

# **AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA ATIVIDADE SÍSMICA SOBRE A CAPTURA DE PEIXES ATRAVÉS DO MONITORAMENTO DE DESEMBARQUES PESQUEIROS: UM ESTUDO DE CASO NO LITORAL DO RIO DE JANEIRO, BRASIL**

Impact assessment of seismic activity on fish catches using monitoring of fishery landings: a case study off Rio de Janeiro, Brazil

Janaina Sales Holanda<sup>1</sup>, Marcelo Cunha Vasconcellos<sup>1</sup>, Alessandra Cristina da Silva<sup>2</sup>

## **RESUMO**

*As pesquisas sísmicas em geofísica através do uso de air guns têm sido amplamente empregadas na prospecção de petróleo e gás no meio marinho. Essa tecnologia é classificada como uma das principais fontes de ruído subaquático, em que ainda é pouco conhecido seus efeitos sobre as pescarias. Efeitos de redução e incremento da produção pesqueira já foram observados, porém estes variam entre espécies e artes-de-pesca empregada. No Brasil, monitoramentos de desembarques pesqueiros estão sendo realizados como condicionantes do licenciamento ambiental das atividades sísmicas. Desta forma, o objetivo deste estudo foi identificar efeitos desta atividade sobre a produção de peixes desembarcados, incluindo nas análises dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e concentração de Clorofila-a (Chla). Utilizando Modelos Lineares Generalizados (MLG), verificou-se que as variáveis ambientais e a atividade sísmica pouco contribuíram para a variabilidade do rendimento das pescarias, porém foram observadas tendências diretas e inversas já documentadas entre as capturas e as variáveis ambientais, principalmente para as espécies pelágicas. A metodologia de coleta de dados de desembarque atualmente empregada apresentou sérias falhas que prejudicaram a qualidade das análises, dentre estas podemos citar a falta de informações espaciais dos locais de capturas e de um maior detalhamento do esforço de pesca. Recomenda-se desta forma que seja reavaliada a exigência do uso de monitoramentos de desembarques como ferramenta para identificar os impactos da atividade sísmica sobre a pesca artesanal.*

**Palavras-chaves:** sísmica, peixes, Modelo Linear Generalizado, impacto ambiental, monitoramento de desembarque.

## **ABSTRACT**

*The seismic studies in Geophysics using air guns have been widely used in the oil and gas prospecting. This technology is classified as a main source of underwater noise, with still unknown effects on fisheries, particularly the artisanal fisheries. Reduction and increase in fishery production have been already observed, but these effects varying among species and used fishing gears. In Brazil, monitoring of fishing landings has being done as a condition of environmental licensing of seismic activity. Thus, the objective of the study was to identify effects of this activity on the fishing landings, including in the analysis covariates Sea Surface Temperature (SST) and Chlorophyll-a concentrations (Chla). Using Generalized Linear Models (GLM), the environmental variables and seismic activity were found to have low effect on landings productivity, direct and inverse trends were verified among catches and environmental variables, mainly for pelagic species. Current methodology of data collection showed serious flaws that have damaged the quality of the analysis, among which the lack of spatial information from catch locations and a fishing effort further detailed. Therefore a reevaluation of the requirement of monitoring of fishing landings as a tool to identify the impacts of seismic activity on artisanal fishery is recommended.*

**Keywords:** seismics, fish species, Generalized Linear Models, environmental impact, monitoring of fishery landings.

<sup>1</sup> Laboratório de Recursos Pesqueiros Artesanais, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande. Av. Itália, km 8, Rio Grande, RS, 96201-900.

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Bloco 827, Fortaleza, CE, 60021-970.

## INTRODUÇÃO

A aquisição de dados geofísicos em áreas marinhas através da pesquisa sísmica tem sido amplamente empregada na exploração *offshore* de combustíveis fósseis (Gausland, 2003; Vilardo 2007). São utilizados nas pesquisas atuais, grandes navios especialmente construídos ou adaptados para transportar canhões de ar (*air guns*) e cabos com receptores. Estes produzem em intervalos regulares de tempo um estrondo por pressão de ar, gerando uma intensidade elevada de ruídos que são detectáveis no intervalo de capacidade auditiva dos peixes. Desta forma, a pesquisa sísmica tem sido classificada por vários autores, como uma das principais fontes de ruído subaquático e que pode ter consequências negativas para os organismos marinhos e populações (Gausland, 2003; Dalen, 2007; Slabbekoorn, 2010)

No entanto, apesar do amplo uso da pesquisa sísmica nesses ambientes, ainda é grande a polêmica em relação aos impactos ambientais que esta tecnologia pode ocasionar, principalmente sobre os peixes e, conseqüentemente sobre a atividade de pesca (Gausland, 2003; Vilardo, 2008, Fewtrell e McCauley, 2012).

Além da restrição temporária de acesso aos espaços marinhos ocupados pelo arranjo da atividade sísmica (embarcação, cabos e *air guns*), os pescadores atribuem a essa atividade efeitos negativos sobre o rendimento de suas pescarias (Jákupsstovu *et al.*, 2001, Gausland, 2003). Porém, estudos com o uso da hidroacústica e pescarias experimentais indicaram que os efeitos da sísmica tanto reduzem como incrementam as capturas da ictiofauna, relacionados principalmente a mudanças comportamentais dos peixes (*e.g.*, Dalen & Knutsen, 1986; Skalski *et al.* 1992; Engås *et al.*, 1993, 1996; Slotte *et al.*, 2004). Esses efeitos variam entre espécies, habitat e métodos de capturas (Schwarz *et al.*, 1985; Pearson *et al.*, 1992; Hirst & Rodhouse, 2000; McCauley, 2000; Hassel *et al.*, 2003; Vilardo, 2006; Løkkeborg, 2010; Fewtrell & McCauley, 2012).

No Brasil, um importante marco regulatório voltado ao licenciamento ambiental da atividade sísmica marinha foi a Resolução CONAMA nº350/04. Esta reconhece, entre outros aspectos, a necessidade de gerenciamento dos conflitos com a atividade de pesca artesanal em águas rasas (até 50 m). Em resposta a esta necessidade, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) tem exigido das empresas de aquisição de dados sísmicos que operam em águas rasas ou próximas a área costeira, que realizem monitoramentos

detalhados do desembarque pesqueiro da região cerca de 2 meses antes, durante e 2 meses após a pesquisa sísmica seguindo a metodologia do Projeto de Estatística Pesqueira (ESTATPESCA). Esta metodologia prevê a coleta das seguintes informações: tipo de barco, arte de pesca, produção por espécie, esforço de pesca, data de saída e data de chegada do local de desembarque; em municípios que são considerados área de influência da atividade sísmica. Ao final do monitoramento deve ser apresentado um relatório contendo a avaliação da interferência da pesquisa sísmica na pesca artesanal.

O presente estudo tem como objetivo avaliar o possível impacto de atividades sísmica realizadas no litoral do estado do Rio de Janeiro, entre 2009 e 2010, sobre as capturas da pesca artesanal. O estudo avalia o impacto relativo da sísmica nas capturas, frente a variáveis pesqueiras e ambientais, e discute com base nos resultados possíveis ajustes na metodologia de monitoramento dos impactos da sísmica sobre a pesca em águas rasas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Dados de desembarque

Foi realizada uma consulta aos relatórios e bancos de dados gerados pelos Projetos de Monitoramento de Desembarque Pesqueiro, desenvolvidos em decorrência das atividades de petróleo no Brasil, disponíveis na Coordenadoria Geral do Petróleo e Gás Natural (CGPEG/IBAMA). Um monitoramento realizado nos municípios de São Francisco de Itabapona, São João da Barra, Campos de Goytacazes, Macaé, Rio das Ostras, Cabo Frio, Armação de Búzios, Arraial do Cabo e Saquarema, no período de fevereiro/2009 – outubro/2010, foi selecionado para ser analisado no presente estudo por ser o banco de dados mais completo disponível no CGPEG/IBAMA. Durante este monitoramento foram realizadas atividades sísmicas próximas à área costeira de fevereiro a outubro de 2010 (Fig. 1). Cabe destacar que a atividade não seguiu a determinação do IBAMA de realizar o monitoramento dos desembarques 2 meses antes, durante e 2 meses após a pesquisa sísmica. Desta forma, o possível efeito da sísmica foi apenas realizado com base nos dados disponíveis durante o período de sua realização e no ano precedente.

