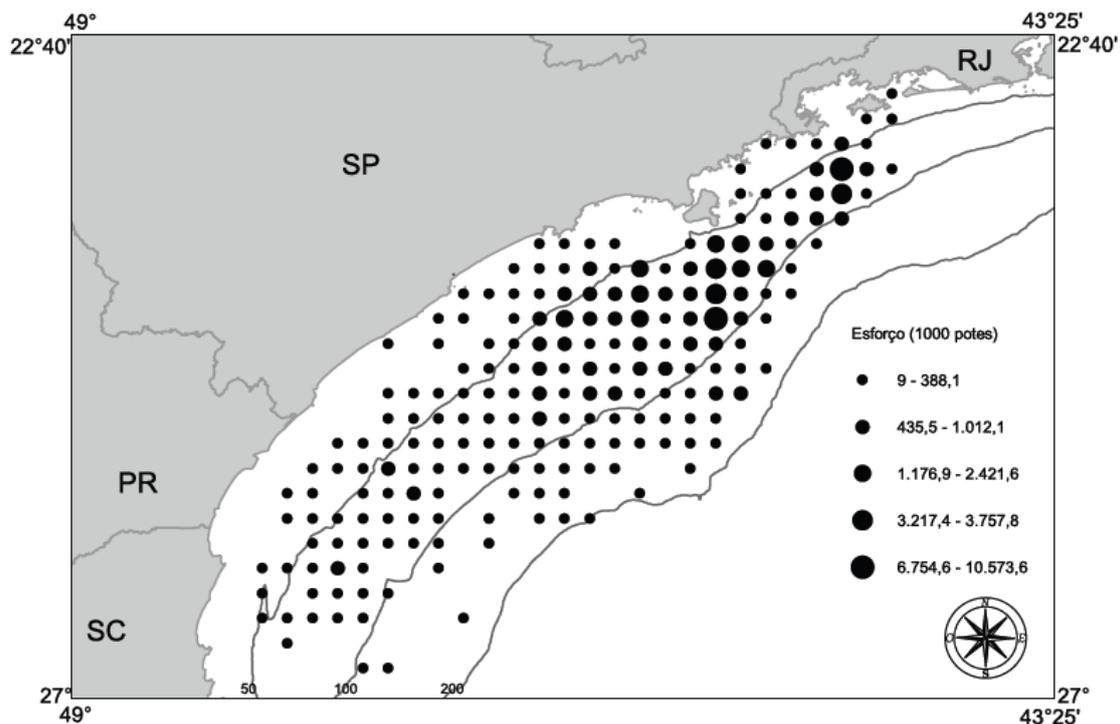
As descargas do polvo-comum entre 2004 e 2007 eram de cerca de 100 t por trimestre. Porém, entre 2008 e 2009 houve um incremento nas capturas que variaram entre 200 e 300 t por trimestre e no período seguinte as capturas caíram atingindo um mínimo no segundo trimestre de 2011 (36,6 t) (Figura 1). As maiores capturas do polvo-comum ocorreram ao longo de toda a costa adjacente ao Estado de São Paulo entre as isóbatas de 50 m e 100 m (Figura 2). Os maiores esforços de pesca empregados na captura desta espécie foram observados entre Santos e Ilha de São Sebastião (Figuras 3). No entanto as maiores CPUEs foram encontradas na região ao sul de Santos, em profundidades menores que 50 m e maiores que 100 metros (Figura 4).



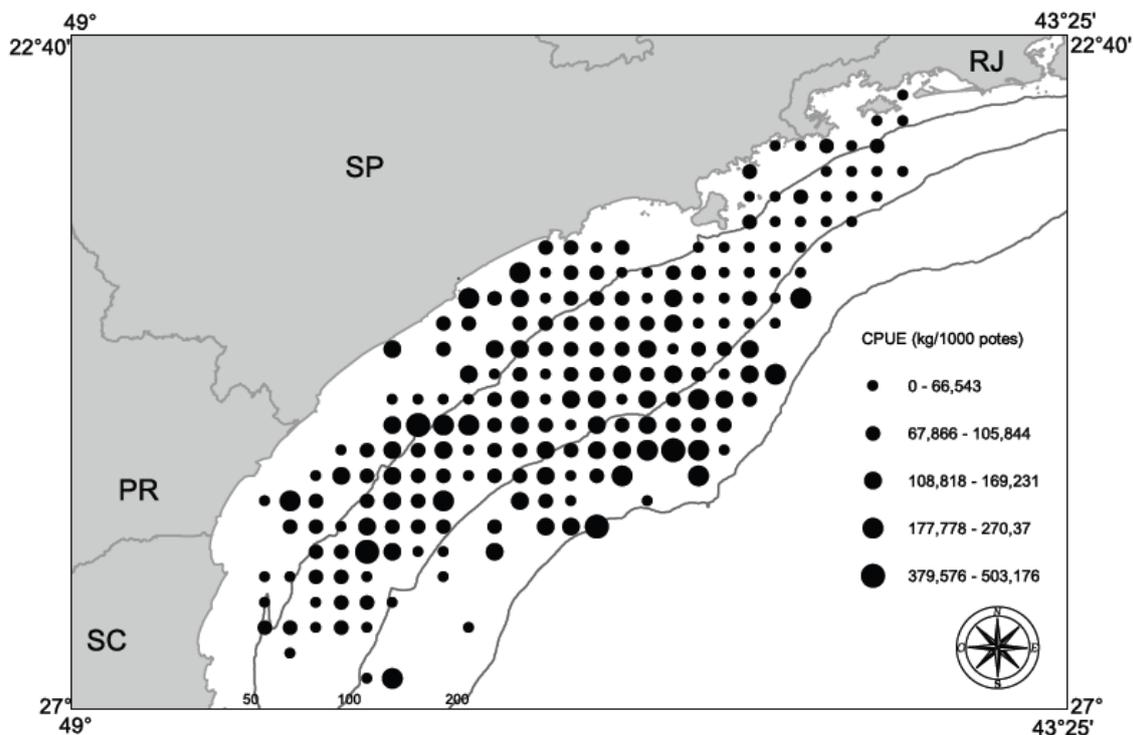
**Figura 1:** Variação trimestral da captura de polvo-comum, do esforço (÷ mil potes despescados) e da CPUE da frota de potes com descargas registradas no Estado de São Paulo, entre as latitudes 22°S e 27°S, durante os anos 2004 e 2011.



**Figura 2:** Captura (t) do polvo-comum ao largo da costa do Estado de São Paulo e adjacências oceânicas entre os anos 2003 e 2011.



**Figura 3:** Esforço de pesca (1000 potes) empregado na captura do polvo-comum ao largo da costa do Estado de São Paulo e adjacências oceânicas entre os anos 2003 e 2011.



**Figura 4:** Captura por Unidade de Esforço (CPUE em kg ÷ mil potes) do polvo-comum capturado ao largo da costa do Estado de São Paulo e adjacências oceânicas entre os anos 2003 e 2011.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDAR, E.; GAETA, S.A.; GIANESELLA-GALVÃO, S.M.F.; KUTNER, M.B.B.; TEIXEIRA, C. 1993 Ecosistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-a e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba, SP. São Paulo: *Publicação Especial do Instituto Oceanográfico de São Paulo*, 10: 9-43.
- ANDRADE, H.A.; TOZETTO, A.L.; SANTOS, J.A.T. 2005 The effect of environmental factors and of the fishermen strategy on the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) CPUE in the southwest Atlantic. Madri: *Collective Volume of Scientific Papers – ICCAT*, 58(1): 350-358.
- ARCHIDIACONO, A.M. e TOMÁS, A.R.G. 2009 O Brasil no cenário do comércio mundial de polvos: Um estudo de caso. *Arquivos de Ciências do Mar*, Fortaleza, 42(1): 85-93.
- ÁVILA-DA-SILVA, A.O. 2002 *A evolução da pesca de linha-de-fundo e a dinâmica de população do Peixe-batata, Lopholatilus villarii (Teleostei:Malacanthidae) na margem continental da costa brasileira entre os paralelos 22° e 28°S*. São Paulo. 218p. (Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo).
- BELLIDO, J.M.; PIERCE, G.J.; WANG, J. 2001 Modelling intra-annual variation in abundance of squid *Loligo forbesi* in Scottish waters using generalized additive models. *Fisheries Research*, Amsterdam, 52: 23-39.
- BRANDINI, F.P. 1990 Produção primária e características fotossintéticas do fitoplâncton na região sueste do Brasil. São Paulo: *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 38(2): 147-159.
- CABALLERO-ALFONSO, A.M.; GANZEDO, U.; TRUJILLO-SANTANA, A.; POLANCO, J.; SANTANA del PINO, A.; IBARRA-BERASTEGI, G.; CASTRO-HERNÁNDEZ, J.J. 2010 The role climatic variability on the short-term fluctuations of octopus captures at the Canary Island. *Fisheries Research*, Amsterdam, 102: 258-265.
- CASTRO, B.M.; LORENZZETTI, J.A.; SILVEIRA, I.C.A.; MIRANDA, L.B. 2006 Estrutura termohalina e circulação na região entre Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. e MADUREIRA, L.S.P. *O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. p.11-120.
- CHÉDIA, J.; WIDIEN, K.; AMINA, B. 2010 Role of sea surface temperature and rainfall in determining the stock and fishery of the common octopus (*Octopus vulgaris*, Mollusca, Cephalopoda) in Tunisia. *Marine Ecology*, Malden, 31: 431-438.

- DAWE, E.G.; HENDRICKSON, L.C.; COLBOURNE, E.B.; DRINKWATER, K.F.; SHOWELL, M.A. 2007 Ocean climate effects on the relative abundance of short-finned (*Illex illecebrosus*) and long-finned (*Loligo pealeii*) squid in the northwest Atlantic Ocean. *Fisheries Oceanography*, Malden, 16(4): 303-316.
- DEMARCO, H. e FAURE, V. 2000 Coastal upwelling and associated retention indices derived from satellite SST: Application to *Octopus vulgaris* recruitment. *Oceanologia Acta*, Amsterdam, 23(4): 391-408.
- DICK, E.J. 2004 Beyond 'Lognormal versus gamma': Discrimination among error distributions for generalized linear models. *Fisheries Research*, Amsterdam, 70(2-3): 351-366.
- DUARTE, L.F.A.; SEVERINO-RODRIGUES, E.; GASALLA, M.A. 2010 Slipper lobster (Crustacea, Decapoda, Scyllaridae) fisheries off the southeastern coast of Brazil: I. Exploitation patterns between 23°00' and 29°65' S. *Fisheries Research*, Amsterdam, 102: 141-151.
- EZZEDDINE, S. e EL ABED, A. 2004 Potential biological and environmental influences on the *Octopus vulgaris* population of the Gulf of Gabès (south-eastern Tunisian coast). *MedSudMed Technical Documents*, Roma, 2: 42-49.
- FAO. 2009 El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2008. Roma. FAO.
- FAURE, V.; INEJIH, C.A.; DEMARCO, H.; CURY, P. 2000 The importance of retention processes in upwelling areas for recruitment of *Octopus vulgaris*: The example of the Arguin Bank (Mauritania). *Fisheries Oceanography*, Malden, 9(4): 343-355.
- FIORITO, G. e GHERARDI, F. 1999 Prey-handling behaviour of *Octopus vulgaris* (Mollusca, Cephalopoda) on Bivalves preys. *Behavioural Processes*, 46: 75-88.
- GAETA, S.A. e BRANDINI, F.P. 2006 Produção primária do fitoplâncton na região entre cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. e MADUREIRA, L.S.P. *O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil*. (eds) São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. p.11-120.
- GASALLA, M.A.; PÓSTUMA, F.A.; TOMÁS, A.R.G., 2005 Captura de lulas (Mollusca: Cephalopoda) pela pesca industrial desembarcada em Santos: comparação após 4 décadas. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, Itajaí, 9(2): 5-8.
- GOÑI, 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*, Amsterdam, 42: 291-302.

- GONZÁLEZ, A.F.; OTERO, J.; GUERRA, A.; PREGO, R.; ROCHA, F.J.; DALE, A.W. 2005 Distribution of common octopus and common squid paralarvae in a Wind-driven upwelling area (Ria of Vigo, northwestern Spain). *Journal of Plankton Research*, Oxford, 27(3): 271-277.
- GRAÇA LOPES, R.; TUTUI, S.L.S.; SEVERINO RODRIGUES, E. & PUZZI, A. 2002 Fauna acompanhante da pesca camaroeira no litoral do Estado de São Paulo, Brasil. São Paulo. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 28(2): 173-188.
- GRASSI, R.T.B.; FRANÇA, L.F.; TANJI, S. 1976 *Experimentação do uso de potes para a captura de polvo no litoral paulista durante o ano de 1974/75*. São Paulo: Série de Informação Técnico-Científica, 1: 21-44.
- GULLAND, J.A. 1956 On the fishing effort in English demersal fisheries. *Fishery Investigations*, California, 20(2): 1-41.
- HAIMOVICI, M. e ANDRIGUETTO, J.M. 1986 Cefalópodes costeiros capturados na pesca de arrasto do litoral sul do Brasil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, 29(3): 473-495.
- HAIMOVICI, M. e PEREZ, J.A.A. 1991 Coastal cephalopod fauna of southern Brazil. *Bulletin of Marine Science*, Miami, 49(1-2): 221-230.
- HAIMOVICI, M; CERGOLE, M.C.; LESSA, R.P.; MADUREIRA, L.S.P.; JABLONSKI, S. & ROSSI-WONGSTCHOWSKI, C.L.D.B. 2006 Capítulo 2. Panorama Nacional. In: Programa REVIZEE. Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva. Relatório Executivo. Ministério do Meio Ambiente, 303p.
- HAIMOVICI, M. e ÁVILA-DA-SILVA, A.O. 2007 A comparison of methods for estimating relative abundances in bottom longline fishery survey. *Fisheries Research*. Amsterdam, 85(1-2): 226-231.
- HAZIN, F.H.V.; HAZIN, H.G.H.; TRAVASSOS, P.; CARVALHO, F.C. 2008 A comparison of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) CPUE series, for brazilian tuna longline fisheries, from 1978 to 2005, with and without target species as a factor in the GLM analysis. *Collective Volume of Scientific Papers – ICCAT*, Miami, 62(2): 404-416.
- HILBORN, R. e WALTERS, C.J. 1992 *Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty*. New York: Chapman & Hill, 570p.
- KLEMAS, V. 2012 Fisheries applications of remote sensing: An overview. *Fisheries Research*. Amsterdam, 2012/ 54p.
- MATHER, J.A. e O'DOR, R.K. 1991 Foraging strategies and predation risk shape the natural history of juvenile *Octopus vulgaris*. *Bulletin of Marine Science*, Miami, 49(1): 256-269.

- MANGOLD, K., 1983 *Octopus vulgaris*, In: BOYLE, P.R. (Ed.), *Cephalopod life cycles I: Species accounts*. Londres: Academic press. 335-364p.
- MAGNOLD, K. 1997 *Octopus vulgaris*: Review of the biology. In: LANG, M.A. and HOCHBERG, F.G. *Proceedings of the Workshop on The Fishery and Market Potential of Octopus in California*. Washington: Smithsonian Institution. 91-97p.
- MCCULLAGH, P. e NELDER, J.A. 1989 *Generalized Linear Models* (2<sup>a</sup> ed). Londres: Monographs on Statistics and Applied Probability. Londres: Chapman & Hall. 511p.
- MOURATO, B.L.; ANDRADE, H.A; AMORIM, A.F.; ARFELLI, C.A. 2007 Standardized catch rate of swordfish (*Xiphias gladius*) caught by Santos longliners off southern Brazil (1971-2005). *Collective Volume of Scientific Papers – ICCAT*, Miami, 60(6): 1943-1952.
- PAIVA, M.P. 2004 *Administração pesqueira no Brasil*. Rio de Janeiro: Editora Interciência. 177p.
- PASSARELLA, K.C. e HOPKINS, T.L. 1991 Species composition and food habits of the micronektonic cephalopods assemblage in the eastern gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*, Miami, 49(1-2): 638-659.
- POHL, C. e GENDEREN, J.L. VAN. 1998 Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications. *International Journal of Remote Sensing*, Queensway, 19(5): 823-854.
- POLANCO, J.; GANZEDO, U.; SÁENZ, J.; CABALLERO-ALFONSO, A.M.; CASTRO-HERNÁNDEZ, J.J. 2011 Wavelet analysis of correlation among Canary Island octopus captures per unit effort, sea-surface temperatures and North Atlantic Oscillation. *Fisheries Research*, Amsterdam, 107: 177-183.
- POSTUMA, F.A. e GASALLA, M.A. 2010 On the relationship between squid and the environment: artisanal jigging for *Loligo plei* at São Sebastião Island (24°S), southeastern Brazil. *ICES Journal of Marine Science*, Oxford, 67: 1353-1362.
- QUINN, T.J. e DERISO, R. 1999 *Quantitative fish dynamics*. New York: Oxford University Press. 542p.
- RATHJEN, W.F. e VOSS, G.L. 1987 The cephalopod fisheries: a review. In: Boyle, P.R. *Cephalopod life cycles II: Comparative reviews*. Londres: Academic Press. p. 253-275.
- RESGALLA JR, C.; ROCHA, C.; MONTÚ, M. 2001 The influence of Ekman transport on zooplankton biomass variability off southern Brazil. *Journal of Plankton Research*, Oxford, 23(6): 641-650.

- RODHOUSE, P.G. 2008 Large-scale range expansion and variability in ommastrephid squid populations: A review of environmental links. *CalCOFI Reports*, California, 49: 83-90.
- SILVEIRA, I.C.A.; SCHMIDT, A.C.K.; CAMPOS, E.J.D.; GODOI, S.S.; IKEDA, Y. 2000 A Corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. *Revista Brasileira de Oceanografia*, São Paulo, 48(2): 171-183.
- SOBRINO, I.; SILVA, L.; BELLIDO, M.J.; RAMOS, F. 2002 Rainfall, river discharges and sea temperature as factors affecting abundance of two coastal benthic cephalopod species in the gulf of Cádiz (SW Spain). *Bulletin of Marine Science*, Miami, 71(2): 851-865.
- STENSETH, N.C.; OTTERSEN, G.; HURRELL, J.W.; MYSTERUD, A.; LIMA, M.; CHAN, K.-S.; YOCCOZ, N.G.; ÅDLANDSVIK, B. 2003 Studying climate effects on ecology through the use of climate indices: the North Atlantic Oscillation, El Niño Southern Oscillation and beyond. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Science*, London, 270: 2087-2096.
- SUNDERMEYER, M.A.; ROTHSCHILD, B.J.; ROBINSON, A.R. 2005 Using commercial landings data to identify environmental correlates with distributions of fish stocks. *Fisheries Oceanography*, Malden, 14(1): 47-63.
- TOMÁS, A.R.G. 2002 *Dinâmica populacional e avaliação de estoques do polvo comum Octopus cf. vulgaris Cuvier, 1797 (Mollusca, Cephalopoda, Octopodidae) no sudeste-sul do Brasil*. Rio Claro. 482p. (Tese de Doutorado. Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho")
- TOMÁS, A.R.G. e PETRERE, M.J. 2005 *Octopus cf. vulgaris (Cuvier, 1797)*. In: CERGOLE, M.C.; ÁVILA-DA-SILVA, A.O.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. *Análise das principais pescarias comerciais do Sudeste-Sul do Brasil: Dinâmica Populacional das Espécies em Exploração*. São Paulo: Editora Evoluir. p.108-111.
- TOMÁS, A.R.G.; ÁVILA-DA-SILVA, A.O.; HAIMOVICI, M.; VIANNA, M.; PEREZ, J.A.A. 2006 Monitoramento da pesca de polvos com potes no sudeste e sul do Brasil. DOC 22 SCC CPG 04. Documento Interno. 12p.
- VARGAS-YÁÑEZ, M.; MOYA, F.; GARCÍA-MARTÍNEZ, M.; REY, J.; GONZÁLEZ, M.; ZUNINO, P. 2009 Relationships between *Octopus vulgaris* landings and environmental factors in the northern Alboran Sea (Southwestern Mediterranean). *Fisheries Research*, Amsterdam, 99: 159-167.
- VENABLES, W.N. e RIPLEY, B.D. 2002 *Modern applied statistic with S*. New York: Springer. 495p.

- VENABLES, W.N. e DICHMONT, C.M. 2004 GLMs, GAMs and GLMMs : an overview of theory for applications in fisheries research. *Fisheries Research*, Amsterdam, 70: 319-337.
- VILLANUEVA, R. 1994 Decapod crab zoea as food for rearing cephalopod paralarvae. *Aquaculture*, Amsterdam, 128: 143-152.
- WAINER, I. e TASCHETTO, A.S. 2006 Climatologia na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). Diagnóstico para períodos relativos aos levantamentos pesqueiros do programa REVIZEE. In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. e MADUREIRA, L.S.P. *O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. p.121-160.
- WALUDA, C.M.; RODHOUSE, P.G.; TRATHAN, P.N.; PIERCE, G.J. 2001 Remotely sensed mesoscale oceanography and the distribution of *Illex argentinus* in the South Atlantic. *Fisheries Oceanography*, Malden, 10(2): 207-216.
- XIAO, Y.; PUNT, A.; MILLAR, R.; QUINN II, T.J. 2004 Models in fisheries research: GLMs, GAMS and GLMMs. *Fisheries Research*, Amsterdam, 70(2-3): 137-139.

## **CAPÍTULO 1**

### **AVALIAÇÃO DA PESCA DO POLVO-COMUM *Octopus vulgaris* (Cuvier, 1797) NO ATLÂNTICO SUL OCIDENTAL.**

## RESUMO

A captura de polvo-comum (*Octopus vulgaris*, Cuvier, 1797) no sudeste do Brasil sofreu um aumento expressivo com a introdução do método de pesca com espinhel de potes no ano 2003. Após um curto período de desenvolvimento, esta pescaria atingiu um pico de CPUE e de produção descarregada em 2008. Após este ano, a diminuição do rendimento pesqueiro acarretou no decréscimo das capturas a níveis do início da pescaria. Neste trabalho são avaliados os efeitos da variação dos fatores ano, trimestre, profundidade e embarcação sobre a captura de polvo-comum por unidade de esforço (kg/mil potes) através do ajuste de modelos lineares generalizados. Esta avaliação teve como base os dados pesqueiros de 13 embarcações com descargas nos anos de 2003 a 2011 nos portos de Santos e Guarujá, os principais da região para a espécie. O ano foi o principal fator de variação seguido pela embarcação, trimestre e profundidade. Após a fase de implantação em 2003, a pescaria passou por quatro períodos distintos: estabilidade, incremento, decréscimo e volta ao padrão inicial. Os resultados sugerem que, para o nível de esforço atualmente empregado, as flutuações na CPUE estão relacionadas a variações naturais de abundância do estoque, provavelmente relacionadas à variações ambientais e de recrutamento. Considerando a magnitude anual desta variação sugere-se não haja incremento do esforço pesqueiro.

**Palavras-chave:** Captura por unidade de esforço, GLM, espinhel de potes, *Octopus vulgaris*, pesca de cefalópodes, sudeste do Brasil

## 1 INTRODUÇÃO

A variação da abundância das capturas de um recurso pesqueiro pode estar relacionada com variações no tamanho da população, com diferenças tecnológicas entre as embarcações ou frotas e ainda com características ambientais que influenciam a sobrevivência dos indivíduos nas diversas fases de seu desenvolvimento ontogenético (HILBORN e WALTERS, 1992; JENNINGS *et al.*, 2001; WALTERS e MARTELL, 2004). Para almejar um manejo adequado dos estoques pesqueiros é importante conhecer e quantificar os fatores que estão relacionados com as variações de cada recurso (HILBORN e WALTERS, 1992). Estudos que busquem identificar e avaliar os fatores que influenciam nas taxas de captura dos recursos pesqueiros são importantes para desenvolver, de forma planejada, a atividade pesqueira e manter sua produtividade ao longo dos anos.

A pesca mundial de cefalópodes teve um amplo desenvolvimento a partir da década de 1960 com embarcações japonesas (RATHJEN e VOSS, 1987) e a partir de então o polvo-comum (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797) passou a ser explorado em diferentes regiões do globo. No Atlântico as principais áreas de pesca estão localizadas no norte da África (BALGUERÍAS *et al.*, 2002), Espanha (OTERO *et al.*, 2005), Portugal (CARREIRA e GONÇALVES, 2008) e Brasil (PEREZ *et al.*, 2004; TOMÁS e ÁVILA-DA-SILVA, 2005; TOMÁS *et al.*, 2006; BOUTH *et al.*, 2011). No Atlântico sul ocidental o Brasil é o país com maior registro de descargas de polvo, uma vez que as capturas descarregadas no Uruguai e Argentina são incipientes e corresponde a outras espécies da família *Octopodidae* (FAO, 2010).

O polvo-comum, assim como a grande maioria dos cefalópodes, possui ciclo de vida curto, com aproximadamente um ano de vida (MANGOLD, 1983). No sudeste brasileiro esta espécie apresenta desova ao longo de todo o ano, com picos na primavera e outono (TOMÁS

e PETRERE, 2005). Atinge sua maturidade gonadal durante o primeiro ano de vida (entre 4 e 7 meses), com pouco mais de um quilograma e cerca de 110 mm de comprimento dorsal do manto (DML) (TOMÁS, 2002; TOMÁS e PETRERE, 2005). Após completar um período reprodutivo os indivíduos dessa espécie morrem (semelparidade) e o canibalismo é característico (MANGOLD, 1997).

A exploração desta espécie nas regiões sudeste-sul do Brasil era tradicionalmente realizada por embarcações que operavam com arrasto duplo de fundo (TOMÁS e ÁVILA-DA-SILVA, 2005). As capturas descarregadas desta espécie entre 1998 e 2002 contribuíam com cerca de 7,1% das descargas totais das embarcações arrasteiras (fonte: Instituto de Pesca), que tinham a espécie como fauna acompanhante dos camarões sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* e rosa *Farfantepenaeus paulensis* e *F. brasiliensis* (GRAÇA-LOPES *et al.*, 2002; GASALLA *et al.*, 2005). Na década de 1970 a pesca de polvo-comum com potes foi introduzida em caráter experimental no Estado de São Paulo (GRASSI *et al.*, 1976), porém apenas a partir de 2003 a pesca com potes foi efetivamente adotada pela frota comercial (ÁVILA-DA-SILVA *et al.*, 2006).

A pesca com potes é considerada mundialmente como a mais eficiente na captura de polvos, pois permite um grande direcionamento e fauna acompanhante reduzida (TOMÁS *et al.*, 2006). De acordo com estes autores o espinhel de potes é um petrecho de pesca passivo, não exige o uso de isca, preserva a qualidade do polvo capturado e possibilita uma exploração racional.

A primeira medida de ordenamento para pesca de polvo com potes foi publicada em 2005 e limitou a frota atuante nas regiões sudeste e sul do Brasil (18°20'S a 33°45'S) a 25 embarcações. A pesar da área ser extensa, as capturas se concentraram entre 23 e 27°S. A partir de 2008, uma revisão no ordenamento desta pescaria (Instrução Normativa SEAP n° 26

de 19 de dezembro de 2008) criou 18 licenças de operação para o sudeste do país ( $18^{\circ}21'S$  a  $23^{\circ}59'S$ ) e 10 o sul ( $23^{\circ}59'S$  a  $33^{\circ}45'S$ ). Apesar da regulamentação estabelecida foram observadas variações importantes nas capturas anuais do polvo-comum em sua principal área de pesca.

Considerando que a compreensão dos fatores que determinaram a forte variação anual das capturas é de interesse para tanto para a adequação das medidas de gestão adotadas quanto para o planejamento do setor produtivo, este trabalho teve como objetivo a avaliação da relação entre variáveis temporais, espaciais e operacionais e a variação da abundância relativa das capturas do polvo-comum no sudeste brasileiro.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo e Obtenção de Dados**

A área de estudo corresponde a Baía de Santos, limitada pelas latitudes  $23^{\circ} S$  e  $27^{\circ} S$ , desde a costa até a isóbata de 200 m, sobre a plataforma continental sudeste do Brasil (Figura 5), principal região de operação da frota comercial de pesca de polvo com potes.

As informações pesqueiras utilizadas foram oriundas de entrevistas estruturadas realizadas com pescadores pelo Instituto de Pesca de São Paulo, na ocasião da descarga de pescado nos portos de Santos e Guarujá, nos anos 2003 a 2011. O método de coleta das informações pesqueira foi censitário e as informações obtidas indicaram o período de realização da viagem, a área de operação, o petrecho utilizado, o esforço aplicado e a captura por espécie.

## 2.2 Análise dos dados

A caracterização da pescaria considerou as informações sobre a pesca de polvo com potes registradas entre 2003 e 2011. No entanto, as análises específicas sobre as variações das Capturas por Unidades de Esforço (CPUE em kg/1.000 potes despescados) foram realizadas sobre os dados de 1.276 viagens de 13 embarcações selecionadas por terem operado em todos os trimestres dos anos 2004 a 2011, entre 23° S e 27° S e em diferentes estratos de profundidades de até 150 m. Esta seleção objetivou a exclusão daquelas embarcações que não se engajaram efetivamente na pescaria e realizaram viagens esporádicas ou em apenas alguns períodos. Apesar de existirem valores respectivos ao ano 2003, estes não foram utilizados na avaliação das taxas de captura, pois a pesca ainda era incipiente, realizada em conjunto com outros petrechos e com diversos tipos de potes. Para fins de modelagem e padronização de esforço, foi considerada como embarcação de referência aquela com a maior cobertura temporal e número de viagens.

A abundância relativa da pescaria foi calculada pela relação entre a captura e o esforço de pesca de cada viagem pesqueira (CPUE), expressa em quilogramas por mil potes despescados. As variações de CPUE do polvo-comum por viagem foram analisadas através do ajuste de modelos lineares generalizados (MCCULLAGH e NELDER, 1989; QUINN e DERISO, 1999; VENABLES e RIPLEY, 2002). Em uma etapa inicial, aplicou-se a análise de deviência para a verificação da significância da diferença entre o poder de explicação do conjunto das características das embarcações (fator Embarcação) e de suas características físicas (fatores Comprimento, Potência do Motor e Arqueação Bruta).

Uma análise secundária buscou verificar a significância do fator Mestre sobre a variação da CPUE. Foram utilizadas 848 viagens de pesca, entre 2004 e 2011, que possuíam informações completas sobre as características físicas da embarcação, bem como o nome dos

seus respectivos mestres. Com esse conjunto de dados foram ajustados quatro modelos, sendo que o primeiro considerou, além dos fatores comuns aos outros modelos (Ano, Trimestre e Profundidade) o fator Embarcação. O segundo modelo utilizou o fator Mestre e no terceiro modelo foram utilizados os fatores Mestre, Arqueação Bruta e Potência do Motor e Comprimento da Embarcação e o último modelo considerou apenas as características físicas da embarcação.

Posteriormente, explorou-se a relação entre a variação da CPUE e as variáveis Ano (oito estratos, de 2004 a 2011), Trimestre (1, 2, 3, 4), Embarcação e Profundidade (três estratos, de 0 a 50,50 a 100 e 100 a 150 m). Foram ajustados modelos sem interação e com interação de primeira ordem. Por apresentar uma distribuição assimétrica, a variação da CPUE por viagem foi melhor descrita pela distribuição gama com função de ligação logarítmica. O modelo selecionado foi escolhido através do método *stepwise*, onde os fatores e suas interações são adicionados ou removidos de acordo com o critério de informação de Akaike - AIC (VENABLES e RIPLEY, 2002). A avaliação da variação da CPUE sem o efeito da diferença do poder de pesca das embarcações foi efetuada pelo cálculo da CPUE sobre os valores de esforço pesqueiro padronizados para a variável explicativa Embarcação (QUINN e DERISO, 1999).

Uma análise adicional visou à verificação da significância da variação do esforço pesqueiro e da CPUE especificamente entre o quarto trimestre de 2006 e o primeiro de 2010, quando foi observado o período de acentuado aumento e o subsequente decréscimo da CPUE. Esta foi efetuada com a análise de variância (ANOVA) com o teste à posteriori de Tukey (CRAWLEY, 2005).

As análises foram realizadas pelo programa computacional R (R Development Core Team, 2010).

### 3 RESULTADOS

Devido à grande eficiência do espinhel de potes para a captura de polvos, houve um aumento considerável do número de embarcações que passaram a utilizar este petrecho e, conseqüentemente, das capturas descarregadas desta espécie. O número de embarcações passou, de 8 em 2003 para 41 em 2004 e o número de viagens registradas por ano variou de 49 em 2003 a 315 em 2005. O ano 2005 também foi o de maior esforço pesqueiro. Entre 2004, quando a pescaria já se encontrava estabelecida, e 2011 foram descarregados nos portos de São Paulo 5.535,8 t de polvo-comum, sendo 6,6% oriundos da pesca com arrasto duplo de fundo, 92,5% da pesca com potes para polvo e 0,9% com outros aparelhos.

Para o conjunto de dados das 1.276 viagens das 13 embarcações selecionadas para análise, a CPUE por trimestre variou de 36 a 142 kg/1.000 potes despescados, sem um padrão sazonal definido (Figura 6). Estas viagens representaram 70,3% do total de viagens da frota de potes registradas em São Paulo e 79,0% de sua produção descarregada. Valores trimestrais de CPUE acima de 114 kg/1.000 potes despescados foram calculados apenas no ano 2008. Após este período a CPUE seguiu uma tendência de queda até voltar aos níveis iniciais entre 2004 e meados de 2007, entre 39 e 103 kg/1.000 potes despescados. O esforço pesqueiro se manteve entre 1,6 e 2,9 milhões de potes despescados por trimestre do terceiro trimestre de 2004 ao quarto trimestre de 2005 e do quarto trimestre de 2006 ao primeiro trimestre de 2010, com o valor máximo no quarto trimestre de 2007. Os valores de captura desembarcada variaram entre 56 e 166 t por trimestre entre 2004 e o segundo semestre de 2007. A partir deste ponto até o terceiro trimestre de 2009 passaram a variar de 166 a 299 t por trimestre. As descargas nos últimos nove trimestres da série analisada voltaram a variar no intervalo do primeiro período, porém com forte tendência de queda. A variação de captura do conjunto de

dados selecionados apresentou uma alta correlação linear com a captura total da frota de potes ( $r=0,94$ ).