Informações adicionais e complementares sobre os projetos e processo de licenciamento da atividade sísmica foram obtidas através de entrevistas informais com técnicos da CGPEG/IBAMA e com pesquisadores que participaram destes processos.

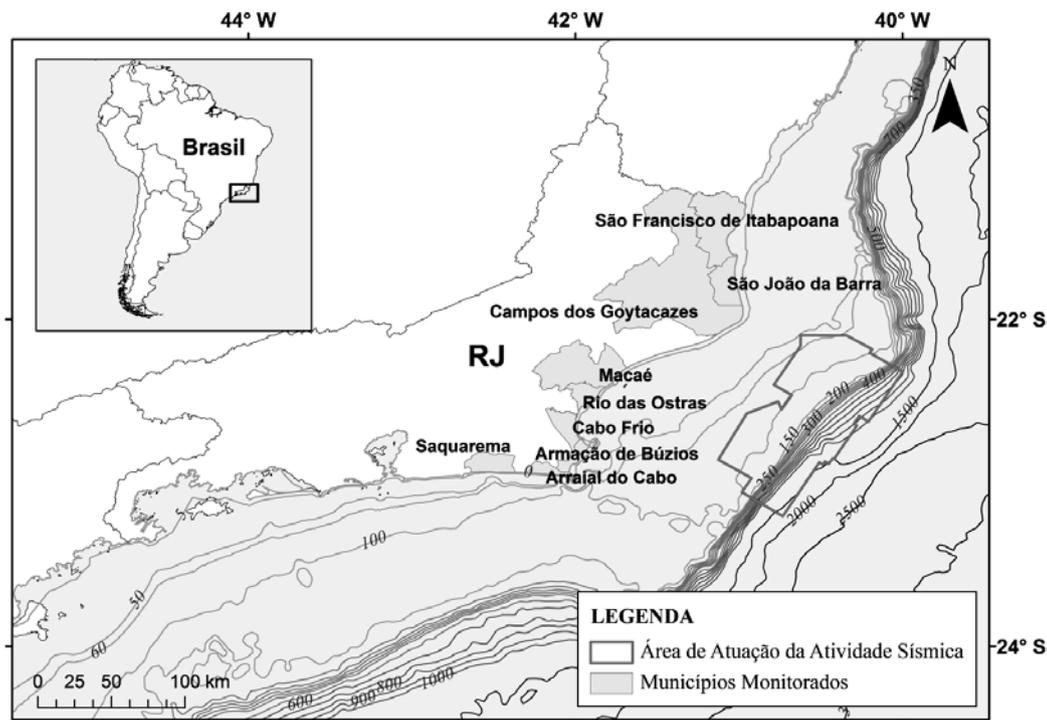


Figura 1 - Localização dos municípios com desembarques pesqueiros monitorados e área de atuação das atividades sísmicas realizadas próximas à área costeira, durante o período de fevereiro/2009 a outubro/2010, no Estado do Rio de Janeiro.

### Área de estudo

O Rio de Janeiro possui uma linha de costa na direção NE- SW, interrompida pela larga planície progradacional do Rio Paraíba do Sul que se projeta em direção ao mar formando o Cabo de São Tomé. Do Cabo Frio em direção a oeste ocorre uma mudança brusca do litoral passando a seguir uma direção E-W (Muehe *et al.*, 2006) e, portanto, também na Corrente do Brasil, que passa a gerar meandros responsáveis pela formação de vórtices ciclônicos ao longo de todo o ano (Mello-Filho, 2006).

De maneira geral, na plataforma média e interna ao sul do Rio de Janeiro predominam areias finas e muito finas e na plataforma norte do Rio de Janeiro, predominam os sedimentos de maior granulometria (cascalho e areia cascalhosa) (Figueiredo-Junior & Tessler, 2004). Sendo assim, em função das diferentes características apresentadas ao longo da costa, observa-se uma variação na composição das capturas e nas características dos petrechos de pesca (Silva & Vianna, 2009) de modo que os dados desse estudo foram agrupados em duas grandes áreas: litoral oriental, representado pelos municípios de São Francisco de Itabapoana a Rio das Ostras; e litoral sul, pelos municípios de Cabo Frio a Saquarema (Figura 1).

### Dados oceanográficos

Para se avaliar a importância relativa de variáveis ambientais sobre os rendimentos pesqueiros, foram também integrados nas análises dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e da concentração de Clorofila-a (Chla), gerados pelo sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) a bordo do satélite *Aqua*, disponíveis na *Physical Oceanography – Distributed Active Archive Center* (PO.DAAC) e no *Giovanni-WEB* desenvolvido pela *Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center* (GES DISC) da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA).

Foram obtidas séries de dados semanais com resolução espacial de 4 km, e calculadas as médias para o período de um mês de cada ponto. Estes pontos foram trabalhados na forma de *shape file* no programa ArcGIS versão 9.3 para selecionar os dados de TSM e Clorofila-a do ambiente marinho costeiro (até 100 m de profundidade) e oceânico (de 100 m a 1.500 m de profundidade) de cada litoral, para então determinar as médias para o período de um mês desses parâmetros em cada área.

## Análise de dados

Para a avaliação dos dados de desembarques controlados no monitoramento, primeiramente procurou-se identificar quais as pescarias (binômio *embarcação/aparelho-de-pesca*) que atuaram principalmente na captura de peixes (produção maior que 50% do total desembarcado) foram mais atuantes em cada litoral durante os dois períodos que corresponderam a antes e durante a atividade de pesquisa sísmica. Foram então selecionadas as pescarias que continham um mínimo de 50 desembarques por período.

Posteriormente, estimou-se por pescaria, o índice de rendimento de cada espécie de peixe, que correspondeu a razão entre o somatório da produção da espécie e o somatório do esforço de pesca, sendo expresso em duas unidades dependendo da pescaria: kg/dia-de-mar) ou kg/(pescador x dia-de-mar). O número de pescadores foi considerado somente nas pescarias com linha-de-mão, em que o poder de pesca está diretamente relacionado a esta variável. Desta forma, considerando o maior índice de rendimento por tipo de habitat (pelágica costeira, pelágica oceânica, demersal costeira e demersal oceânica), foram selecionadas no litoral oriental as seguintes espécies: tainha, *Mugil liza*; dourado, *Coryphaena hippurus*; e goete, *Cynoscion jamaicensis*; e no litoral sul a sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis*; dourado, *Coryphaena hippurus*; pargo-rosa, *Pagrus pagrus*; e batata, *Lopholatilus villarii* (Tabela I).

Não foram identificadas, espécies demersais oceânicas capturadas no litoral oriental, dentre as pescarias selecionadas.

Foram, então, determinados os índices de rendimento de cada desembarque (produção da espécie/esforço de pesca) das espécies escolhidas e realizada análises através de Modelos Lineares Generalizados (MLG) para avaliar o efeito de variáveis explicativas sobre esta variável-resposta. Os MLG são muito flexíveis porque exigem da variável resposta que tenha uma distribuição pertencente à família exponencial. Estas distribuições podem ser combinadas com diversas funções de ligação para conectar a variável resposta com uma combinação linear das variáveis explicativas (Paula, 2010; Turkman & Silva, 2000). Portanto, a escolha de um modelo envolve a seleção das variáveis explicativas, de uma distribuição de probabilidade para a variável resposta e de uma função de ligação para conectá-las entre si (Andrade, 2008).

As distribuições Gama e Log-normal podem ser apropriadas para modelar dados estritamente positivos de natureza contínua (Turkman & Silva, 2000) como os índices de rendimento por desembarque, e, portanto, foram gerados modelos com essas distribuições e com todas as funções de ligação compatíveis. Nos modelos com distribuição log-normal da espécie pargo-rosa foi necessário anteriormente transformar os dados da variável resposta para o logaritmo neperiano de  $(x+1)$ .

Tabela I - Espécies desembarcadas no estado do Rio de Janeiro selecionadas por habitat, antes e durante a atividade sísmica.