As embarcações selecionadas tiveram comprimentos totais entre 15,6 e 22,8 m com média em 19,5 m e erro padrão de 0,06, potência do motor de 153 a 365 HP ( $269,3\pm 1,7$ ) e arqueação bruta de 21 a 92 t ( $54,9\pm 0,6$ ).

A CPUE das viagens pesqueiras selecionadas variou de 7 a 600 kg/1.000 potes despescados, sendo mais comuns valores entre 50 e 100 kg/1.000 potes despescados (Figura 7). O modelo que descreveu a variação da CPUE em função do fator Embarcação obteve uma deviança residual significativamente menor, portanto um maior poder de explicação, do que o obtido pelo modelo que relacionou a CPUE com os fatores Comprimento, Potência do Motor e Arqueação Bruta ( $p= 4,271\times 10^{-15}$ ), evidenciando a importância de outras características físicas, tecnológicas ou operacionais que não foram mensuradas, tais como a agilidade na despesca.

De acordo com os modelos ajustados para analisar a influência do fator Mestre sobre a variação da CPUE pode-se observar que no modelo que considerou o fator Ano, Embarcação, Trimestre e Profundidade explicou 44,8% da variação dos dados, sendo que o fator Embarcação explicou 14,1% do total. No modelo que utilizou o fator Mestre ao invés da Embarcação pode-se observar que a variação explicada aumentou para 48,0% e o fator Mestre conseguiu explicar 29,7% do total (Tabela 1). O terceiro modelo incluiu, além do fator Mestre, as características físicas da embarcação e atingiu um percentual de explicação igual 50%, sendo que o fator Mestre continuou explicando 29,7% da variação total. O quarto modelo considerou apenas as características físicas das embarcações e foi aquele que atingiu a menor porcentagem de explicação (37,2%) e o Ano foi o fator mais importante deste modelo, contribuindo com 28,7% de explicação.

No entanto, para avaliar a variação da CPUE optou-se por utilizar o maior número de dados possível e com isso o fator Mestre foi excluído desta análise. O modelo sem interações ajustado para descrever as flutuações da CPUE em função do conjunto de variáveis consideradas foi:

$$\mu_{CPUE} = e^{(\alpha + \beta_a + \varphi_e + \chi_t + \delta_p)}$$

onde  $\mu_{CPUE}$  é a CPUE de polvo-comum esperada para uma viagem que ocorreu no ano  $a$ , com a embarcação  $e$ , no trimestre  $t$  e na classe de profundidade  $p$ . O coeficiente  $\alpha$  indica o logaritmo natural da CPUE esperada para os desembarques realizados no ano de 2004, no primeiro trimestre, na classe de profundidade de zero a 50 m, com a embarcação referência.  $\beta$ ,  $\varphi$ ,  $\chi$  e  $\delta$  são os coeficientes do modelo ajustados para as variáveis ano, embarcação, trimestre e profundidade.

A Tabela 2 apresenta a análise de deviança para o modelo sem interações e a significância de cada um dos fatores. Este obteve um pseudo- $R^2$  de 0,427. O fator Ano explicou 32,9% da variação total da CPUE e o fator Embarcação 8,9%. Os fatores Trimestre e Classe de Profundidade explicaram em conjunto 0,96% da variação. A Figura 8 apresenta o gráfico diagnóstico quantil-quantil (Q-Q *plot*) dos resíduos do modelo versus os quantis da distribuição normal.

Os coeficientes deste modelo indicaram que, embora altamente significativa, a variação da CPUE ao longo dos anos não foi sistemática. Nos anos 2005 e 2006 foi obtida uma tendência de queda na CPUE, enquanto que entre 2007, 2008 e 2009 foram registradas CPUEs maiores que a do primeiro ano de análise. A CPUE de 2010 não foi significativamente diferente da de 2004 ( $p= 0,397$ ) enquanto que a de 2011 foi melhor ( $p= 0,008$ ). Das 13 embarcações analisadas, 5 apresentaram valores de CPUE significativamente menores da

embarcação referência ( $8,8 \times 10^{-6} > p > 3,6 \times 10^{-13}$ ), os demais tiveram valores de CPUE semelhantes que esta ( $0,04 > p > 0,94$ ).

A variação sazonal indicou uma tendência de serem observadas maiores CPUEs no segundo trimestre de cada ano ( $p=0,0229$ ). A análise do fator Profundidade mostrou que a faixa batimétrica entre 50 e 100 m, apontada como área de pesca de 87,5% das viagens, apresenta um rendimento pesqueiro ligeiramente menor ( $p=0,08$ ). As outras duas classes de profundidade apresentaram taxas de captura semelhantes, não sendo observadas diferenças significativas entre elas ( $p=0,81$ ).

O modelo ajustado com interações de primeira ordem obteve um pseudo- $R^2$  de 0,624, excluiu o fator Classe de Profundidade e indicou como significativas as interações entre os fatores Ano e Embarcação e entre Ano e Trimestre (Tabela 3). A Figura 9 representa o diagnóstico dos resíduos da deviança através de um Q-Q *plot*. A Figura 10 apresenta as variações das CPUEs de polvo-comum por ano e trimestre observadas, estimadas pelo modelo com interações e padronizadas sem o efeito do fator Embarcação. Observa-se o bom ajuste do modelo aos dados de CPUE.

No período entre o quarto trimestre de 2006 e o primeiro de 2010 constatou-se haver uma variação significativa no esforço pesqueiro empregado por trimestre (ANOVA,  $p=0,0012$ ). No entanto, esta se deu unicamente devido à comparação dos valores de esforço das viagens do quarto trimestre de 2008 com as do primeiro e do quarto trimestre de 2007 (Teste de Tukey,  $p=0,02$  e  $p=1,19 \times 10^{-4}$ , respectivamente). As diferenças entre os demais pares de trimestres não foram significativas (Teste de Tukey,  $p \geq 0,05$ ).

A variação da CPUE no mesmo período foi altamente significativa (ANOVA,  $p < 2,2 \times 10^{-16}$ ), apresentando quatro períodos distintos. A CPUE das viagens do quarto trimestre de 2006 e o primeiro de 2007 foram muito semelhantes (Teste de Tukey,  $p=1$ ) e

apresentaram as menores CPUEs. As taxas de captura obtidas nas viagens realizadas entre o segundo e o quarto trimestre de 2007 e do quarto trimestre de 2009 ao primeiro de 2010 tiveram valores intermediários e semelhantes (Teste de Tukey,  $p \geq 0,97$ ). As viagens do primeiro trimestre de 2008 ao terceiro de 2009 apresentaram valores altos de CPUE e próximos entre si (Teste de Tukey,  $p \geq 0,81$ ), à exceção do segundo trimestre de 2008 quando foram computadas CPUEs extremamente elevadas e distintas de todas as dos demais trimestres (Teste de Tukey,  $p \leq 4 \times 10^{-5}$ ).

#### **4 DISCUSSÃO**

As análises realizadas representaram adequadamente a dinâmica da pesca de polvo com potes na região sudeste do Brasil, uma vez que a maioria das licenças desta pescaria é de embarcações baseadas no Estado de São Paulo e os portos pesqueiros de Santos e Guarujá receberam 41,6% do total descarregado da espécie nesta região entre 2004 e 2011.

A pescaria do polvo-comum apresentou quatro fases distintas. Uma inicial, de desenvolvimento, que ocorreu em 2003, com a introdução e o domínio da arte de pesca. A segunda fase (início de 2004 ao início de 2007) foi caracterizada pela estabilização da CPUE. Na terceira fase, entre os segundos trimestres de 2007 e de 2008, houve um aumento acentuado da CPUE e da produção descarregada, e na quarta e última fase a CPUE caiu gradativamente aos níveis da segunda fase. Estes ciclos, característicos de intervalos essencialmente anuais, fez com que o fator Ano fosse o fator de maior significância.

No período entre o final do quarto trimestre de 2006 e o primeiro de 2010, quando foi observado o aumento e o subsequente decréscimo da CPUE, constatou-se que de forma geral não houve variação significativa do esforço pesqueiro empregado por trimestre, mas houve

uma variação importante na CPUE. Considerando que neste período não foi observada nenhuma mudança operacional da frota pesqueira, pode-se sugerir que o aumento de rendimento pesqueiro foi dado devido a um aumento na densidade do polvo-comum na área de atuação da frota pesqueira. Este acréscimo pode estar relacionado a um aumento no tamanho da população, em decorrência de um bom recrutamento ou a experiência do mestre em dispor o espinhel de potes. Em ambos os casos a maior densidade foi, possivelmente, em resposta a variações ambientais.

Alguns autores têm relatado que variações ambientais, principalmente aquelas relacionadas às fases iniciais do ciclo de vida do polvo-comum, interferem no crescimento, no sucesso reprodutivo, no recrutamento e conseqüentemente nas capturas desta espécie (GONZÁLEZ *et al.*, 2005; VARGAS-YÁÑEZ *et al.*, 2009; CABALLERO-ALFONSO *et al.*, 2010).

Variações de CPUE do polvo-comum decorrentes de fatores ambientais também foram observadas por outros autores. HERNÁNDEZ-GARCÍA *et al.* (2002) observou que as maiores CPUEs ao longo da costa das Ilhas Canárias, Espanha, ocorriam associadas a temperaturas relativamente mais baixas, coincidindo com os períodos de primavera. Corroborando esta observação, CARVALHO e SOUSA REIS (2003) estudando a maturação e a fertilidade do polvo-comum na costa portuguesa observaram que as fêmeas maduras ocorriam em maiores porcentagens no final do inverno e início da primavera, quando a temperatura da água na região diminuía para 12°C e 14°C. ANDRÉ *et al.* (2010) sugere que a diferença nas capturas dos cefalópodes associados com o aquecimento dos oceanos ocorra em função do menor tempo de incubação dos ovos, afetando a sobrevivência dos juvenis desta espécie. Segundo CABALLERO-ALFONSO *et al.* (2010) a maior temperatura da água prejudica diretamente a sobrevivência das paralarvas de polvo-comum, a idade do

povoamento bentônico dos juvenis e o pico de reprodução da espécie e conseqüentemente o seu recrutamento. De acordo com TOMÁS (2002) a abundância do polvo-comum no sudeste-sul brasileiro está intimamente relacionada com processos hidrodinâmicos locais que favorecem a produção primária, sendo eles a ressurgência de Cabo Frio (23°S / 42°W), as correntes costeiras que atuam no sudeste e sul do Brasil, ou ainda eventos ENOS (El Niño-Oscilação Sul).

O fator Embarcação foi o segundo em importância para explicar a variação da CPUE. Este apresentou uma maior relação com a variação da CPUE do que o conjunto de informações sobre suas características físicas (Comprimento, Potência do Motor e Arqueação Bruta). Este resultado destaca que diferenças operacionais ou tecnológicas entre as embarcações têm relevância para o sucesso das capturas. Estas podem estar relacionadas à experiência do mestre, uma vez que foi observado que estes respondem por aproximadamente 30% da variação das capturas. Segundo BUNCE *et al.* (2000) o conhecimento dos pescadores sobre os pesqueiros que exploram e suas características ambientais é uma componente importante na dinâmica das pescarias e deve ser considerada no manejo da atividade.

A faixa batimétrica de operação apresentou alguma significância no modelo sem interações e, no modelo com interações, foi excluída. A área preferencial de operação da frota de pesca de polvo com potes, de 50 a 100 m, tendeu a apresentar a taxas de captura ligeiramente menores. No entanto, capturas em áreas mais costeiras podem acarretar conflitos com pescarias artesanais. KOLLING *et al.* (2008) descreveram a intensa ocupação destas áreas pelas pescarias de arrasto para o camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* e de emalhe-de-fundo para captura de peixes demersais. A área entre 50 e 100 m também é utilizada pela pesca e arrasto do camarão-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* e *F. paulensis* e conflitos entre as frotas que capturam os camarões e aquelas que visam o polvo têm sido

reportadas pelos pescadores. A área além da isóbata de 100 m, embora possa apresentar rendimentos satisfatórios, está fora do esperado para as maiores concentrações do polvo-comum por ser mais distante da costa e dificultar a operacionalização neste local (WHITAKER *et al.*, 1991; TSANGRIDIS *et al.*, 2002; OTERO *et al.*, 2005).

A variação intra-anual da CPUE do polvo-comum não seguiu o mesmo padrão nos diferentes anos, o que resultou em uma alta significância da interação entre Ano e Trimestre. Embora o segundo trimestre tenha apresentado uma tendência de serem obtidas melhores CPUEs, houve uma grande flutuação entre os anos. Considerando que o polvo-comum tem estratégia oportunista com desova ao longo de todo ano na área em estudo (TOMÁS e PETRERE, 2005) pode-se supor que variações ambientais tenham propiciado variações importantes no recrutamento e, conseqüentemente, na quantidade de indivíduos vulneráveis à pesca. No entanto, esta hipótese ainda deverá ser avaliada em futuros trabalhos. Outros estudos têm apontado que variações na temperatura da água do mar interferem na postura de ovos e no desenvolvimento de embriões de polvo (MANGOLD, 1997; SOBRINO *et al.*, 2002; VARGAS-YÁÑEZ *et al.*, 2009; CABALLERO-ALFONSO *et al.*, 2010).

A interação entre o Ano e a Embarcação indicou que o poder de pesca dos barcos selecionados não foi homogêneo ao longo dos anos. Esta variação pode estar relacionada à mudanças de tripulação e dos locais de colocação dos espinhéis de potes utilizados pelas embarcações, que representa uma contínua busca dos pescadores por melhores pesqueiros.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que a variação do rendimento das capturas do polvo-comum no sudeste do Brasil, entre 2004 e 2011, ocorreu principalmente em função de variações anuais na densidade do recurso na área de pesca. Em seu período de maior amplitude, entre o final de 2006 e o início de 2010, não houve uma variação de esforço que pudesse ser considerada efetivamente significativa, mas a CPUE

variou acentuadamente. A distinta capacidade dos mestres das embarcações também foi um fator importante para a determinação das taxas de captura. Fatores operacionais e tecnológicos devem ser considerados em conjunto com as características físicas destas.

O atual nível de esforço pesqueiro sobre o polvo-comum no sudeste-sul do Brasil parece não estar afetando o recrutamento da espécie de forma significativa. No entanto, considerando que a variabilidade anual de recrutamento desta espécie é potencialmente alta e dependente de condicionantes ambientais (SOBRINO *et al.*, 2002; VARGAS-YÁÑEZ *et al.*, 2009; CABALLERO-ALFONSO *et al.*, 2010), recomenda-se a manutenção deste patamar de esforço.

## 5 REFERÊNCIAS

- ANDRÉ, J.; HADDON, M.; PECL, G.T. 2010 Modelling climate-change-induced nonlinear thresholds in cephalopod population dynamics. *Global Change Biology*, 16: 2866-2875.
- ÁVILA-DA-SILVA, A.O.; CARNEIRO, M.H.; BASTOS, G.C.C.; MENDONÇA, J.T.; SERVO, G.J.; BATISTA, P. de A. 2006 Produção pesqueira marinha do Estado de São Paulo no ano 2005. *Série de Relatórios Técnicos*, 20: 259-266.
- BALGUERÍAS, E.; HERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, C.; PERALES-RAYA, C. 2002 On the identity of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1799 stocks in the Saharan bank (Northwest Africa) and their spatio-temporal variations in abundance in relation to some environmental factors. *Bulletin of Marine Science*, 71(1): 147-163.
- BOUTH, H.F.; LEITE, T.S.; LIMA, F.D.; OLIVEIRA, J.E.L. 2011 Atol das Rocas: as Oasis for *Octopus insularis* juveniles (Cephalopoda: Octopodidae). *Zoologia*, 28(1): 45-52.
- BUNCE, L.; TOWNSLEY, P.; POMEROY, R.; POLLANAC, R. 2000 Socioeconomic manual for coral reef management. Institute of Marine Science, Australia. 264p.
- CABALLERO-ALFONSO, A. M.; GANZEDO, U.; TRUJILLO-SANTANA, A.; POLANCO, J.; SANTANA DEL PINO, A.; IBARRA-BERASTEGI, G.; CASTRO-HERNÁNDEZ, J.J. 2010 The role of climatic variability on the short-term fluctuations of octopus captures at the Canary Islands. *Fisheries Research*, 102: 258-265.
- CARREIRA G.P. e GONÇALVES, J.M. 2008 Catching *Octopus vulgaris* with traps in the Azores: first trials employing the Japanese baited pots in the Atlantic. *Marine Biodiversity Records*, 2: 1-4.
- CARVALHO, J.M.N. e SOUSA REIS, C. 2003 Contributions to knowledge on the maturation and fertility of the common octopus *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 on the Portuguese coast. *Boletín Instituto Español de Oceanografía*, 19: 473-481.

- CRAWLEY, M.J. 2005 Statistics: An introduction using R. John Wiley & Sons Inc., Estados Unidos. 342p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). 2010 The State of the World's Fisheries and Aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- GASALLA, M.A.; POSTUMA, F.A.; TOMÁS, A.R.G. 2005 Captura de lulas (Mollosca: Cephalopoda) pela pesca industrial desembarcada em Santos: comparação após 4 décadas. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 9(2): 5-8.
- GONZÁLEZ, A.F.; OTERO, J.; GUERRA, A.; PREGO, R.; ROCHA, F.J.; DALE, A.W. 2005 Distribution of common octopus and common squid paralarvae in a Wind-driven upwelling area (Ria of Vigo, northwestern Spain). *Journal of Plankton Research*. 27(3), 271-277.
- GRAÇA-LOPES, R.; TOMÁS, A.R.G.; TUTUI, S.L.S.; SEVERINO-RODRIGUES, E.; PUZZI, A. 2002 Fauna acompanhante da pesca camaroeira no litoral do Estado de São Paulo, Brasil. São Paulo. *Boletim do Instituto de Pesca*, 28(2): 173-188.
- GRASSI, R.T.B.; FRANÇA, L.F.; TANJI, S. 1976 Experimentação do uso de potes para a captura de polvo no litoral paulista durante o ano de 1974/75. *Série de Informação Técnico-Científica*, 1: 21-44.
- HERNÁNDEZ-GARCÍA, V.; HERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.L.; CASTRO-HDEZ, J.J. 2002 On the reproduction of *Octopus vulgaris* off the coast of the Canary Island. *Fisheries Research*, 57: 197-203.
- HILBORN, R. e WALTERS, C.J. 1992 Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman & Hill, New York. 592p.
- JENNINGS, S.; KAISER, M.J.; REYNOLDS, J.D. 2001 Marine Fisheries Ecology. Wiley-Blackwell, London. 417p.

- 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: BRAGA, E. S. Oceanografia e Mudanças Globais. 1 ed. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, p.221-231.
- MANGOLD, K. 1983 *Octopus vulgaris*. In: BOYLE, P.R. Cephalopod life cycles I: Species accounts. Academic press, Londres, p.335-364.
- MANGOLD, K. 1997 *Octopus vulgaris*: Review of the biology. In: LANG, M.A. e HOCHBERG, F.G. Proceedings of the Workshop on The Fishery and Market Potential of Octopus in California. Smithsonian Institution, Washington, p.91-97.
- MCCULLAGH, P. e NELDER, J.A. 1989 Generalized Linear Models. 2<sup>a</sup> ed. Chapman & Hall, New York. 511p.
- OTERO, J.; ROCHA, F.; GONZÁLEZ, A.F.; GRACIA, J.; GUERRA, A. 2005 Modelling artisanal coastal fisheries of Galicia (NW Spain) based on data obtained from fishers: the case of *Octopus vulgaris*. Scientia Marina, 69(4): 577-585.
- PEREZ, J.A.A.; MARTINS, R.S.; SANTOS, R.A. 2004 Cefalópodes capturados pela pesca comercial de talude no sudeste e sul do Brasil. Notas Técnicas da Facimar, 8: 65-74.
- QUINN, T.J. e DERISO, R.B. 1999 Quantitative fish dynamics. Oxford University Press, Nova Iorque. 542p.
- RATHJEN, W.F. e VOSS, G.L. 1987 The cephalopod fisheries: a review. In: BOYLE, P.R. Cephalopod life cycles: Volume II, Comparative reviews. Academic Press, Londres. p.253-275.
- R Development Core Team. 2010 R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

- SOBRINO, I.; SILVA, L.; BELLIDO, M.J. e RAMOS, F. 2002 Rainfall, river discharges and sea temperature as factors affecting abundance of two coastal benthic cephalopod species in the gulf of Cádiz (SW Spain). *Bulletin of Marine Science*, 71(2): 851-865.
- TOMÁS, A.R.G. 2002 Dinâmica populacional e avaliação de estoques do polvo comum *Octopus cf. vulgaris* Cuvier, 1797 (Mollusca, Cephalopoda, Octopodidae) no sudeste e sul do Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 482p.
- TOMÁS, A.R.G. e ÁVILA-DA-SILVA, A.O.A. 2005 A pesca de polvo (*Octopus vulgaris*) nas regiões sudeste e sul do Brasil: histórico, tecnologia, operações de pesca, produção e processamento. Centro APTA Pescado Marinho Instituto de Pesca. Documento Interno. p.17.
- TOMÁS, A.R.G. e PETRERE, M.J. 2005 *Octopus cf. vulgaris* (Cuvier, 1797). In: CERGOLE, M.C.; ÁVILA-DA-SILVA, A.O.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. Análise das principais pescarias comerciais do Sudeste-Sul do Brasil: Dinâmica Populacional das Espécies em Exploração. Editora Evoluir, São Paulo. p.108-111.
- TOMÁS, A.R.G.; ÁVILA-DA-SILVA, A.O.A.; HAIMOVICI, M.; VIANNA, M.; PEREZ, J.A.A. 2006 Monitoramento da pesca de polvos com potes no sudeste e sul do Brasil. DOC 22 SCC CPG 04. Documento Interno. p.12.
- TSANGRIDIS, A.; SÁNCHEZ, P.; IOANNIDOU, D. 2002 Exploitation patterns of *Octopus vulgaris* in two Mediterranean areas. *Scientia Marina*, 66(1): 59-68.
- VARGAS-YÁÑEZ, M.; MOYA, F.; GARCÍA-MARTÍNEZ, M.; REY, J.; GONZÁLEZ, M.; ZUNINO, P. 2009 Relationships between *Octopus vulgaris* landings and environmental factors in the northern Alboran Sea (Southwestern Mediterranean). *Fisheries Research*. 99: 159-167.
- VENABLES, W.N. e RIPLEY, B.D. 2002 Modern applied statistic with S. Springer, New York. 495p.

WALTERS, C.J. e MARTELL, S.J.D. 2004 Fisheries Ecology and Management. Princeton University Press, New Jersey. 399p.

WHITAKER, J.D.; DELANCEY, L.B.; JENKINS, J.E. 1991 Aspects of the biology and fishery potential for *Octopus vulgaris* off the coast of South Carolina. Bulletin of Marine Science, 49(1-2): 482-493.

## TABELAS E FIGURAS

**Tabela 1:** Análise da deviência do modelo linear generalizado, baseado na distribuição gama com função de ligação logarítmica, ajustado aos dados de CPUE das operações de pesca de polvo-comum com potes onde o nome do mestre da embarcação foi avaliado.

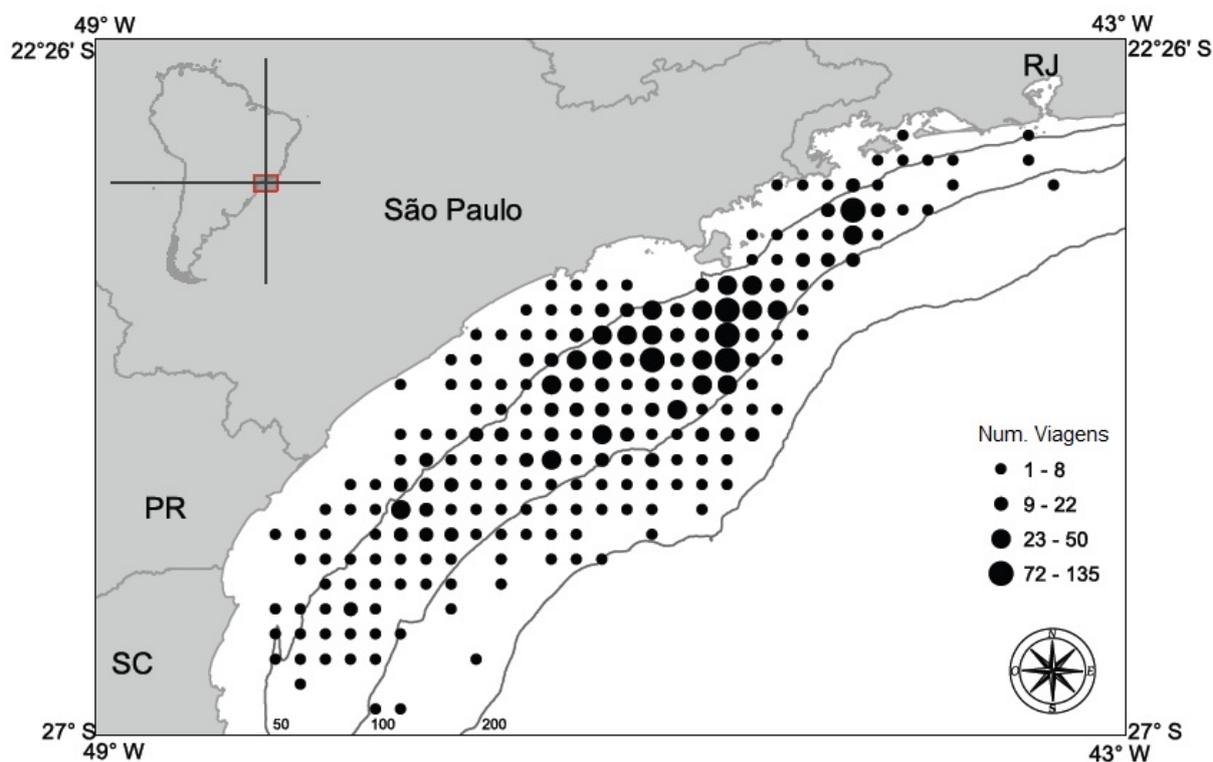
	G.L.	Deviância	G.L. Res.	Deviância Residual	Porcentagem Acumulada Explicação	F	P (F)
Nulo			828	496,17			
Mestre	19	147,50	809	348,67	29,73%	21,68	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Ano	7	81,81	802	266,86	46,22%	32,64	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Embarcação	12	18,12	790	248,74	49,87%	4,22	$1,82 \times 10^{-6}$
Trimestre	3	7,86	787	240,88	51,45%	7,32	$7,64 \times 10^{-5}$
Profundidade	2	0,72	785	240,15	51,60%	1,01	0,3647

**Tabela 2:** Análise da deviência do modelo linear generalizado, baseado na distribuição gama, ajustado aos dados de CPUE das operações de pesca de polvo-comum.

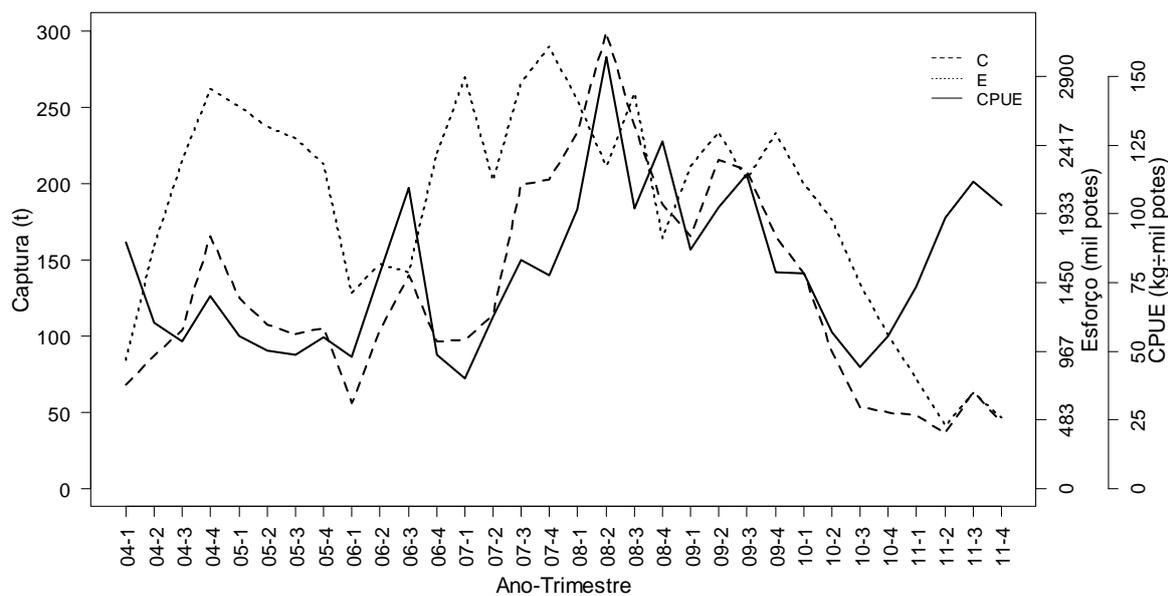
	G.L.	Deviância	G.L. Res.	Deviância Residual	Porcentagem Acumulada Explicação	F	P (F)
Nulo			1275	725,44			
Ano	7	238,65	1268	486,79	32,90%	89,48	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Embarcação	12	64,38	1256	422,41	41,77%	14,08	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Trimestre	3	5,06	1253	417,36	42,47%	4,42	0,00421
Profundidade	2	1,91	1251	415,45	42,73%	2,51	0,08205

**Tabela 3:** Análise da deviãoça do modelo linear generalizado com interações, baseado na distribuição gama com função de ligação logarítmica, ajustado aos dados de CPUE das operações de pesca de polvo-comum com potes.

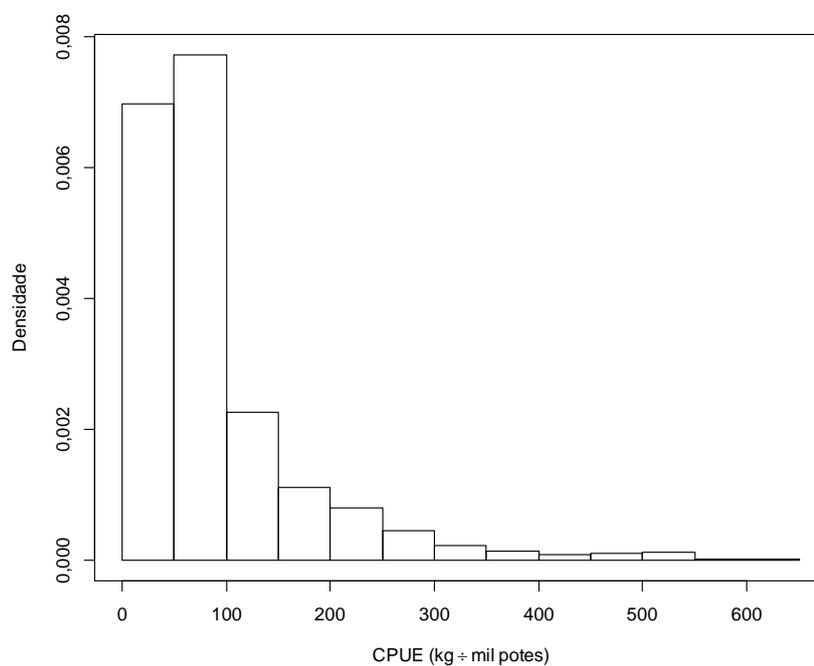
	G.L.	Deviância	G.L. Res.	Deviância Residual	Porcentagem Acumulada Explicação	F	P (F)
Nulo			1275	725,44			
Ano	7	238,65	1268	486,79	32,90%	135,63	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Embarcação	12	64,38	1256	422,41	41,77%	21,34	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Trimestre	3	5,06	1253	417,36	42,47%	6,71	$1,74 \times 10^{-4}$
Ano:Embarcação	77	84,36	1176	332,99	54,10%	4,36	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Ano:Trimestre	21	60,21	1155	272,78	62,40%	11,41	$< 2,2 \times 10^{-16}$



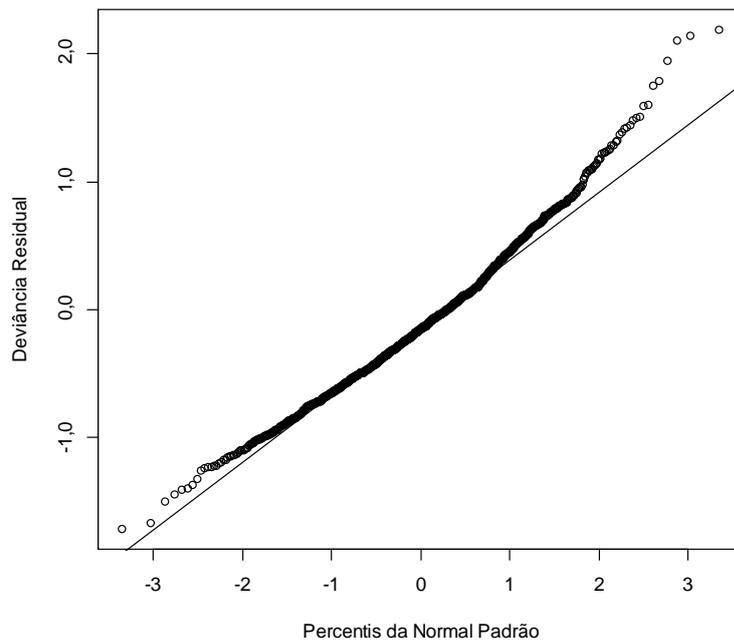
**Figura 5:** Distribuição espacial das viagens realizadas pela frota de pesca de polvo-comum com potes, entre 2003 e 2011, ao longo da costa do Estado de São Paulo e adjacências, Brasil. O tamanho do círculo representa o número de viagens que reportaram operações na área.