	Litoral	habitat	espécie	pescaria (barco+arte-de- pesca)	n° desembarque	
					antes	durante
	Oriental (São F. De Itabapoana A Rio Das Ostras)	Pelágico Costeira	tainha	BSP-RED	386	375
		Pelágico Oceânica	dourado	BCM-EFL	141	101
		Demersal Costeira	goete	BCM-APA	119	79
	Sul (Cabo Fria A Saquarema)	Pelágico Costeira	sardinha-verdadeira	BCM-TRA	81	205
		Pelágico Oceânica	dourado	BCG-EFL	67	81
		Demersal Costeira	Pargo	BSP-LIN	944	927
		Demersal Oceânica	batata	BCM-ESF	39	19

**Observação:** BCG = barco com casaria grande (> 12 m); BCM = barco com casaria médio (8-12 m); BSP = barco sem casaria pequeno ( $\leq 8$  m); APA = arrasto-de-parelhã; EFL = espinhel-flutuante; ESF = espinhel-fixo; LIN = linha-de-mão; RED = eede-de-emalhar de deriva; TRA = traineira

O modelo saturado (com todas as variáveis) considerado envolveu os seguintes fatores: sísmica, TSM, clorofila-a (Chla), e as interações de primeira ordem, sísmica  $\times$  TSM e sísmica  $\times$  Chla.

O processo de escolha do modelo final consistiu das seguintes etapas: (i) para cada distribuição foi selecionado um modelo por função de ligação utilizando o método de Akaike, em que se elege um modelo com um número reduzido de parâmetros e menor valor do Critério de Informação Akaike (AIC); a fim de confirmar o modelo escolhido aplicou-se o teste-F na análise de desvios, verificando a significância dos parâmetros a um nível de 5% (Paula, 2010); (ii) dos modelos anteriormente escolhidos, foram selecionados um por distribuição utilizando como critério de seleção o menor valor do AIC dentre os demais modelos de mesma distribuição; (iii) o modelo de cada distribuição foi avaliado pela observação dos gráficos de quantis da Normal com intervalos de confiança 95% construídos por 1.000 simulações de Monte Carlo (envelope simulado); de resíduos; e da distância de Cook. Desta forma, foi selecionado por comparação gráfica aquele que indicou melhor ajuste aos dados (Paula, 2010).

Os ajustes e as estimativas dos coeficientes foram realizadas com o uso da função "glm" e "stepAIC" do programa R versão 2.15.1 (R Core Team, 2012).

## RESULTADOS

### 1 - Litoral oriental

#### Pelágica costeira: tainha, *Mugil liza*

Foram registrados 865 desembarques da pesca-ria com barco pequeno sem casaria e rede-de-emalhar de deriva durante todo o período, destes, 761 apresentaram capturas positivas de tainha (386 antes e 375 durante o período de atividade sísmica).

Os modelos gerados com distribuição de probabilidade Gama e Log-normal apresentaram menor valor do AIC em modelos com função de ligação inversa, sendo então selecionados para avaliar a adequação da distribuição proposta para a variável resposta.

Os gráficos de quantis da Normal com envelope gerado e os resíduos não apresentaram indícios relevantes de que a distribuição Gama ou Log-normal com função de ligação inversa sejam inadequadas para explicar o índice de rendimento da tainha, podendo os dois modelos ser utilizados. No entanto, comparando os gráficos de quantis da Normal (Figura 2-A/B), a distribuição Gama mostrou ser mais apropriada que a Log-normal, pois todas as observações ficaram dentro ou próximas do intervalo de confiança. Além disso, o modelo com distribuição Gama torna-se mais atrativo por utilizar os dados de índice de rendimento em escala natural,

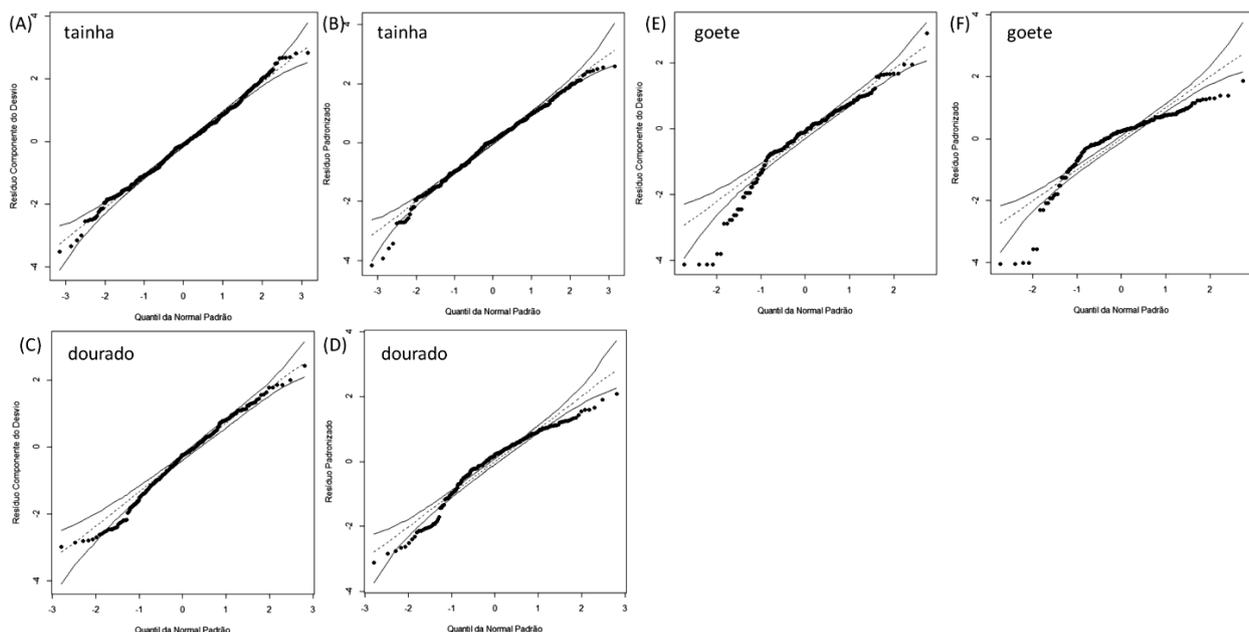


Figura 2 - Gráfico de quantis da Normal referente aos modelos com distribuição Gama (A), (C) e (E); e Log-Normal (B), (D) e (F) para as espécies estudadas no litoral oriental do Rio de Janeiro.

sendo assim tal modelo foi escolhido. O gráfico da Distância de Cook não apresentou observações preocupantes, mesmo entre aquelas que apresentaram um poder de alavancagem relativamente maior. Desta forma, o modelo selecionado para o índice de rendimento da tainha é descrito pelos seguintes componentes:

$$\begin{aligned} \text{IR} &\sim \text{Gama}(\mu, \emptyset) \\ E(\text{IR}) &= \mu \\ g(\mu) &= 1/\mu = \eta \\ \hat{\eta} &= 0,0424^* + 0,0255 \text{ Sísmica-D} - 0,0219 \text{ Chla}^{***} + \\ &0,0192 \text{ Sísmica-D} \times \text{Chla}^{***} + \\ &+ 0,0006 \text{ Sísmica-A} \times \text{TSM} - 0,0011 \text{ Sísmica-D} \times \text{TSM}^{**} \end{aligned}$$

onde, IR é o índice de rendimento em kg/(dias-de-mar);  $\mu$  é a média populacional, ou seja, o valor esperado do IR;  $g(\mu)$  é a função de ligação;  $\eta$  é o preditor linear; "Sísmica-D", indica período durante a atividade sísmica; "Sísmica-A", período anterior a atividade sísmica, "Chla" é a Clorofila-a estimada em mg/m<sup>3</sup>; "TSM" é a Temperatura da Superfície do Mar estimada em °C; (\*) parâmetro com nível de significância estatística menor que 5% ( $p < 0,05$ ); (\*\*) parâmetro com nível de significância estatística menor que 1% ( $p < 0,01$ ); (\*\*\*) parâmetro com nível de significância estatística menor que 0,1% ( $p < 0,001$ ).