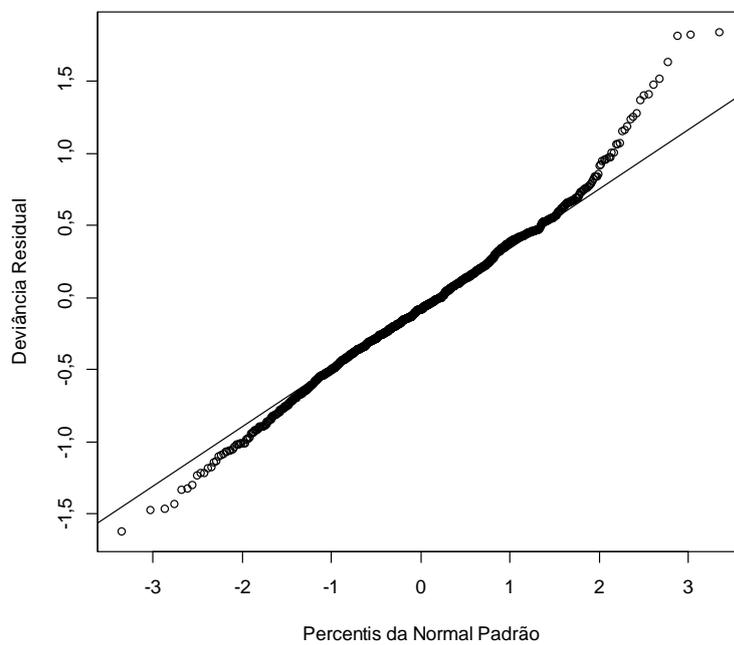
**Figura 6:** Variação trimestral da captura de polvo-comum (t), do esforço (mil potes despescados) e da CPUE (kg÷mil potes) das embarcações selecionadas da frota de pesca de polvo-comum com potes, entre os anos de 2004 e 2011.



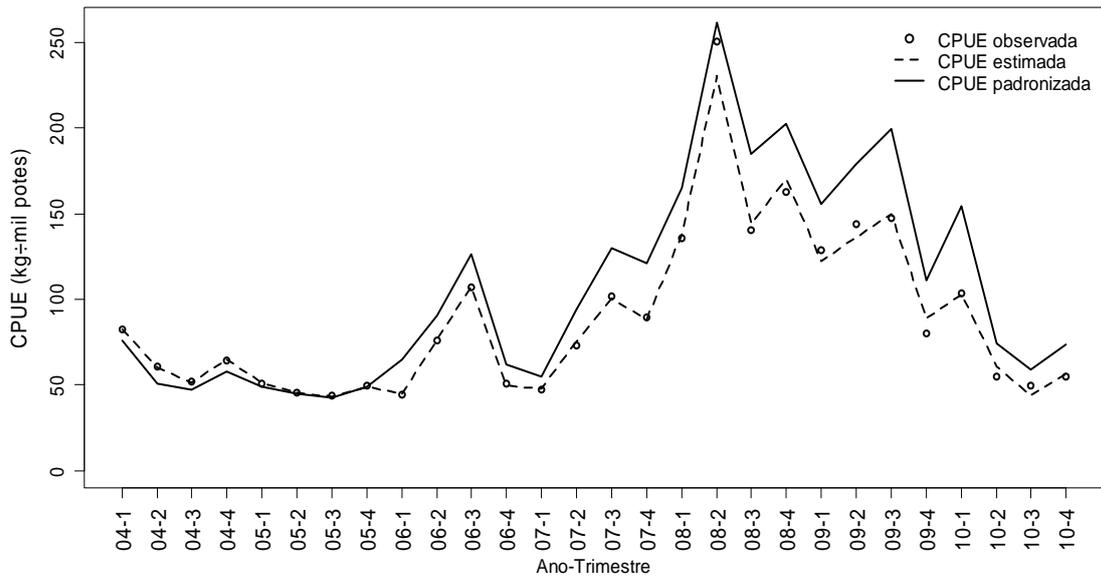
**Figura 7:** Distribuição de frequência da CPUE (kg ÷ mil potes) por viagem das embarcações selecionadas da frota de pesca de polvo-comum com potes.



**Figura 8:** Gráfico normal de probabilidade do resíduo componente do modelo, sem interações, da variação da CPUE (kg ÷ mil potes) de polvo-comum.



**Figura 9:** Gráfico normal de probabilidade do resíduo componente do modelo, com interações, da variação da CPUE (kg ÷ mil potes) de polvo-comum com potes.



**Figura 10:** CPUE (kg ÷ mil potes) trimestral de polvo-comum entre as latitudes 23°S e 27°S e os anos de 2004 a 2011 (círculos), a CPUE estimada pelo modelo linear generalizado (linha tracejada) e a CPUE padronizada (linha).

## **CAPÍTULO 2**

**INFLUÊNCIA DE VARIAÇÕES AMBIENTAIS NA ABUNDÂNCIA RELATIVA DE  
POLVO-COMUM (*Octopus vulgaris*, Cuvier, 1797) AO LARGO DA COSTA DO  
ESTADO DE SÃO PAULO.**

## RESUMO

Uma vez que a variação na abundância dos estoques pesqueiros está relacionada com fatores ambientais locais, a inclusão destes nos modelos de avaliação tornam-se imprescindíveis para as estimativas de biomassa. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a auto-correlação entre a captura por unidade de esforço do polvo-comum, bem como a correlação-cruzada entre a CPUE e a temperatura de superfície, concentração de clorofila na superfície e estresse do vento nas camadas superiores do mar. Foram utilizados os dados de captura e esforço de 13 unidades produtivas que operaram entre as isóbatas de 25 m e 100 m, ao largo da costa do Estado de São Paulo. A série de CPUE não apresentou auto-correlação significativa, indicando não haver um padrão cíclico nas capturas. As correlações observadas entre a CPUE e a temperatura de superfície, a concentração de clorofila e a estresse do vento foram significativas. A CPUE apresentou correlações diretas e inversas, com dez meses de defasagem, com a concentração de clorofila e com a temperatura, respectivamente. A correlação da CPUE com o estresse de vento foi inversa e com quatro meses de defasagem. Estes fatores variam de acordo com os processos oceanográficos que ocorrem na região de estudo e podem ter grande variação interanual. Portanto, a influência dos fatores ambientais estudados deve ser considerada no dimensionamento do esforço de pesqueiro direcionado ao polvo-comum.

**Palavras-chave:** captura por unidade de esforço, séries temporais, sudeste do Brasil, processos oceanográficos, *Octopus vulgaris*.

## 1 INTRODUÇÃO

A variação nas capturas do polvo-comum, *Octopus vulgaris* (Cuvier, 1797), no sudeste brasileiro sofre variações anuais não associadas exclusivamente ao padrão operacional da frota pesqueira, nem seguem um padrão sazonal (ASSUNÇÃO *et al.*, 2011). Segundo CHÉDIA *et al.* (2010) uma vez que a abundância de um recurso pesqueiro está ligada a variações ambientais, a não inclusão destes nos modelos de produção os torna equivocados dificultando, assim, as ações de manejo adequadas.

O polvo-comum corre em águas tropicais, subtropicais e temperadas associados a fundos rochosos, de areia e lama (MANGOLD, 1983; MANGOLD, 1997; TOMÁS, 2002) e é capturado por diferentes nações. No Atlântico esta espécie ocorre em todo o sudeste do Brasil (HAIMOVICI e ANDRIGUETTO, 1986; HAIMOVICI e PEREZ, 1991; TOMÁS, 2002; PEREZ *et al.*, 2004). O início da exploração do polvo-comum no Brasil era feito através da frota de arrasto de fundo (TOMÁS e ÁVILA-DA-SILVA, 2005), que tem a espécie como fauna acompanhante do camarão (GRAÇA-LOPES *et al.*, 2002; GASALLA *et al.*, 2005). Contudo, a partir de 2003 a pesca com potes foi adotada pela frota comercial objetivando apenas a captura desta espécie (ÁVILA-DA-SILVA *et al.*, 2006). Com a absorção desta técnica pela frota “polveira” as descargas aumentaram consideravelmente até meados de 2008 (ASSUNÇÃO *et al.*, 2011).

Alguns autores têm relacionado o padrão de distribuição, as capturas e as variações de abundância de diferentes espécies marinhas com padrões ambientais, obtidos através de imagens de satélite e sensores oceanográficos (BELLIDO *et al.*, 2001; WALUDA *et al.*, 2001; SUNDERMEYER *et al.*, 2005; DAWE *et al.*, 2007). Segundo WALUDA *et al.* (2001) a tecnologia baseada no sensoriamento remoto tem se tornado uma importante ferramenta na aquisição de dados ambientais. Esta técnica facilita a visualização de dados biológicos em

conjunto com variáveis ambientais em tempo real e ao longo de uma série histórica, bem como auxilia no desenvolvimento de estratégias de manejo para a pesca (POHL E GENDEREN, 1998; WALUDA *et al.*, 2001; KLEMAS, 2012).

No caso do polvo-comum diversos trabalhos foram realizados buscando-se associar as variações no ambiente com as capturas. SOBRINO *et al.* (2002) observaram que as maiores abundâncias do polvo-comum estão altamente relacionadas com o período chuvoso no Golfo de Cádiz na Espanha. GONZÁLEZ *et al.* (2005), estudando uma área de ressurgência em Vigo (Espanha) puderam observar que o sucesso no recrutamento de *O. vulgaris* está relacionado com as áreas de retenção na costa, com a produção primária local e com a turbulência gerada pelo vento. No entanto, estudos mais recentes buscam correlacionar a abundância do polvo com a temperatura de superfície do mar, com o índice NAO (North Atlantic Oscillation) e algumas outras variáveis ambientais (VARGAS-YÁÑEZ *et al.*, 2009; CABALLERO-ALFONSO *et al.*, 2010; CHÉDIA *et al.*, 2010; POLANCO *et al.*, 2011).

A espécie *O. vulgaris*, assim como a grande maioria dos cefalópodes, possui ciclo de vida curto, com aproximadamente um ano de vida (MANGOLD, 1983). No sudeste brasileiro esta espécie apresenta desova ao longo de todo o ano, com picos não muito pronunciados na primavera e outono (TOMÁS, 2002; TOMÁS e PETRERE, 2005). Atinge sua maturação sexual no primeiro ano de vida, com pouco mais de um quilograma e cerca de 110 mm de comprimento dorsal do manto (DML) (TOMÁS, 2002; TOMÁS e PETRERE, 2005). Seu ciclo de vida é interrompido após completar um período reprodutivo (semelparidade) e o canibalismo é uma característica desta espécie (MANGOLD, 1997).

Como a sobrevivência do polvo-comum esta intimamente relacionada com a efetiva dispersão de suas paralarvas e com o sucesso na alimentação destes pequenos indivíduos, a disponibilidade de alimento é extremamente importante para a manutenção dos juvenis desta

espécie. Quando se encontra do estágio de paralarva, *O. vulgaris* habita regiões próximas a superfície, é carnívoro e um predador ativo do plâncton, se alimentando de presas neutônicas tais como exemplares da ordem Euphausiacea, crustáceos, outros cefalópodes, indivíduos do filo Chaetognatha e copépodos (PASSARELLA e HOPKINS, 1991; VILLANUEVA, 1994; FIORITO e GHERARDI, 1999). Assim que assentam no fundo e se tornam bentônicos, alimentam-se principalmente de crustáceos, moluscos e peixes (MANGOLD, 1983; MATHER e O'DOR, 1991; EZZEDDINE e EL ABED, 2004; TOMÁS, 2002).

De acordo com as características de ciclo de vida curto do polvo-comum e a íntima relação com o plâncton quando jovem, o estudo dos fatores que afetam a sua captura e a influência de variáveis ambientais sobre a abundância desta espécie são importantes para um manejo adequado deste recurso (HILBORN e WALTERS, 1992, TOMÁS, 2002). Em função destas características e por responder rapidamente as mudanças do ambiente, a concentração de clorofila local, bem como a temperatura da água, são variáveis importantes que devem ser considerados na análise de abundância desta espécie (MANGOLD, 1983; MANGOLD, 1997; SOBRINO *et al.*, 2002; GONZÁLEZ *et al.*, 2005; VARGAS-YÁÑEZ *et al.*, 2009; CABALLERO-ALFONSO *et al.*, 2010; POLANCO *et al.*, 2011).

De acordo com RATHJEN e VOSS (1987) fatores ambientais, tais como a temperatura da água, interferem nas capturas das diferentes espécies de cefalópodes, alterando o seu padrão de distribuição, as taxas de crescimento, maturação e desova. Segundo RODHOUSE (2008) as explicações para a elevada variabilidade no comportamento das diferentes espécies de lulas incluem efeitos diretos das variáveis ambientais, variações na disponibilidade de presas principalmente daquelas utilizadas nos primeiros estágios da vida, bem como das variações nos padrões de exploração pela pesca e predação por outras espécies.

POSTUMA e GASALLA (2010) observaram que a maior produtividade da pesca de lula no litoral norte do Estado de São Paulo esta associada a águas mais quentes, com ventos mais fracos e águas mais transparentes. Para o *O. vulgaris* foi observado que os processos de retenção costeira associados a regiões de ressurgência se tornaram fatores chaves para o sucesso no recrutamento desta espécie. Isso se deve ao fato de que a mistura das camadas de água enriquece a região, favorece a produção primária e conseqüentemente a secundária e facilita a alimentação dos jovens e das larvas desta espécie (DEMARCO e FAURE, 2000; FAURE *et al.*, 2000).

Uma forma de se analisar essa influência seria através das análises de correlação, que têm se mostrando uma boa ferramenta para associar as variações nas capturas de uma espécie com as diferentes variáveis do ambiente. SOBRINO *et al.* (2002) utilizaram esta mesma técnica para descrever a correlação existente entre a abundância do polvo-comum e as taxas de precipitação no Golfo de Cádiz. Esta técnica de análise também foi utilizada por CABALLERO-ALFONSO *et al.* (2010) que, em um estudo nas Ilhas Canárias, encontraram uma correlação negativa entre a captura do polvo-comum e a temperatura de superfície do mar, e uma correlação positiva da captura desta espécie com o índice NAO.

Em função do que foi apresentado, este trabalho busca avaliar a relação existente entre a abundância relativa do polvo-comum no sudeste brasileiro com as variáveis ambientais que possuem estreita relação com o seu desenvolvimento e conseqüentemente, o seu recrutamento a pesca.

## 2 MÉTODOS E DADOS

### 2.1 *Área estudo*

A área de estudo do presente trabalho compreende locais de concentração de esforço pesqueiro direcionado ao polvo-comum na plataforma continental sudeste do Brasil, adjacente ao Estado de São Paulo (SP), de 23°30'S a 26°10'S e entre 25 e 100 m de profundidade (Figura 11).

### 2.2 *Variáveis pesqueiras*

Os dados de captura, esforço e CPUE utilizados neste trabalho foram obtidos através de entrevistas estruturadas realizadas pelo Instituto de Pesca durante as descargas de pescado nos portos de Santos e Guarujá (SP). Foram selecionadas as viagens realizadas pela frota que realiza capturas do polvo-comum com espinhel de potes e que reportaram operações na área de estudo entre os anos 2004 e 2011.

O esforço pesqueiro, em kg/1.000 potes despescados, das viagens que capturaram polvo-comum com espinhel de potes foi padronizado pelo ajuste de modelos lineares generalizados de forma a remover o efeito referente à embarcação e à interação entre o ano e a embarcação e posteriormente utilizado na estimativa dos índices de abundância relativa mensais. Por apresentar uma distribuição assimétrica, a CPUE foi melhor descrita pela distribuição gama com função de ligação logarítmica. O modelo selecionado foi escolhido através do método *stepwise*, onde os fatores e suas interações são adicionados ou removidos de acordo com o critério de informação de Akaike - AIC (QUINN e DERISO, 1999; VENABLES e RIPLEY, 2002).

Para a padronização do esforço foi utilizados um conjunto com 764 viagens de pesca. As variáveis categóricas consideradas foram Ano (2004 a 2011), Mês e Embarcação (13 barcos). Foram ajustados modelos sem e com interação. O modelo final utilizado na padronização foi:

$$\mu_{CPUE} = e^{(\alpha + \beta_a + \chi_e + \delta_m + \varepsilon_{a,m} + \phi_{a,e})}$$

onde  $\mu_{CPUE}$  é a CPUE de polvo-comum esperada para uma viagem que ocorreu no ano  $a$ , com a embarcação  $e$ , no mês  $m$ . As interações observadas foram entre o ano e o mês ( $\varepsilon_{a,m}$ ) e entre o ano e a embarcação ( $\phi_{a,e}$ ). O coeficiente  $\alpha$  indica o logaritmo natural da CPUE esperada para os desembarques realizados no ano de 2004, no primeiro mês, com a embarcação referência.  $\beta$ ,  $\chi$ ,  $\delta$ ,  $\varepsilon$  e  $\phi$  são os coeficientes do modelo ajustados para as variáveis ano, embarcação, mês e para as interações ano:mês e ano:embarcação.