O intercepto (0,0424) indica o valor esperado no período anterior a Sísmica (Sísmica-A), quando "Chla" e "TSM" são iguais à zero (nível de base) e o parâmetro "Sísmica-D" (+0,0255) indica o efeito da sísmica aumentando o nível de base para outro nível, no entanto esse parâmetro não apresentou significância estatística a um nível de 5% (ANOVA,  $p = 0,222$ ). Os demais coeficientes representam a diferença do efeito dos mesmos em relação ao efeito dos níveis de base. O parâmetro "Chla" (-0,0219) é o coeficiente angular negativo para o aumento de Clorofila-a em "Sísmica-A", desta forma, a relação entre os índices de rendimento esperados nesse período e a Clorofila-a é direta. O parâmetro "Sísmica-D×Chla" (0,0192) é o incremento no coeficiente angular anteriormente citado para determinar o coeficiente angular durante a atividade sísmica (Sísmica-D), porém como o valor deste é bem próximo ao de "Chla" esses vetores irão praticamente se anular fazendo com que a Clorofila-a em "Sísmica-D" não tenha relação com os índices de rendimento esperados (Figura 4-A). O parâmetro "Sísmica-D×TSM" (-0,0011) é o coeficiente angular negativo para o aumento de TSM durante a atividade sísmica, indicando relação direta entre a TSM e a variável resposta. As estimativas dos parâmetros em que os fato-

res interagem com TSM foram bem próximas a zero, mostrando sua pequena relação com os índices de rendimento esperados, contudo, é possível observar que os maiores valores da variável resposta ocorreram em temperaturas mais baixas no período anterior a atividade sísmica (Figura 4-B).

Apesar de o modelo indicar relação entre os índices de rendimento e as variáveis explicativas, o desvio residual calculado foi somente 22,15% menor que o inicial de base ("nulo"), o que indica que a explicação da variabilidade da variável resposta por parte dos fatores é baixa (Tabela II).

Tabela II - Análise de desvios dos modelos selecionados para o índice de rendimento das espécies escolhidas no litoral oriental do Rio de Janeiro.

Fator	Grau de liberdade residual	Desvio residual	F	p(>F)
<b>Tainha</b>				
Nulo	760	121,95		
Sísmica	759	107,29	117,413	< 2,200×10 <sup>-16</sup>
Chla	758	102,71	36,650	2,226×10 <sup>-09</sup>
Sísmica×Chla	757	96,19	52,243	1,203×10 <sup>-12</sup>
Sísmica×TSM	755	94,94	5,005	0,007
<b>Dourado</b>				
Nulo	241	312,00		
Sísmica	240	311,86	0,173	0,678
Chla	239	307,83	5,017	0,026
TSM	238	269,47	47,740	4,419×10 <sup>-11</sup>
<b>Goete</b>				
Nulo	197	103,17		
Sísmica	196	101,04	6,577	0,011
Sísmica×Chla	194	96,95	6,313	0,002

**Observação:** sísmica: indica a atividade sísmica. Sísmica = 0, no período anterior a atividade sísmica e Sísmica = 1 = durante a atividade sísmica; Chla = Chlorofila-a estimada em mg/m<sup>3</sup>; TSM = Temperatura da superfície do mar, em °C.

### Pelágico oceânico: dourado, *Coryphaena hippurus*

Foram registrados 741 desembarques da pescaria com barco médio com casaria e espinhel flutuante durante todo o período, destes, 242 apresentaram capturas positivas de dourado (141 antes e 100 durante o período de atividade sísmica). Dentre os modelos gerados, foi selecionado o com distribuição Gama e função de ligação logarítmica (Figura 2-C/D) para o índice de rendimento do dourado, em que este é descrito pelos seguintes componentes:

$$\begin{aligned} \text{IR} &\sim \text{Gama}(\mu, \emptyset) \\ E(\text{IR}) &= \mu \\ g(\mu) &= \log \mu = \eta \\ \hat{\eta} &= 11,918 + 0,189 \text{ Sísmica-D} - 6,723 \text{ Chla}^{***} \\ &- 0,243 \text{ TSM}^{***} \end{aligned}$$

No ajuste do modelo com base no AIC e teste F, os fatores com interação não foram considerados importantes, o fator "Sísmica" foi mantido, porém a análise do desvio mostrou que este fator não teve significância estatística a um nível de 5% (ANOVA,  $p = 0,678$ ) (Tabela II).

As estimativas dos coeficientes angulares para "Chla" e "TSM" indicam uma relação inversa dessas variáveis com os índices de rendimento esperados (Figura 4-C/D). Todavia, apesar de o modelo apontar essas relações, o desvio residual calculado foi somente 13,63% menor que o inicial de base ("nulo"), o que indica que a explicação da variabilidade do índice de rendimento por parte dos fatores é baixa (Tabela II).

### Demersal costeiro: goete, *Cynoscion jamaicensis*

Foram registrados 1.265 desembarques da pescaria com Barco médio com casaria e Arrato-de-pareilha durante todo o período, destes, somente 198 apresentaram capturas positivas de goete (119 antes e 79 durante o período de atividade sísmica). Dentre os modelos gerados, foi selecionado o com distribuição Gama e função de ligação inversa (Figura 2-E/F) para o índice de rendimento do goete, em que este é descrito pelos seguintes componentes:

$$IR \sim \text{Gama}(\mu, \theta)$$

$$E(IR) = \mu$$

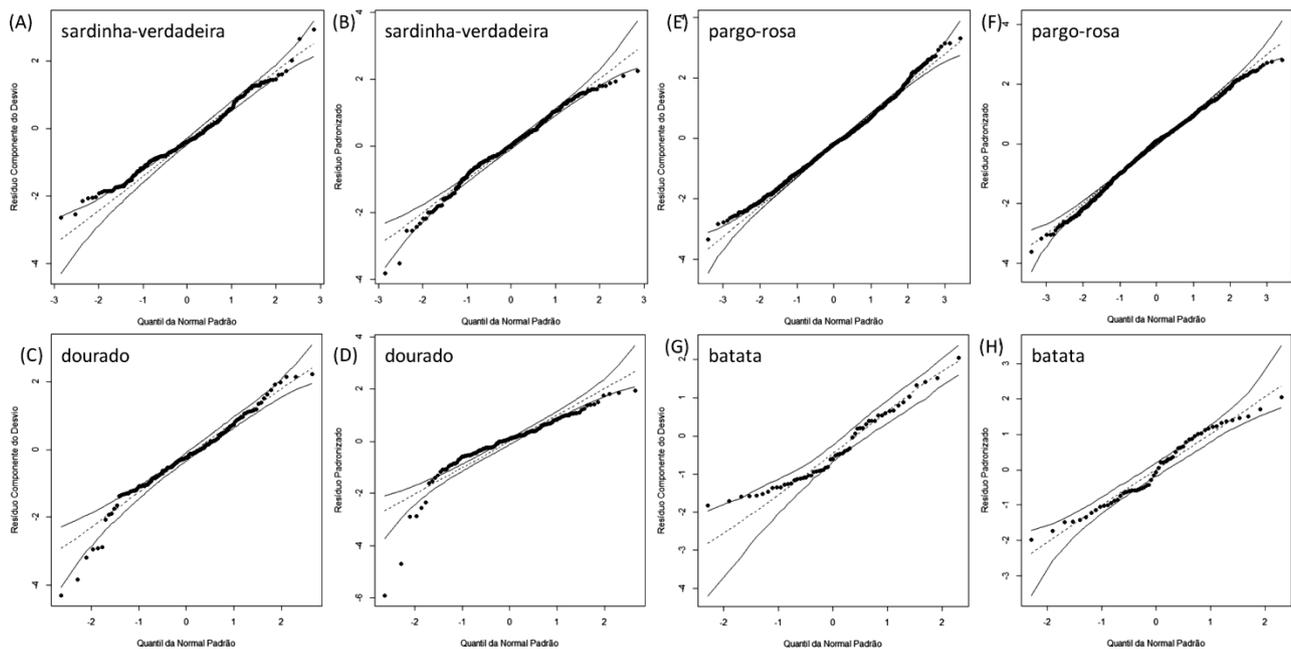


Figura 3 - Gráfico de quantis da Normal referente aos modelos com distribuição Gama (A), (C) e (E); e Log-Normal (B), (D) e (F) para as espécies estudadas no litoral sul do Rio de Janeiro.

$$g(\mu) = 1/\mu = \eta$$

$$\hat{\eta} = 0,0018 + 0,0089 \text{ Sísmica-D}^{***} + 0,0016 \text{ Sísmica-A} \times \text{Chla} - 0,0045 \text{ Sísmica-D} \times \text{Chla}^{***}$$

A estimativa do parâmetro "Sísmica-D" indica que durante a atividade sísmica, os índices de rendimento esperados foram menores. Já as estimativas de "Sísmica-A×Chla" e "Sísmica-D×Chla" indicam que a relação entre a Clorofila-a e a variável resposta é direta durante a atividade sísmica e inversa no período anterior, porém este último não foi significativo a um nível de 5% (ANOVA,  $p = 0,090$ ). Contudo, Apesar de o modelo apontar essas relações, o desvio residual calculado foi somente 6,04% menor que o inicial de base ("nulo"), o que indica que a explicação da variabilidade do índice de rendimento por parte dos fatores é muito baixa (Tabela 2).

## 2 - Litoral Sul

### Pelágico costeiro: sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis*

Foram registrados 913 desembarques da pescaria com Barco médio com casaria e durante todo o período, destes, 286 apresentaram capturas positivas de dourado (81 antes e 205 durante o período de atividade sísmica). Dentre os modelos gerados, foi selecionado o com distribuição Gama e função de ligação inversa (Figura 3-A/B) para o índice de rendi-

mento da sardinha-verdadeira, em que este é descrito pelos seguintes componentes:

$$\begin{aligned} \log(\text{IR}) &\sim \text{Normal}(\mu, \sigma^2) \\ E[\log(\text{IR})] &= \mu \\ g(\mu) &= 1/\mu = \eta \\ \hat{\eta} &= 0,026 - 0,002 \text{ Sísmica} + 0,033 \text{ Chla}^{***} + 0,004 \\ &\quad \text{TSM}^{***} \end{aligned}$$

No ajuste do modelo com base no AIC e teste F, os fatores com interação foram retirados, o fator “Sísmica” foi mantido, porém a análise do desvio mostrou que este fator não teve significância estatística a um nível de 5%, (ANOVA,  $p = 0,679$ ) (Tabela III).

As estimativas dos coeficientes angulares para “Chla” e “TSM” indicam uma relação inversa dessas variáveis com os índices de rendimento esperados (Figura 5-A/B). Todavia, apesar de o modelo apontar essa relação, o desvio residual calculado foi somente 9,89% menor que o inicial de base (“nulo”), o que indica que a explicação da variabilidade do índice de rendimento por parte dos fatores é baixa (Tabela III).

Tabela III - Análise de desvios dos modelos selecionados para o índice de rendimento das espécies escolhidas no litoral sul do Rio de Janeiro.

Fator	Grau de liberdade residual	Desvio residual	F	p(>F)
<b>Sardinha-verdadeira</b>				
Nulo	285	424,40		
Sísmica	284	424,17	0,172	0,679
Chla	283	413,18	8,184	0,004
TSM	282	378,84	25,558	$7,738 \times 10^{-07}$
<b>Dourado</b>				
Nulo	147	85,33		
Sísmica	146	85,33	0,003	0,954
Sísmica×Chla	144	82,94	2,700	0,050
Sísmica×TSM	142	78,27	5,281	0,006
<b>Pargo-rosa</b>				
Nulo	1870	703,75		
Sísmica	1869	698,13	15,288	$9,562 \times 10^{-05}$
Sísmica×TSM	1867	686,44	15,891	$1,435 \times 10^{-07}$
<b>Batata</b>				
Nulo	56	99,71		
Sísmica	56	99,18	0,305	0,583

**Observação:** sísmica: indica a atividade sísmica. Sísmica = 0, no período anterior a atividade sísmica e Sísmica = 1 = durante a atividade sísmica; Chla = Chlorofila-a estimada em mg/m<sup>3</sup>; TSM = Temperatura da superfície do mar, em °C.

#### Pelágico oceânico: dourado, *Coryphaena hippurus*

Foram registrados 155 desembarques da pesca com Barco grande com casaria e Espinhel-flutuante durante todo o período, destes, 148 apresentaram capturas positivas de dourado (67 antes e

81 durante o período de atividade sísmica). Dentre os modelos gerados, foi selecionado o com distribuição Gama e função de ligação inversa (Figura 3-C/D) para o índice de rendimento do dourado, em que este é descrito pelos seguintes componentes:

$$\begin{aligned} \text{IR} &\sim \text{Gama}(\mu, \theta) \\ E(\text{IR}) &= \mu \\ g(\mu) &= 1/\mu = \\ \hat{\eta} &= 0,0141^* - 0,0235 \text{ Sísmica-D}^{**} - 0,0204 \text{ Sísmica-} \\ &\quad \text{A} \times \text{Chla}^{**} + 0,0076 \text{ Sísmica-D} \times \text{Chla}^* - \\ &\quad - 0,0003 \text{ Sísmica-A} \times \text{TSM} + 0,0005 \\ &\quad \text{Sísmica-D} \times \text{TSM}^{**} \end{aligned}$$

As estimativas dos parâmetros “Sísmica-A×Chla” e “Sísmica-A×TSM” indicam uma relação direta da Clorofila-a e TSM com os índices de rendimento esperados no período anterior a atividade sísmica, porém o parâmetro “Sísmica-A×Chla” não foi significativo a um nível de 5% (ANOVA,  $p = 0,020$ ). O oposto ocorreu durante a atividade sísmica (Figura 5-C/D). Todavia, Apesar de o modelo apontar essas relações, o desvio residual calculado foi somente 8,27% menor que o inicial de base (“nulo”), o que indica que a explicação da variabilidade do índice de rendimento por parte dos fatores é baixa (Tabela III).

#### Demersal costeiro: pargo-rosa, *Pagrus pagrus*

Foram registrados 5.864 desembarques da pesca com Barco pequeno sem casaria e Linha-de-mão durante todo o período, destes, 1.871 apresentaram capturas positivas de pargo-rosa (944 antes e 927 durante o período de atividade sísmica). Dentre os modelos gerados, foi selecionado o com distribuição Gama e função de ligação identidade (Fig. 3-E e Fig.3-F) para o índice de rendimento do pargo-rosa, em que este é descrito pelos seguintes componentes:

$$\begin{aligned} \log(\text{IR}+1) &\sim \text{Normal}(\mu, \sigma^2) \\ E[\log(\text{IR}+1)] &= \mu \\ g(\mu) &= \mu = \eta \\ \hat{\eta} &= 4,089^{***} - 1,977 \text{ Sísmica-D}^{***} - 0,053 \text{ Sísmica-} \\ &\quad \text{A} \times \text{TSM}^{***} + 0,025 \text{ Sísmica-D} \times \text{TSM}^{***} \end{aligned}$$

O parâmetro “Sísmica-D” foi significativa ao nível de 5% (ANOVA,  $p = 9,562 \times 10^{-05}$ ) e sugere índices de rendimentos menores durante a atividade sísmica (Tabela 3). A estimativa dos parâmetros “Sísmica-A×TSM” e “Sísmica-D×TSM” indicam uma relação inversa da TSM com a variável resposta no período anterior à atividade sísmica e direta durante. Todavia, apesar de o modelo apontar essa relação, o desvio residual calculado foi somente 2,46% menor que o inicial de base (“nulo”), o que indica que a ex-

plicação da variabilidade do índice de rendimento por parte dos fatores é muito baixa (Tabela III).

#### **Demersal oceânico: batata, *Lopholatilus villarii***

Foram registrados 210 desembarques da pesca com Barco médio com casaria e Espinhel-fixo durante todo o período, destes, 58 apresentaram capturas positivas de batata (39 antes e 19 durante o período de atividade sísmica). Dentre os modelos gerados, foram selecionados o com distribuição Gama e função de ligação inversa e o com distribuição Log-normal e mesma função de ligação (Figura 3-G/H). No entanto, o modelo com distribuição Gama foi escolhido por utilizar os dados da variável resposta em escala natural. Desta forma, o modelo selecionado para o índice de rendimento do batata é descrito pelos seguintes componentes:

$$\begin{aligned} IR &\sim \text{Gama}(\mu, \theta) \\ E(IR) &= \mu \\ g(\mu) &= 1/\mu = \eta \\ \hat{\eta} &= 0,005^{***} - 0,001 \text{ Sísmica-D} \end{aligned}$$

Nenhum fator foi significativo em um nível de 5%, o fator "Sísmica" só foi mantido por ser o principal objeto de estudo. O desvio residual calculado foi somente 0,53% menor que o inicial de base ("nulo"), corroborando que nenhum dos fatores aqui testados explicam a variabilidade do índice de rendimento do batata (Tabela III).