### 2.3 Variáveis ambientais

As variáveis utilizadas foram:

1. Temperatura de superfície do mar (TSM, em °C), obtidas da base da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), com o sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), através do satélite AQUA, com resolução espacial de 4 km, medidas durante o dia, para o período de janeiro de 2004 até maio de 2011 (<http://poet.jpl.nasa.gov/>).

2. Concentração de clorofila na superfície do mar (CSM, em mg/m<sup>3</sup>), estimada da base da NASA, com o sensor MODIS, através do satélite AQUA, com resolução espacial de 4 km, durante janeiro de 2004 e dezembro de 2011 (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/I3>). O programa SeaDAS (<http://seadas.gsfc.nasa.gov/>) foi utilizado para a extração dos dados referentes à área de interesse.

3. Magnitude do estresse do vento à superfície do mar ( $V$  em  $N/m^2$ ), obtidos do NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) – *Multi-Satellite Blended Sea Winds*, pelo sistema NOMADS (*National Operational Model Archive and Distribution Systems*), com resolução espacial de  $0,25^\circ$ , entre janeiro de 2004 e outubro de 2009 (<http://nomads.ncdc.noaa.gov/las/get/ui.do>).

Os valores máximos, médios e mínimos mensais foram calculados para a área de estudo pelo programa computacional gvSIG ([www.gvsig.org](http://www.gvsig.org)).

#### **2.4 Análise**

A análise de auto-correlação mede a associação entre uma determinada série e ela mesma no tempo inicial ( $t_0$ ) e com uma defasagem de tempo ( $t+k$ ) (ZUUR *et al.*, 2007). Esta técnica pode ser utilizada, também, para determinar padrões cíclicos em séries temporais (LIGAS *et al.*, 2011). No presente trabalho a auto-correlação foi utilizada para determinar a existência de padrões sazonais na série de CPUE do polvo-comum.

A correlação-cruzada, por sua vez, mede o grau de associação linear entre duas séries distintas com uma defasagem de tempo ( $t+k$ ) (ZUUR *et al.*, 2007). Em função disto, esta técnica foi empregada para medir a associação entre a série de CPUE e cada uma das variáveis ambientais, bem como para avaliar os efeitos de cada variável sobre a CPUE e a defasagem de tempo com que cada efeito ocorre.

A auto-correlação e a correlação-cruzada são medidas através do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ), calculado com base no grau de associação entre as variáveis (ZAR, 2010; ZUUR *et al.*, 2007). As análises foram realizadas utilizando o pacote do software Brodgard 2.6.6 (<http://www.brodgard.com>).

### 3 RESULTADOS

A série de captura por unidade de esforço (CPUE) padronizada apresentou uma variação semelhante ao longo dos anos com exceção nos anos 2007, 2008 e 2009 quando a CPUE manteve-se em níveis maiores que nos outros anos. As maiores abundâncias ocorreram em junho de 2008 e agosto de 2009 (Figura 12).

As séries temporais das variáveis ambientais apresentaram uma grande variação. As médias mensais de temperatura apresentaram um padrão cíclico ao longo dos anos com os maiores valores ocorrendo nos períodos de verão e os menores durante o inverno. Os valores médios obtidos para a concentração de clorofila na superfície do mar foram maiores durante os meses de inverno, com um pico acentuado em agosto de 2007, e menores entre o fim da primavera e início do verão. A magnitude do estresse do vento à superfície do mar apresentou elevada variação sazonal com maiores intensidade durante o inverno e menores no verão (Figura 13).

A auto-correlação da série de CPUE não apresentou um padrão cíclico, que pode ser identificado por elevadas correlações no tempo  $t_0$ , baixas correlações no tempo  $t + 6$  e altas correlações no tempo  $t + 12$ . No entanto pode-se observar que após 24 meses, aproximadamente, a correlação entre as séries de CPUE voltou a ser significativa, porém inversa (Figura 14).

A análise de correlação-cruzada mostrou que as maiores correlações entre a série de CPUE e as variáveis ambientais foram aquelas que ocorreram entre as médias mensais mínimas de cada variável, sendo os valores de 0,48, -0,27 e -0,41 as correlações da série com a CSM mínima, a TSM mínima e o  $V$  mínimo, respectivamente (Tabela 3).

Entre as variáveis ambientais que apresentaram as melhores correlações com a série de CPUE pode-se observar que as correlações entre a CSM mínima e a TSM mínima foi de -0,50 e entre a CSM mínima e o  $V$  mínimo foi -0,41. A relação entre a TSM mínima e o  $V$  mínimo foi de 0,50 (Tabela 4).

A defasagem de tempo observada entre a série de CPUE e cada uma das variáveis ambientais se apresentou de forma similar. Foi observado que a concentração de clorofila na superfície do mar (CSM) influencia significativa e diretamente a CPUE ( $r=0,48$ , Tabela 3) com uma diferença de 10 meses (Tabela 5, Figura 15). O mesmo intervalo de tempo foi observado entre a temperatura de superfície do mar (TSM) e a CPUE (Tabela 5, Figura 16), todavia esta diferença foi inversa ( $r=-0,27$ , Tabela 3). O estresse do vento a superfície do mar ( $V$ ) apresentou uma correlação significativa, porém inversa ( $r=-0,41$ , Tabela 3), com uma defasagem de 4 meses (Tabela 5, Figura 17).

#### **4 DISCUSSÃO**

A série de captura por unidade de esforço (CPUE) padronizada do polvo-comum não apresentou um padrão de variação sazonal ao longo do período de estudo. Segundo ASSUNÇÃO *et al.* (2011) o rendimento pesqueiro do polvo-comum na região sudeste do Brasil, entre 2004 e 2011, sofreu variações anuais específicas. Alterações na abundância das espécies marinhas podem estar relacionadas com características do ciclo de vida e com mudanças ambientais locais que influenciam esses indivíduos (CABALLERO-ALFONSO *et al.*, 2010). As variações relacionadas ao ciclo de vida podem ser exemplificadas pelo maior número de adultos próximos à costa nos períodos de desova. Porém nenhum destes eventos pode ser analisado separadamente porque alterações no ambiente podem alterar os períodos

de desova bem como todo o ciclo de vida das espécies (CAVERIVIÈRE *et al.*, 1999; TOMÁS, 2002; GONZÁLEZ *et al.*, 2005).

A região sudeste do Brasil, compreendida entre a foz do Rio Doce no Estado do Espírito Santo e o Cabo de Santa Marta em Santa Catarina, é dominada pela Corrente do Brasil, que flui para o sul e é formada pelo empilhamento de diferentes massas de água. No entanto, a região de estudo fica restrita a Plataforma Continental Sudeste (CPSE) onde ocorre a mistura da Água Tropical (AT), da Água Costeira (AC) e da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), sendo que esta última se encontra mais próxima da quebra da plataforma (MATSUURA, 1986; BRANDINI, 1990; VAZZOLER *et al.*, 1999; SILVEIRA *et al.*, 2000; CASTRO *et al.*, 2006).

Segundo o padrão apresentado para a área do presente estudo, a temperatura de superfície e a tensão de cisalhamento do vento acompanharam o que foi descrito na literatura, com maiores valores de temperatura no verão e com ventos mais intensos no inverno (MATSUURA, 1986; VAZZOLER *et al.*, 1999; SILVEIRA *et al.*, 2000; CASTRO *et al.*, 2006; GAETA e BRANDINI, 2006). A concentração de clorofila na superfície do mar observada neste estudo foi similar ao padrão local previamente descrito por AIDAR *et al.* (1993). Segundo este mesmo autor a concentração de clorofila na superfície do mar é maior nos meses de inverno e menor nos meses de verão. Padrão este inverso ao apresentado por GAETA e BRANDINI (2006) onde, sobre influência da ressurgência de Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta (SC), ocorrem maiores concentrações de clorofila no final da primavera e início do verão e menores concentrações durante o inverno.

No entanto as maiores concentrações de clorofila na região da plataforma interna do sudeste do Brasil estão relacionadas com as camadas subsuperficiais do oceano, uma vez que nesta camada a luz incidente excessiva não se torna um fator limitante para o fitoplâncton

(AIDAR *et al.*, 1993). Segundo AIDAR *et al.* (1993) a região da plataforma continental sudeste próximo a Ubatuba, SP, pode ser enriquecida por ressuspensão de nutrientes através de ressacas, pela intrusão da Água Costeira do Atlântico Sul (ACAS), pela ocorrência de vórtices ou ainda por fenômenos meteorológicos locais.

Essas variações nas características do ambiente são extremamente importantes para animais com ciclo de vida curto que dependem de elevada produção secundária para que as paralarvas possam se desenvolver e com isso promover um bom recrutamento para a espécie. Medidas desses parâmetros na superfície do mar são indicadores de um padrão ao longo da coluna de água tidos como índices oceanográficos de alterações ambientais locais (SILVEIRA *et al.*, 2000). Modificações nesses padrões podem influenciar a disponibilidade de alimento para essas fases iniciais retardando o crescimento e alterando o tamanho com que os indivíduos deveriam recrutar (MANGOLD, 1983; CAVERIVIÈRE *et al.*, 1999; SOBRINO *et al.*, 2002; VARGAS-YÁÑEZ *et al.*, 2009; ANDRÉ, 2010; CABALLERO-ALFONSO *et al.*, 2010; CHÉDIA *et al.*, 2010; POLANCO *et al.*, 2011).

Variações intra-anuais nas séries de CPUE do polvo-comum foram observadas na região do arquipélago das Canárias (Espanha) onde é possível identificar dois picos reprodutivos bem definidos (CABALLERO-ALFONSO *et al.*, 2010). Dois picos de recrutamento para esta espécie foram encontrados por SOBRINO *et al.* (2011) na região do Golfo de Cádiz (Espanha), que promovem um aumento das capturas nos meses de maio-junho e outubro-novembro. No presente trabalho não foi possível observar variações cíclicas na CPUE do polvo-comum. Isso se deve ao fato de esta espécie não apresentar um pico pronunciado de desova ao longo do ano e conseqüentemente não possuir um pico de recrutamento (TOMÁS, 2002; TOMÁS e PETRERE, 2005; TOMÁS *et al.*, 2006).

Sem um período reprodutivo e um recrutamento bem definido não é possível observar um padrão cíclico na CPUE uma vez que o *input* de novos indivíduos ocorre ao longo de todo o ano. Sendo o polvo-comum uma espécie de ciclo de vida curto, cerca de um ano (MANGOLD, 1983; TOMÁS e PETRERE, 2005) esse processo se repete ao longo dos anos sem períodos determinados. Desta forma é difícil identificar coortes uma vez que estas são sucessivas (TOMÁS, 2002).

Uma vez que fatores ambientais relacionados à produtividade do ambiente passam a influenciar a abundância das fases iniciais do ciclo de vida dos recursos sua quantificação e introdução em modelos de avaliação de biomassa torna-se extremamente importante (CHÉDIA *et al.*, 2010). Uma das variáveis relacionadas com a produção no ambiente marinho é a concentração de clorofila na superfície do mar. No presente estudo a concentração de clorofila apresentou uma correlação direta e significativa com a captura por unidade de esforço do polvo-comum e a influência foi observada com uma defasagem de tempo de 10 meses. Essa associação entre a abundância do polvo-comum e a concentração de clorofila na área de estudo é favorecida pela intrusão da ACAS que, associada à passagem de frentes pela região, promove o seu afloramento em subsuperfície e aumenta a produtividade primária nesta região (BRANDINI, 1990; AIDAR *et al.*, 1993; SILVEIRA *et al.*, 2000; GAETA e BRANDINI, 2006).

Em outros estudos que buscaram avaliar a correlação entre a abundância do polvo-comum e fatores ambientais, a concentração de clorofila não foi diretamente avaliada. A correlação encontrada foi entre a CPUE e as áreas onde ocorrem ressurgências associadas a processos de retenção costeira. Esse fenômeno favorece a produção primária e indica um aumento na concentração de clorofila nessas regiões. A retenção da produção primária favorecida pelas áreas de ressurgência associadas a ventos locais se tornam processos

importantes que promovem a mistura das camadas de água. Esta homogeneidade resultante facilita o encontro das paralarvas desta espécie com o alimento garantindo a sobrevivência dos juvenis e, conseqüentemente, um bom recrutamento (FAURE *et al.*, 2000; GONZÁLEZ *et al.*, 2005).

A correlação inversa entre a série de CPUE e de temperatura na área de estudo foi similar ao que já foi descrito na literatura. SOBRINO *et al.* (2002) concluíram que baixas temperaturas na superfície do mar durante a primavera favoreciam as capturas na próxima temporada de pesca. Estes mesmo autores dizem que as variações na temperatura podem afetar as populações de presas e predadores e como consequência comprometer a sobrevivência das paralarvas. Variações na abundância do polvo-comum relacionadas com alterações na temperatura também foram observadas no arquipélago das Canárias (CABALLERO-ALFONSO *et al.*, 2010). Segundo esses autores as mudanças na temperatura afetam diretamente a sobrevivência das paralarvas, as taxas de crescimento, o início da fase bentônica, alteram o período reprodutivo e conseqüentemente o recrutamento. Esse mesmo padrão observado anteriormente nas Ilhas Canárias foi encontrado por POLANCO *et al.* (2011).

No presente estudo foi observado que a relação entre a série de CPUE e a série de temperatura superficial do mar apresentou correlação inversa e com uma defasagem de tempo de 10 meses. Ou seja, temperaturas mínimas observadas no inverno favorecem a CPUE no final do verão e outono. As temperaturas mínimas observadas no inverno coincidem com a penetração de águas frias vindas do sul que podem atingir até a região ao largo do Canal de São Sebastião, SP. Essas águas frias tendem a atingir a superfície do mar através das frentes que ocorrem com maior intensidade no inverno sobre a isóbata de 100 metros. Esses sistemas frontais, regiões associadas a intensas alterações de temperatura, nebulosidade e precipitação

que promovem mudanças no clima (FEDOROVA e CARVALHO, 2000), são favorecidos pelos ventos de leste-nordeste que são predominantes ao longo da área de estudo e que no inverno são confinados a região entre 20°S e 25°S (CASTRO *et al.*, 2006; WAINER e TASCETTO, 2006).

Sendo assim, as frentes que atingem a plataforma continental interna adjacente ao Estado de São Paulo promovem a intrusão de águas frias nas camadas superficiais do mar, favorecendo o crescimento e a disponibilidade de alimento para as paralarvas. Esse processo beneficia a população de polvo-comum que ocorre na área, fazendo com que estes indivíduos cresçam, encontrem condições ótimas para se reproduzirem e para que sua prole cresça e consiga recrutar a pesca cerca de 10 meses após a esse evento (TOMÁS, 2002).

Um padrão semelhante foi observado, na área de estudo, para a correlação entre série de CPUE e a tensão de cisalhamento do vento, onde existe uma correlação significativa e inversa com uma defasagem de tempo de quatro meses. GONZÁLEZ *et al.* (2005), estudando uma região no noroeste da Espanha, observaram que ventos intensos favorecem a ocorrência ressurgência, porém quando estes eventos se tornam extremamente intensos acabam se tornando desfavoráveis. Isso ocorre porque aumentam a turbulência na água e dificultam a alimentação das paralarvas já que as mesmas não conseguem encontrar o alimento (GONZÁLEZ *et al.*, 2005).

Analisando a variação da abundância do polvo-comum em relação ao índice NAO (North Atlantic Oscillation) nas Ilhas Canárias, POLANCO *et al.* (2011) puderam concluir que a influência deste índice está relacionado com outros fatores que contribuem com este evento, sendo eles altura das ondas, circulação das massas de água causada pelo vento e a circulação atmosférica local. Quando estes eventos de circulação influenciados pelo vento ocorrem de forma intensa tornam-se prejudiciais aos juvenis do polvo-comum uma vez que afastam as

áreas de ressurgência da costa (CHÉDIA *et al.*, 2010). No entanto o índice NAO influencia apenas as regiões do Atlântico Norte, já o índice ENSO (El Niño Southern Oscillation) representa a variabilidade climática ao longo de todo o mundo (TRENBERTH e STEPANIAK, 2001; STENSETH *et al.*, 2003).

Segundo o GOLDEM GATE WEATHER SERVICE (2012) a sequência de eventos El Niño/ La Niña, baseados no índice ONI (Oceanic Niño Index), mostrou que em 2006 ocorreu um El Niño fraco, seguido de uma La Niña, em 2007, com intensidade moderada, de um El Niño com intensidade moderada em 2009 e de uma forte La Niña em 2010. Durante os eventos de La Niña as ressurgências são mais frequentes e se estendem mais longitudinalmente desde a costa até o oceano (BELLO *et al.*, 2004).

Corroborando o que foi apresentado neste estudo, as baixas temperaturas observadas no inverno e intensificadas em anos de La Niña favoreceram a produtividade local e o desenvolvimento dos juvenis de *O. vulgaris* que serão capturados durante o final do verão e o outono do ano seguinte. Este processo é influenciado pela penetração de águas mais frias na região de estudo causada pela passagem de frentes que atingem a plataforma continental interna ao largo da costa do Estado de São Paulo e promove intrusão dessa água nas camadas subsuperficiais do oceano local.