## **DISCUSSÃO**

Na maioria dos modelos selecionados, a distribuição Gama foi a que melhor se adequou aos dados de índice de rendimento. Essa distribuição tem sido aplicada em dados de pesca devido ao aspecto da distribuição de dados de produção que apresentam geralmente um comportamento positivo assimétrico (Paula, 2010; Campos, 2007).

Foi possível observar ainda, com exceção de *L. villarii*, algumas tendências nos índices de rendimento relacionados às variáveis ambientais testadas (Temperatura da Superfície do Mar - TSM e concentração da Clorofila-a - Chla).

Os índices de rendimento da tainha, *Mugil liza*, foram maiores em temperaturas mais baixas, porém o modelo ajustado mostrou uma maior relação da variável resposta com a Clorofila-a (Figura 4-A/B). Segundo CEPSUL (2007) esta espécie está associada a maiores temperaturas, porém Scalabrin & Vieira (1991) relataram migrações reprodutivas

em baixas temperaturas, além de evidenciarem maiores capturas próximo ou em torno das isothermas de 19°C e 21°C no litoral do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Eventos como estes de migração, em que os organismos tendem a se agregar, propiciam capturas mais efetivas, o que conseqüentemente resulta em maiores índices de rendimento.

O dourado, *Coryphaena hippurus*, e a sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis*, também tenderam a apresentar índices de rendimento mais elevados nas menores temperaturas registradas (22-25°C) (Figuras 4-D, 5-D e 5-B). Essa tendência para o dourado já é conhecida pelos pescadores do Golfo do México, que afirmam estar "a água está boa para o dourado" em temperaturas entre 23°C e 25°C (CIB, 2007), e no Hawaii foi relatada uma maior correlação entre os rendimentos máximos e a isoterma de 23°C (Kraul, 1999). Já para a sardinha-verdadeira, essas tendências também foram evidenciadas por Gigliotti *et al.* (2007) que descreve uma relação inversa entre a TSM e a captura por unidade de esforço (CPUE), além de, maiores índices de CPUE nas temperaturas de 20°C e 23°C. Nesse mesmo estudo, não foi observada uma relação direta entre a concentração Clorofila-a e a produção pesqueira da sardinha-verdadeira. Saccardo *et al.* (1991) afirma que temperaturas muito superiores a 24°C podem afastar os cardumes dos locais de desova mais tradicionais. Nesse mesmo contexto, Moraes *et al.* (2012) indicam que a distribuição em larga escala da sardinha-verdadeira parece seguir o padrão espacial da TSM e que os efeitos da ressurgência costeira podem limitar áreas de desova e berçários. Foi relatado ainda a Valentini & Cardoso (1991), que durante um cruzeiro de prospecção hidroacústica em outubro de 1988, realizado em todo o litoral do sudeste-sul do Brasil, foi constatada a presença de cardumes de sardinha nas águas de baixas temperaturas. Os autores afirmam que alterações na estrutura oceanográfica da área de ocorrência da espécie podem acarretar deslocamentos dos cardumes para pontos em que se tornam indisponíveis para a pesca.

No modelo ajustado do pargo-rosa, *Pagrus pagrus*, a TSM também foi considerada um fator significativo, porém este fato parece estar mais associado às tendências opostas observadas entre os dois períodos do estudo (antes e durante a atividade sísmica).

A variável Clorofila-a foi significativa para o modelo ajustado do goete, *Cynoscion jamaicensis*, mas não ficaram nítidas as tendências apresentadas, e a temperatura foi descartada do modelo por não contribuir de forma significativa às estimativas. Schmidt & Dias (2012) demonstraram que a temperatura foi a

variável mais importante para explicar a distribuição desta espécie, porém os pertinentes dados de temperatura foram coletados *in loco*.

Portanto, as relações entre a TSM e os índices de rendimentos foram mais evidentes para as espécies pelágicas. Esse resultado já era esperado uma vez que essa variável está mais diretamente relacionada com o ambiente em que esses organismos vivem. Já as relações apresentadas com a Clorofila-a, surpreenderam por não apresentar relação direta evidente com as espécies pelágicas, principalmente as oceânicas, uma

vez que é possível utilizar esse parâmetro como um substituto da produtividade primária. Já em zonas costeiras, essas estimativas ficam bastante prejudicadas, dada a possibilidade de existirem grandes concentrações de sedimento e matéria orgânica de origem antrópica (Stewart, 1985). É provável que seja necessário utilizar um *time-lag* nessa variável ao relacionar com as capturas, já que existe um intervalo de tempo entre a ocorrência destes processos, a intensificação das produções primária e secundária, e a disponibilidade das espécies para captura (Oliveira, 2005).

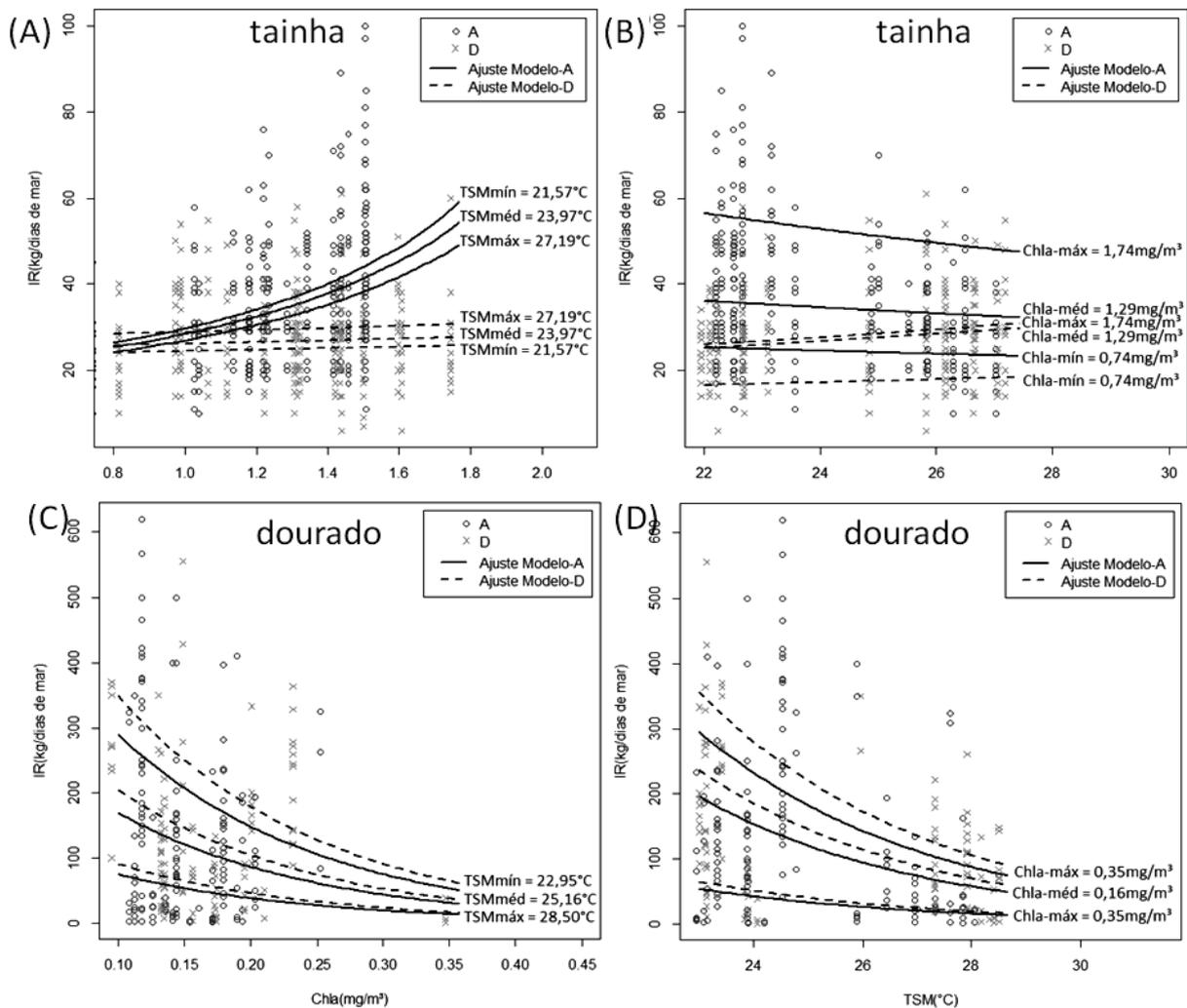


Figura 4 - Modelo ajustado do índice de rendimento da tainha e do dourado capturados no litoral oriental do Rio de Janeiro, em função das variáveis Chla (Clorofila-a) e TSM Temperatura da Superfície do Mar. IR= índice de rendimento da espécie; A = observações no período anterior à atividade sísmica; D = observações durante a atividade sísmica; linha contínua = ajuste do modelo para o período anterior à sísmica; linha tracejada = ajuste do modelo durante a atividade sísmica.

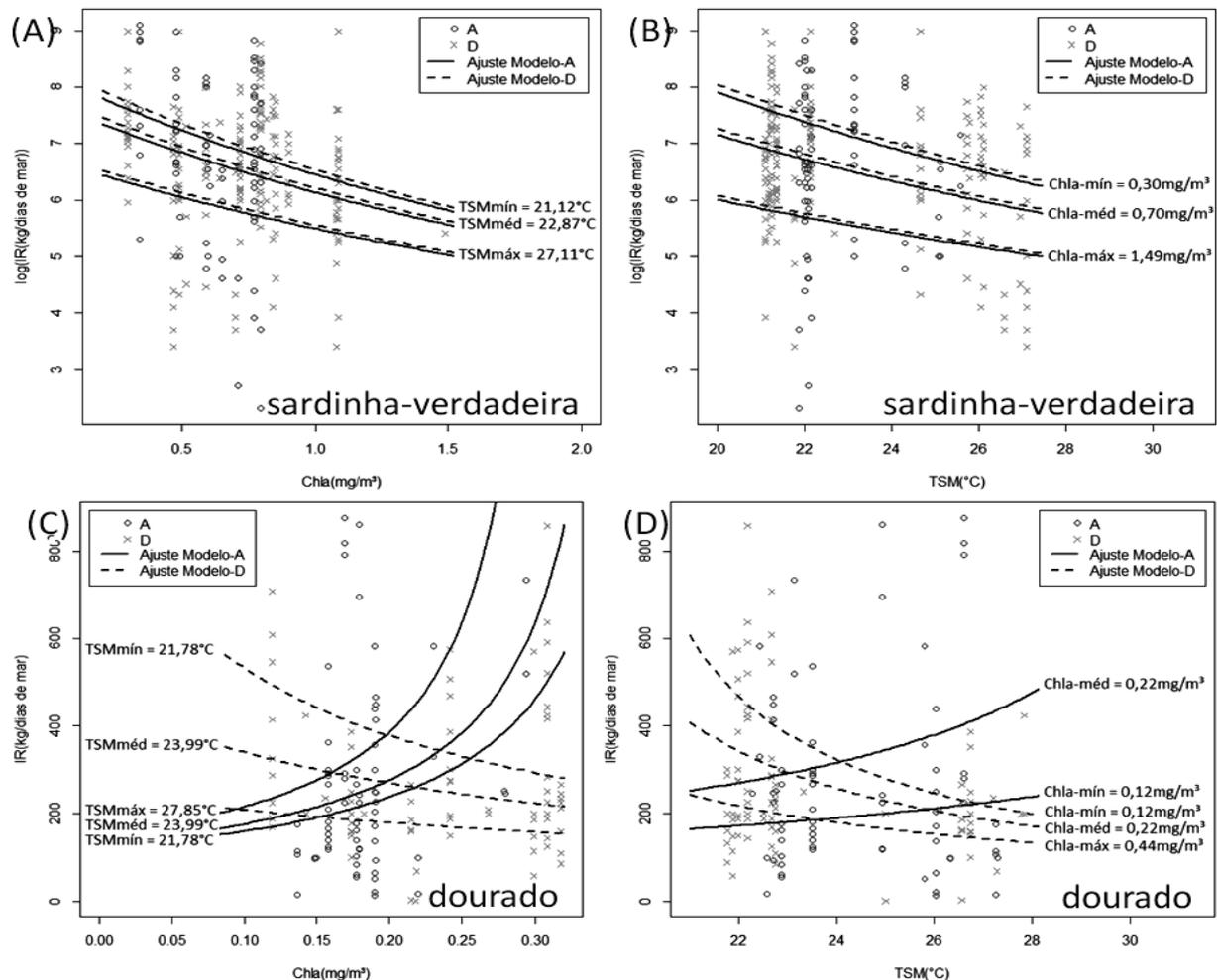


Figura 5 - Modelo ajustado do índice de rendimento da sardinha-verdadeira e do dourado capturados no litoral sul do Rio de Janeiro, em função das variáveis Chla (Clorofila-a) e TSM Temperatura da Superfície do Mar. IR= índice de rendimento da espécie; A = observações no período anterior à atividade sísmica; D = observações durante a atividade sísmica; linha contínua = ajuste do modelo para o período anterior à sísmica; linha tracejada = ajuste do modelo durante a atividade sísmica.

A maioria das espécies (tainha, dourado, pargo e goete) apresentou o fator “Sísmica” e/ou suas interações como importante(s) para o modelo, inclusive algumas tendências com as variáveis ambientais mostraram um comportamento oposto durante a atividade de sísmica. Esses resultados foram de difícil avaliação devido ao fator “Sísmica” coincidir com o fator ano, além de a atividade não ter ocorrido em toda a área de estudo, produzindo assim resíduos aos resultados em função do universo das áreas de pesca.

Apesar das tendências apresentadas, os fatores utilizados nos modelos ajustados explicaram muito pouco à variabilidade dos índices de rendimento. Isto significa que fatores importantes não foram incorporados ao modelo, por exemplo, informa-

ções sobre correntes marinhas e ventos, salinidade, tipo de fundo, ocorrência de frentes térmicas, esforço efetivo de pesca, local dos pesqueiros, presença de espécies predadoras ou competitivas, distância da área de atuação da atividade sísmica, entre outros. Nestas situações, parte da variabilidade do índice de rendimento que seria atribuída ao efeito desses fatores poderá ser equivocadamente atribuída ao efeito de outro fator (Andrade, 2008).

Além disso, as análises podem ter sido prejudicadas devido aos índices de rendimento por desembarque serem determinados com base no número de dias de mar ou, quando convinha, também pelo número de pescadores, pois estas eram as únicas informações de esforço contempladas no banco de dados. Segundo Fonteles-Filho (2011), a precisão

nas estimativas de índices de rendimento aumenta de acordo com os vetores do esforço e seu tempo de atuação, bem como as correspondentes unidades de esforço. Um esforço baseado em dias de mar poderá então fornecer informações viciadas devido à grande variabilidade implícita dos elementos não evidenciados pelos valores dessa unidade. Desta forma, informações sobre o número de lances ou arrastos, horas ou dias efetivos de pesca, tamanho (redes) e quantidade (anzóis, armadilhas) dos aparelhos de pesca melhorariam a qualidade da variável resposta.

O banco de dados também não contemplava informações geográficas espaciais dos locais de captura (pesqueiros), que tornariam as estimativas de TSM e Clorofila-a mais precisas devido a utilização de dados de uma área menor e mais correspondente. Essa informação também tornaria fator o “Sísmica” mais refinado, identificando assim as pescarias realizadas na mesma área de atuação da atividade sísmica, sendo possível até determinar a distancia entre essa área e os pesqueiros. Desta forma, essa variável poderia assumir uma escala de medida métrica, fornecendo um alto nível de precisão de medida, permitindo que quase todas as operações matemáticas sejam executadas (HAIR *et al.*, 2005). Engås *et al.* (1993 e 1996) observaram uma significativa redução das taxas de capturas e do número de peixes de maior porte em áreas próximas aos disparos dos *air guns*.