## **5 REFERÊNCIAS**

AIDAR, E.; GAETA, S.A.; GIANESSELLA-GALVÃO, S.M.F.; KUTNER, M.B.B.; TEIXEIRA, C. 1993 Ecosistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-*a* e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba, SP. Publicação Especial do Instituto Oceanográfico de São Paulo, 10: 9-43.

- ANDRÉ, J.; HADDON, M.; PECL, G.T. 2010 Modelling climate-change-induced nonlinear thresholds in cephalopod populations dynamics. *Global Change Biology*, 16: 2866-2875.
- ASSUNÇÃO, R.; ÁVILA-DA-SILVA, A.O.; TOMÁS, A.R.G. 2011 Estado de exploração pesqueira do polvo-comum (*Octopus vulgaris*) ao largo da costa do Estado de São Paulo e adjacências. In: V Simpósio Brasileiro de Oceanografia – SOB 2011, Santos. Anais do V SOB, 2011.
- ÁVILA-DA-SILVA, A.O.; CARNEIRO, M.H.; BASTOS, G.C.C.; MENDONÇA, J.T.; SERVO, G.J.; BATISTA, P.A. 2006 Produção pesqueira marinha do Estado de São Paulo no ano 2005. *Série de Relatórios Técnicos*, 20: 259-266.
- BELLIDO, J.M.; PIERCE, G.J.; WANG, J. 2001 Modelling intra-annual variation in abundance of squid *Loligo forbesi* in Scottish waters using generalized additive models. *Fisheries Research*, 52: 23-39.
- BELLO, M.; BARBIERI, M.A.; SALINAS, S.; SOTO, L. 2004 Surgencia costera en la zona central de Chile, durante el ciclo El Niño-La Niña 1997-1999. In: AVARIA, S.; CARRASCO, J.; RUTLLANT, J. ; YÁÑEZ, E. El Niño-La Niña 1997-2000: Sus efectos em Chile. CONA, Valparaíso. p.77-94.
- BRANDINI, F.P. 1990 Produção primária e características fotossintéticas do fitoplâncton na região sueste do Brasil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 38(2): 147-159.
- CABALLERO-ALFONSO, A.M.; GANZEDO, U.; TRUJILLO-SANTANA, A.; POLANCO, J.; SANTANA DEL PINO, A.; IBARRA-BERASTEGI, G.; CASTRO-HERNÁNDEZ, J.J. 2010 The role climatic variability on the short-term fluctuations of octopus captures at the Canary Island. *Fisheries Research*, 102: 258-265.

- CASTRO, B.M.; LORENZZETTI, J.A.; SILVEIRA, I.C.A.; MIRANDA, L.B. 2006 Estrutura termohalina e circulação na região entre Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. e MADUREIRA, L.S.P. O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo. p.11-120.
- CAVERIVIÈRE, A.; DOMAIN, F.; DIALLO, A. 1999 Observations on the influence of temperature on the length of embryonic development in *Octopus vulgaris* (Senegal). Aquatic Living Resources, 12(2): 151-154.
- CHÉDIA, J.; WIDIEN, K.; AMINA, B. 2010 Role of sea surface temperature and rainfall in determining the stock and fishery of the common octopus (*Octopus vulgaris*, Mollusca, Cephalopoda) in Tunisia. Marine Ecology, 31: 431-438.
- DAWE, E.G.; HENDRICKSON, L.C.; COLBOURNE, E.B.; DRINKWATER, K.F.; SHOWELL, M.A. 2007 Ocean climate effects on the relative abundance of short-finned (*Illex illecebrosus*) and long-finned (*Loligo pealeii*) squid in the northwest Atlantic Ocean. Fisheries Oceanography, 16(4): 303-316.
- DEMARCO, H. e FAURE, V. 2000 Coastal upwelling and associated retention indices derived from satellite SST: Application to *Octopus vulgaris* recruitment. Oceanologia Acta, 23(4): 391-408.
- EZZEDDINE, S. e EL ABED, A. 2004 Potential biological and environmental influences on the *Octopus vulgaris* population of the Gulf of Gabès (south-eastern Tunisian coast). MedSudMed Technical Documents, 2: 42-49.

- FAURE, V.; INEJIH, C.A.; DEMARQ, H.; CURY, P. 2000 The importance of retention process in upwelling areas for recruitment of *Octopus vulgaris*: the example of the Arguin Bank (Mauritania). *Fisheries Oceanography*, 9(4): 343-355.
- FEDOROVA, N. e CARVALHO, M.H. 2000 Processos sinóticos em anos de La Niña e El Niño. Parte II: Zonas frontais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 15(2): 57-72.
- FIORITO, G. e GHERARDI, F. 1999 Prey-handling behaviour of *Octopus vulgaris* (Mollusca, Cephalopoda) on bivalves preys. *Behavioural Processes*, 46: 75-88.
- GAETA, S.A. e BRANDINI, F.P. 2006 Produção primária do fitoplâncton na região entre cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. e MADUREIRA, L.S.P. O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo. p.219-264.
- GASALLA, M.A.; POSTUMA, F.A.; TOMÁS, A.R.G. 2005 Captura de lulas (Mollusca: Cephalopoda) pela pesca industrial desembarcada em Santos: Comparação após 4 décadas. *Brazilian Journal of Aquatic Science*, 9(2): 5-8.
- GOLDEM GATE WEATHER SERVICES. ENSO Years based on Oceanic Niño Index (ONI). Disponível em <<http://ggweather.com/enso/oni.htm>> Acesso em 13 set. de 2012.
- GONZÁLEZ, A.F.; OTERO, J.; GUERRA, A.; PREGO, R.; ROCHA, F.J.; DALE, A.W. 2005 Distribution of common octopus and common squid paralarvae in a Wind-driven upwelling area (Ria of Vigo, northwestern Spain). *Journal of Plankton Research*, 27(3): 271-277.

- GRAÇA-LOPES, R.; TOMÁS, A.R.G.; TUTUI, S.L.S.; SEVERINO-RODRIGUES, E.; PUZZI, A. 2002 Fauna acompanhante da pesca camaroneira no litoral do Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 28(2): 173-188.
- HAIMOVICI, M. e ANDRIGUETTO, J.M. 1986 Cefalópodes costeiros capturados na pesca de arrasto do litoral sul do Brasil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 29(3): 473-495.
- HAIMOVICI, M. e PEREZ, J.A.A. 1991 Coastal cephalopod fauna of southern Brazil. *Bulletin of Marine Science*, 49(1-2): 221-230.
- HILBORN, R. e WALTERS, C.J. 1992 *Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty*. Chapman & Hill, New York, 570p.
- LIGAS, A.; SARTOR, P.; COLLOCA, F. 2011 Trends in population dynamics and fishery of *Parapenaeus longirostris* and *Nephrops norvegicus* in the Tyrrhenian Sea (NW Mediterranean): the relative importance of fishery and environmental variables. *Marine ecology and evolutionary perspective*, 32 (suppl. 1): 25-35.
- KLEMAS, V. 2012 Fisheries applications of remote sensing: An overview. *Fisheries Research*. 2012/ 54p.
- MANGOLD, K. 1983 *Octopus vulgaris*. In: Boyle, P.R. *Cephalopod life cycles I: Species Accounts*. Londres: Academic Press. p. 335-364.
- MANGOLD, K. 1997 *Octopus vulgaris*: Review of the biology. In: LANG, M.A.; HOCHBERG, F.G.; AMBROSE, R.A.; ENGLE, J.M. *Proceedings of the workshop on the fishery and market potential of Octopus vulgaris in California*. Washington: Smithsonian Institution. p.85-90.

- MATHER, J.A. e O'DOR, R.K. 1991 Foraging strategies and predation risk shape the natural history of juvenile *Octopus vulgaris*. *Bulletin of Marine Science*, 49(1): 256-269.
- MATSUURA, Y. 1986 Contribuição ao estudo da estrutura oceanográfica da região sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC). *Ciência e Cultura*, 38(8):1439-1450.
- PASSARELLA, K.C. e HOPKINS, T.L. 1991 Species composition and food habits of the micronecktonic cephalopod assemblage in the eastern gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 49(1-2): 638-659.
- PEREZ, J.A.A.; MARTINS, R.S.; SANTOS, R.A. 2004 Cefalópodes capturados pela pesca comercial de talude no sudeste e sul do Brasil. *Notas Técnicas da Facimar*, 8: 65-74.
- POHL, C. e GENDEREN, J.L. Van. 1998 Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications. *International Journal of Remote Sensing*, 19(5): 823-854.
- POLANCO, J.; GANZEDO, U.; SÁENZ, J.; CABALLERO-ALFONSO, A.M.; CASTRO-HERNÁNDEZ, J.J. 2011 Wavelet analysis of correlation among Canary Island octopus captures per unit effort, sea-surface temperatures and North Atlantic Oscillation. *Fisheries Research*, 107: 177-183.
- POSTUMA, F.A. e GASALLA, M.A. 2010 On the relationship between squid and the environment: artisanal jigging for *Loligo plei* at São Sebastião Island (24°S), southeastern Brazil. *ICES Journal of Marine Science*, 67: 1353-1362.
- QUINN, T.J. e DERISO, R. 1999 *Quantitative fish dynamics*. Oxford University Press. New York. 542p.

- RATHJEN, W.F. e VOSS, G.L. 1987 The cephalopod fisheries: a review. In: Boyle, P.R. *Cephalopod life cycles: Volume II, Comparative reviews*. Londres: Academic Press. p.253-275.
- RODHOUSE, P.G. 2008 Large-scale range expansion and variability in ommastrephid squid populations: A review of environmental links. *CalCOFI Reports*, 49: 83-90.
- SILVEIRA, I.C.A.; SCHMIDT, A.C.K.; CAMPOS, E.J.D.; GODOI, S.S.; IKEDA, Y. 2000 A Corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 48(2): 171-183.
- SOBRINO, I.; SILVA, L.; BELLIDO, M.J.; RAMOS, F. 2002. Rainfall, river discharges and sea temperature as factors affecting abundance of two coastal benthic cephalopod species in the gulf of Cádiz (SW Spain). *Bulletin of Marine Science*, 71(2): 851-865.
- STENSETH, N.C.; OTTERSEN, G.; HURRELL, J.W.; MYSTERUD, A.; LIMA, M.; CHAN, K.-S.; YOCCOZ, N.G.; ÅDLANDSVIK, B. 2003 Studying climate effects on ecology through the use of climate indices: the North Atlantic Oscillation, El Niño Southern Oscillation and beyond. *Proceedings of the Royal Society B*, 270: 2087-2096.
- SUNDERMEYER, M.A.; ROTHSCHILD, B.J.; ROBINSON, A.R. 2005 Using commercial landings data to identify environmental correlates with distributions of fish stocks. *Fisheries Oceanography*, 14(1): 47-63.
- TOMÁS, A.R.G. 2002 Dinâmica populacional e avaliação de estoques do polvo comum *Octopus cf. vulgaris* Cuvier, 1797 (Mollusca, Cephalopoda, Octopodidae) no sudeste e sul do Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Rio Claro. p.482.

- TOMÁS, A.R.G. e ÁVILA-DA-SILVA, A.O.A. 2005 A pesca de polvo (*Octopus vulgaris*) nas regiões sudeste e sul do Brasil: histórico, tecnologia, operações de pesca, produção e processamento. Centro APTA Pescado Marinho Instituto de Pesca. Documento Interno. p.17.
- TOMÁS, A.R.G. e PETRERE, M.J. 2005 *Octopus cf. vulgaris* (Cuvier, 1797). In: CERGOLE, M.C.; ÁVILA-DA-SILVA, A.O.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. Análise das principais pescarias comerciais do Sudeste-Sul do Brasil: Dinâmica Populacional das Espécies em Exploração. São Paulo: Editora Evoluir, p. 108-111.
- TOMÁS, A.R.G.; ÁVILA-DA-SILVA, A.O.A.; HAIMOVICI, M.; VIANNA, M.; PEREZ, J.A.A. 2006 Monitoramento da pesca de polvos com potes no sudeste e sul do Brasil. DOC 22 SCC CPG 04. Documento Interno. p.12.
- TRENBERTH, K.E. e STEPANIAK, D.P. 2000 Indices of El Niño evolution. *Journal of Climate*, 14: 1697-1701.
- VARGAS-YÁÑEZ, M.; MOYA, F.; GARCÍA-MARTÍNEZ, M.; REY, J.; GONZÁLEZ, M.; ZUNINO, P. 2009 Relationships between *Octopus vulgaris* landings and environmental factors in the northern Alboran Sea (Southwestern Mediterranean). *Fisheries Research*, 99: 159-167.
- VAZZOLER, A.E.A.M.; SOARES, L.S.H.; CUNNINGHAM, P.T.M. 1999 Ictiofauna da costa brasileira. In: LOWE-MCCONNEL, R.H. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p.424-467.
- VENABLES, W.N. e RIPLEY, B.D. 2002 *Modern applied statistic with S*. Springer, New York. 495p.

- VILLANUEVA, R. 1994 Decapod crab zoea as food for rearing cephalopod paralarvae. *Aquaculture*, 128: 143-152.
- ZAR, J.H. 2010 *Biostatistical analysis*. Nova Jersey, Pearson International Edition. 944p.
- ZUUR, A.F.; IENO, E.N.; SMITH, G.M. 2007 *Analysing Ecological Data. Statistics for biology and health*. Heidelberg, Germany: Springer. 672 p.
- WAINER, I. e TASCETTO, A.S. 2006 Climatologia na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). Diagnóstico para períodos relativos aos levantamentos pesqueiros do programa REVIZEE. In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. e MADUREIRA, L.S.P. *O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p.121-160.
- WALUDA, C.M.; RODHOUSE, P.G.; TRATHAN, P.N.; PIERCE, G.J. 2001 Remotely sensed mesoscale oceanography and the distribution of *Illex argentinus* in the South Atlantic. *Fisheries Oceanography*, 10(2): 207-216.

## TABELAS E FIGURAS

**Tabela 4:** Correlações significativas entre a série de CPUE do polvo-comum e as variáveis ambientais (nível de significância 0,05).

	CSM <sub>max</sub>	CSM <sub>med</sub>	CSM <sub>min</sub>
CPUE	0,34	0,48	0,48

	TSM <sub>max</sub>	TSM <sub>med</sub>	TSM <sub>min</sub>
CPUE	-0,19	-0,24	-0,27

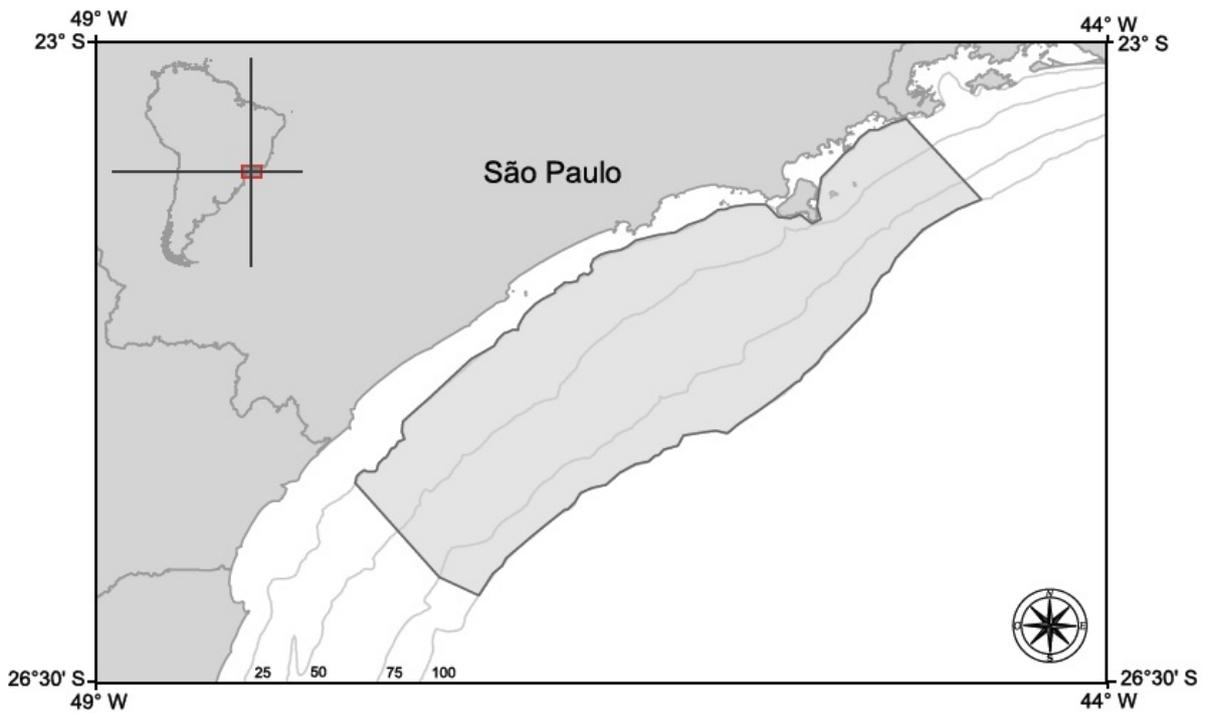
	V <sub>max</sub>	V <sub>med</sub>	V <sub>min</sub>
CPUE	0,20	0,17	-0,41

**Tabela 5:** Correlação-cruzada entre as variáveis ambientais mínimas medidas para a área de interesse.

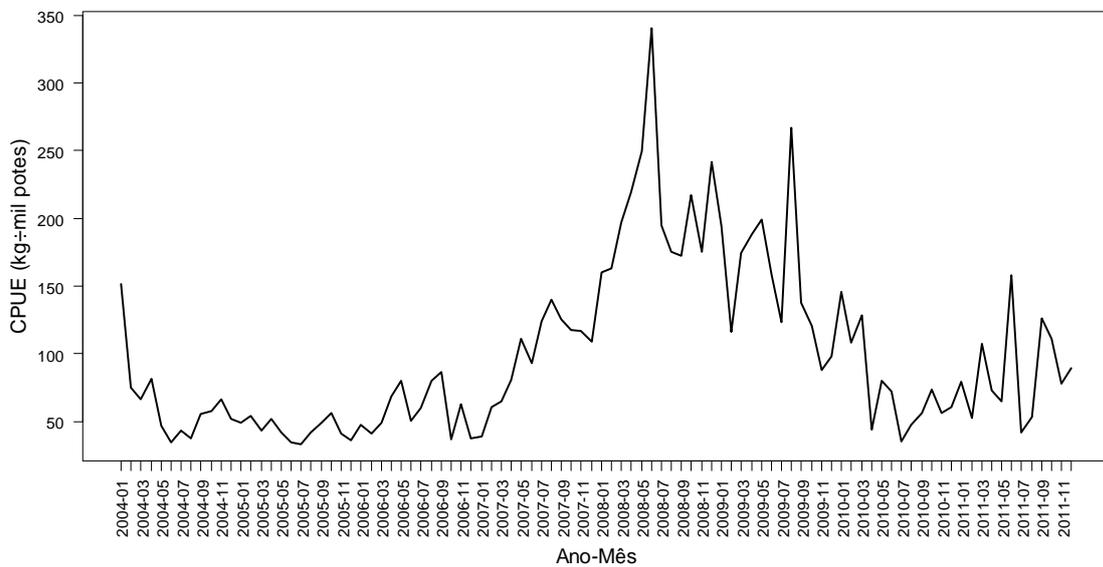
	TSM <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
CSM <sub>min</sub>	-0,50	-0,41
V <sub>min</sub>	0,50	

**Tabela 6:** Defasagem de tempo da correlação entre a série de CPUE do polvo-comum e as séries de cada variável ambiental mínima.

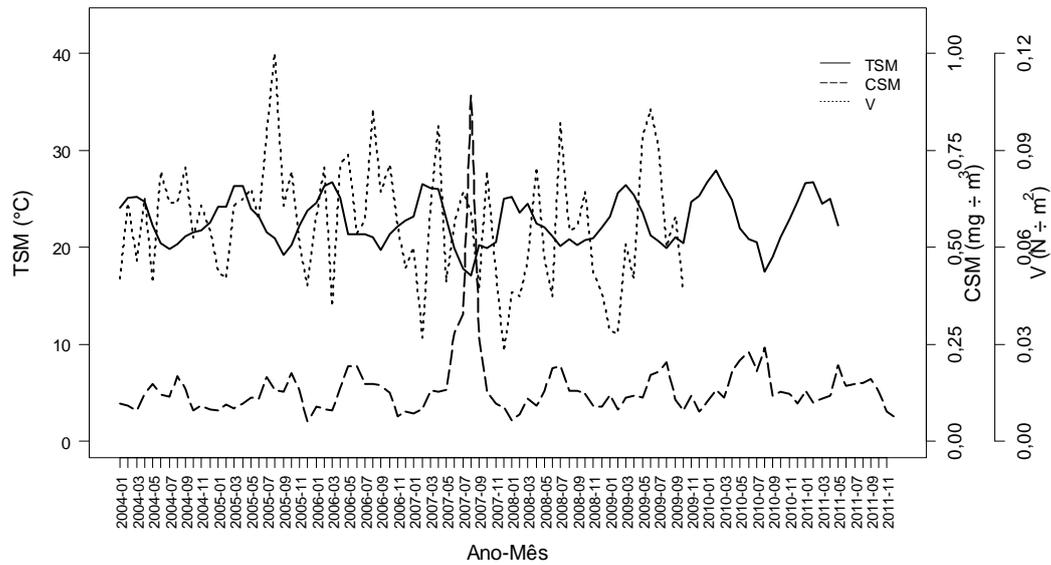
	CPUE	CSM <sub>min</sub>	TSM <sub>min</sub>
CPUE			
CSM <sub>min</sub>	10		
TSM <sub>min</sub>	10	0	
V <sub>min</sub>	4	6	7



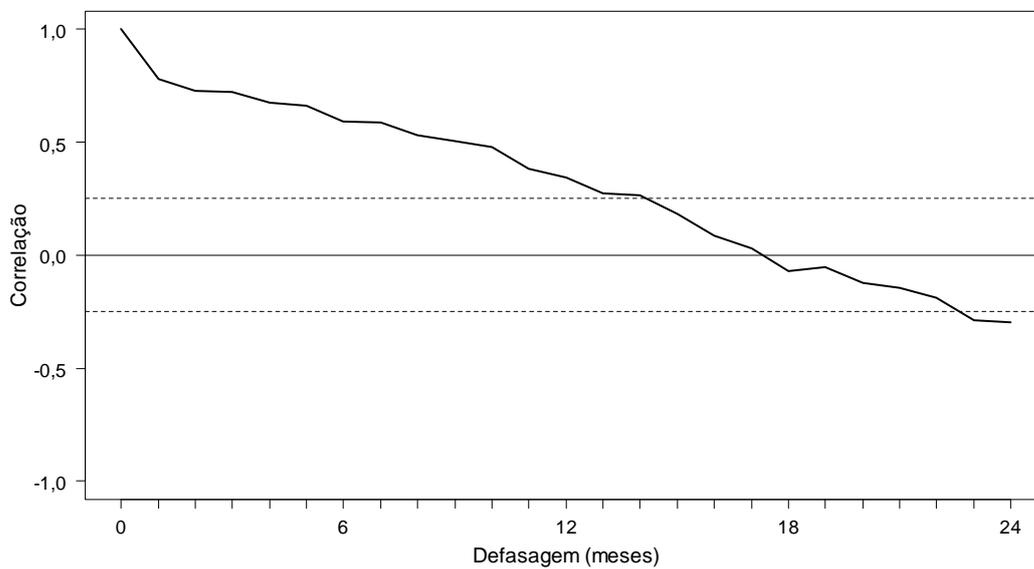
**Figura 11:** Localização do polígono (região preenchida do mapa) utilizado como área base para a obtenção das séries de captura por unidade de esforço, temperatura de superfície, concentração de clorofila e estresse do vento.



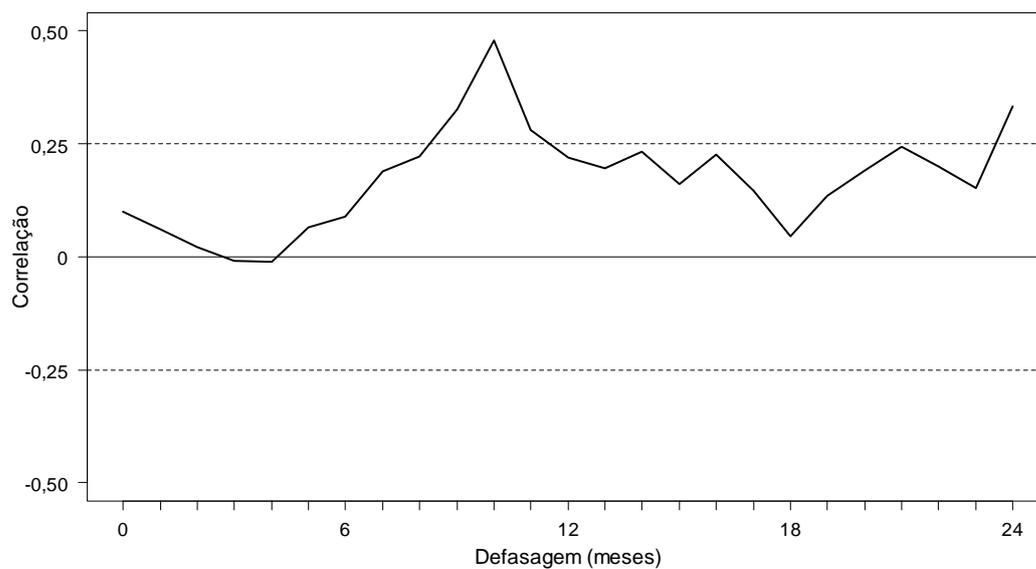
**Figura 12:** Série temporal de CPUE padronizada do polvo-comum entre janeiro de 2004 e dezembro de 2011 para a área de interesse.



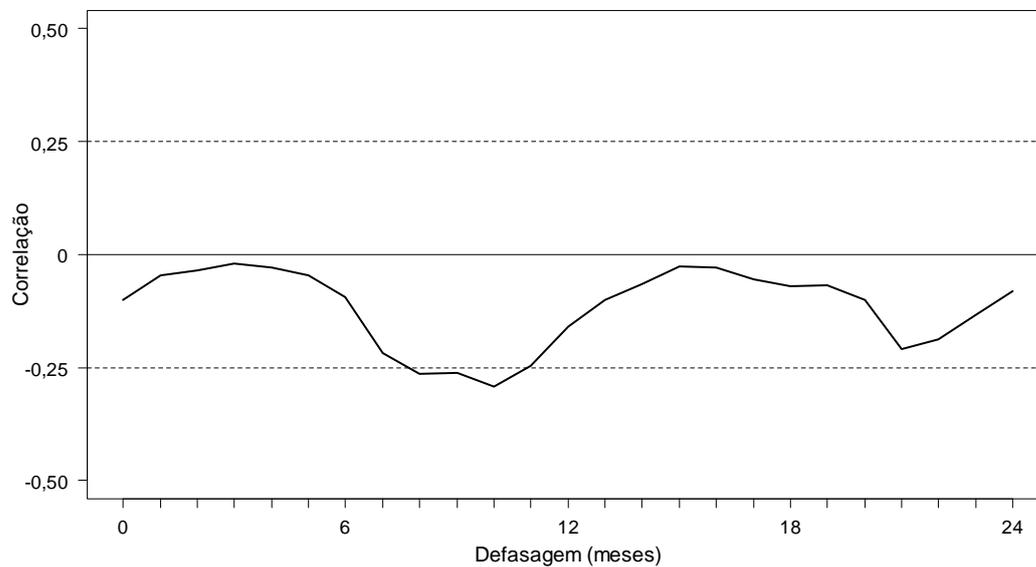
**Figura 13:** Série temporal das variáveis ambientais, sendo elas TSM medida entre janeiro de 2004 e maio de 2011, CSM para todo o período e  $V$  desde janeiro de 2004 a outubro de 2009.



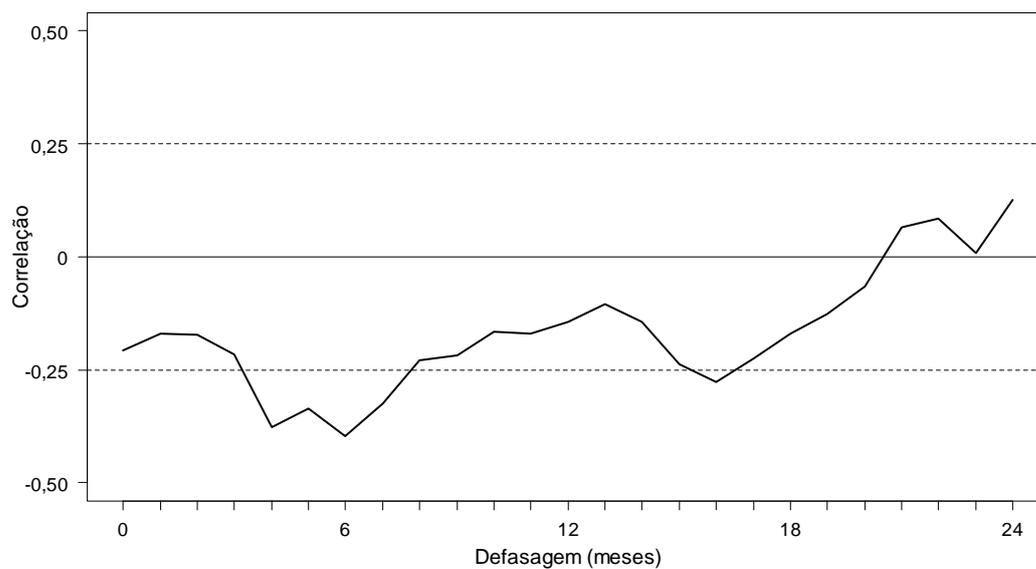
**Figura 14:** Auto-correlação da série de CPUE do polvo-comum na área de interesse, entre janeiro de 2004 e dezembro de 2011. As linhas pontilhadas representam o intervalo de confiança a 95%.



**Figura 15:** Correlação-cruzada entre a CPUE do polvo-comum e a CSM mínima observada mensalmente na área de interesse. As linhas pontilhadas representam o intervalo de confiança a 95%.



**Figura 16:** Correlação-cruzada entre a CPUE do polvo-comum e a TSM mínima observada mensalmente na área de interesse. As linhas pontilhadas representam o intervalo de confiança a 95%.



**Figura 17:** Correlação-cruzada entre a CPUE do polvo-comum e o  $V$  mínimo observado mensalmente na área de interesse. As linhas pontilhadas representam o intervalo de confiança a 95%.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O polvo-comum é uma espécie bentônica que vive associada a fundos rochosos, de areia e lama. As maiores concentrações de indivíduos, no sudeste brasileiro, são observadas até os 100 metros de profundidade e é uma espécie bastante sensível a variações ambientais. Atualmente esta espécie vem sendo capturada com uma arte de pesca passiva e com baixa fauna acompanhante, que tem por princípio utilizar-se da necessidade do polvo em procurar abrigo para então capturá-lo. Desde seu início, em 2003, esta atividade se mostrou bastante eficiente e o número de embarcações que passou a utilizar o espinhel de potes cresceu rapidamente.

Devido ao crescente interesse sobre este recurso pesqueiro torna-se necessário o manejo adequado buscando manter seu rendimento ao longo dos anos. Durante o desenvolvimento desta atividade algumas medidas de manejo foram definidas através das Instruções Normativas número 3 de abril de 2005, nº 16 de setembro de 2005 e a nº 26 de dezembro de 2008. Esta última, além de considerar os limites estabelecidos nas IN's anteriores tais como número máximo de potes igual a 20.000 e profundidade mínima de operação de 70 m, lista as 18 embarcações com permissão para capturar o recurso no sudeste do Brasil.

Desta forma, para que a administração deste recurso seja feita de forma adequada deve-se identificar os fatores que influenciam a variação do recurso, bem como incorporá-los nos modelos de avaliação. Muitos autores tem utilizado a captura por unidade de esforço (CPUE) como índice de abundância de diferentes recursos pesqueiros. No presente trabalho a CPUE também foi utilizada como índice de abundância para o polvo-comum.

De acordo com o que foi apresentado neste trabalho, pode-se observar que a CPUE do polvo-comum no sudeste do Brasil varia ao longo dos anos. As características tecnológicas

das embarcações que capturam o recurso também influenciam a CPUE, porém características operacionais intrínsecas também se mostraram como uma das fontes de variação do sucesso na captura desta espécie. No entanto as variações anuais estão intimamente relacionadas com a produtividade primária local aumentando a disponibilidade de alimento para os juvenis desta espécie. Essas variações ocorrem como consequência de processos oceanográficos regionais, podendo ter como consequência variação na temperatura da superfície do mar e vento extremos que promovam a mistura entre as camadas de fundo e superfície do mar.

O atual nível de esforço pesqueiro sobre o polvo-comum no sudeste-sul do Brasil parece não estar afetando o recrutamento da espécie de forma significativa. No entanto, considerando que a variabilidade anual do recrutamento desta espécie é potencialmente alta e dependente de condicionantes ambientais (SOBRINO *et al.*, 2002; VARGAS-YÁÑEZ *et al.*, 2009; CABALLERO-ALFONSO *et al.*, 2010), recomenda-se a manutenção deste patamar de esforço.

No presente estudo ficou evidente que a maior influência sobre os desembarques do polvo-comum capturado ao largo da costa do Estado de São Paulo são decorrentes de variações anuais do recurso em resposta às condições ambientais locais. Como essas condições do ambiente podem ser previsíveis, os modelos que incluem esses fatores tornam-se preditivos e passam a ser uma importante ferramenta para prever as condições reais para as próximas capturas das diferentes espécies (STENSETH *et al.*, 2003). Sendo assim, o modelo apresentado para *O. vulgaris* pode ser preditivo tendo em vista que os fatores necessários para isto (*e. g.* concentração de clorofila na superfície do mar) estão disponíveis para a análise com uma pequena defasagem de tempo.