É importante frisar que, nos formulários do projeto ESTATPESCA/IBAMA, constam campos para a quantidade de aparelhos-de-pesca utilizados e pesqueiros principais, porém essas informações têm sido negligenciadas ou não foram registradas devido à resistência dos pescadores em fornecer dados dessa natureza.

As capturas nulas não foram avaliadas nesse estudo porque as pescarias são multiespecíficas e não existem informações sobre espécie(s) alvo da viagem (espécies que se pretende obter na pescaria). Estas informações seriam relevantes para verificar também se as probabilidades de captura daquela espécie foram alteradas em função da atividade sísmica. Skalski *et al.* (1992) sugerem que alterações comportamentais dos peixes causadas por essa atividade possam reduzir as capturas devido a estes cessarem o comportamento alimentar, deixando de “morder” as iscas empregadas na pescaria.

A Coordenadoria Geral de Petróleo e Gás (CGPEG/IBAMA) orienta a monitoramentos de desembarque que utilizem a metodologia de coleta do Projeto ESTATPESCA/IBAMA, porém este tem como objetivo caracterizar e estimar a produção pesqueira local (ARAGÃO & CASTRO E SILVA, 2006).

Portanto, não é uma metodologia desenvolvida para avaliação de impacto, muito menos no curto prazo em que são realizados os monitoramentos.

A produção total não serve como indicadora do impacto de uma atividade dadas as características biológicas e comportamentais de cada espécie, motivo por que Dalen & Knutsen (1986) não detectaram redução significativa na biomassa de peixes após a atividade sísmica, embora tenham evidenciado a migração de *Micromesistius poutasou* das áreas de atividade sísmica para regiões adjacentes. Pearson *et al.* (1992) e Skalski *et al.* (1992) apontam ainda diferentes comportamentos entre espécies do gênero *Sebastes* em resposta aos tiros com *air guns*.

Com um monitoramento envolvendo todos os tipos de pescarias e espécies, a obtenção de dados mais refinados torna-se impraticável. Este fato, aliado ao curto prazo em que os monitoramentos são realizados, não viabiliza gerar resultados mais conclusivos que possibilitem identificar a influência da atividade sísmica sobre os índices de rendimento de peixes capturados pela pesca artesanal, objetivo principal dos projetos de monitoramento de desembarque pesqueiros exigidos como condicionantes do licenciamento da atividade sísmica no Brasil em “águas rasas”. No entanto, esses projetos contribuem para o conhecimento da pesca local e constituem parte das poucas informações relativas à dinâmica de produção pesqueira, uma vez que os monitoramentos de desembarque oficiais no estado encontram-se negligenciados, dificultando análises a longo prazo, necessárias à estatística pesqueira (Monteiro-Neto *et al.*, 2011).

Esses monitoramentos devem significar algum conforto para os pescadores pelo fato de as pescarias estarem sendo acompanhadas durante uma atividade potencialmente “impactante”, mas Slotte *et al.* (2004) sugerem estudos como estes através da pesca experimental em que fossem examinadas simultaneamente duas áreas que envolvam a captura da mesma espécie de forma semelhante. Uma destas áreas deve estar distante dos ruídos provocados pelo *air guns* (área controle) e, além disso, recomenda-se a coleta de dados oceanográficos juntamente com os dados de captura e o uso de sonares como ferramenta adicional para rastrear direções, tamanhos e velocidade de cardumes. Essas avaliações devem ainda incluir as características da pesquisa sísmica e modelagem da propagação do ruído provável na área e deve-se ter o conhecimento da espécie estudada e sua biologia (FEWTRELL & MCCAULEY, 2012).

## CONCLUSÕES

A influência da atividade sísmica sobre a captura de peixes ainda é pouco documentada e tem gerado muitas incertezas a respeito do impacto dessa atividade sobre as pescarias. Análises realizadas através de Modelos Lineares Generalizados (MLG) mostraram ser uma importante ferramenta, pois permitem a inclusão de várias variáveis explicativas e dispensa as premissas de normalidade, linearidade e homocedasticidade que nem sempre se adequam bem aos dados de pesca.

Não foi possível evidenciar se a atividade sísmica influenciou as capturas dos peixes estudados, pois a metodologia atualmente empregada sob a forma de projetos de monitoramento de desembarques pesqueiros, não permitem identificar os possíveis impactos desta atividade sobre a pesca artesanal, sendo desta forma, considerada inadequada.

Torna-se necessário rever a exigência de projetos de monitoramento de desembarques nos licenciamentos da pesquisa sísmica, em busca de estratégias mais efetivas que possibilitem determinar esse possível impacto sobre o rendimento de pescado. No presente estudo, verificou-se a importância de considerar a inclusão das informações de condições oceanográficas, espacialização dos dados e um maior detalhamento do esforço de pesca na avaliação dos possíveis impactos da atividade sísmica.

**Agradecimentos** - Ao apoio financeiro pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível-ANP, Financiadora de Estudos e Projetos-FINEP e Ministério da Ciência e Tecnologia-MCT por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor Petróleo e Gás-PRH27-ANP/MCT. À equipe da CGPEG/IBAMA principalmente a Fernando Augusto Galheigo pelo auxílio ao longo do estudo. À PETROBRAS e a Roberto Wahrlich da Universidade do Vale do Itajaí-UNIVALI, por permitirem o uso dos dados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, H.A. Taxa de captura para o bonito-lis-trado (*Katsuwonnus pelamis*) do sudoeste do oceano Atlântico Sul. *B. Inst. Pesca*, v.34, n.3, 391-402, 2008.

Aragão, J.A.N. & Castro e Silva, S.M.M. *Censo estrutural da pesca coleta de dados e estimação de desembarques de pescado*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 180 p., Brasília, 2006.

Campos, R.O. *Análise quantitativa dos dados de captura e*

*esforço de pesca das principais pescarias de pequena-escala praticadas na Baía de Todos os Santos e Baixo Sul de Estado da Bahia*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará, 201 p., Fortaleza, 2007.

Castro, B.M. *Correntes e massas de água da plataforma continental norte de São Paulo*. Tese de Livre-Docência, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 248 p., 1996.

CEPSUL. *I Relatório de reunião técnica para o ordenamento da pesca da tainha (Mugil platanus, M. liza) na região Sudeste/Sul do Brasil*. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 68 p., Itajaí, 2007.

CIB. *Evaluación biológico-pesquera del dorado (Coryphaena hippurus y C. equiselis) en el Océano Pacífico. Región I*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Programa Ecología Pesquera, 258 p., Guaymas, 2007.

Dalen, J. *Effects of seismic surveys on fish, fish catches and sea mammals: Report for the Cooperation Group – Fishery Industry and Petroleum Industry*. Det Norske Veritas AS, Veritasveien, 33 p., 2007.

Engås, A.; Løkkeborg, S.; Ona, E. & Soldal, A.V. Effects of seismic shooting on catch and catch-availability of cod and haddock. *Fisken Havet*, v. 9, p. 1-177, 1993.

Engås, A.; Løkkeborg, S.; Ona, E. & Soldal, A.V. Effects of seismic shooting on local abundance and catch rates of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, v.53, p.2238-2249, 1996.

Fewtrell, J.L. & McCauley, R.D. Impact of air gun noise on the behaviour of marine fish and squid. *Mar. Poll. Bull.*, v.64, p.984-993, 2012.

Figueiredo-Júnior, A.G. & Tessler, M.G. *Topografia e composição de substrato marinho da região sudeste-sul do Brasil*. Instituto Oceanográfico, REVIZEE/Score Sul., 64 p., São Paulo, 2004.,

Fonteles-Filho, A.A. *Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros*. Expressão Gráfica e Editora, 460 p., Fortaleza, 2011.

Gausland, I. *Seismic surveys impact on fish an fisheries : Report for Norwegian Oil Industry Association*, 41 p. Stavanger, 2003.

Gigliotti, E.S.; Sato, O.T. & Paes, E.T. Correlação entre variáveis oceanográficas medidas por satélite e a produção pesqueira de *Sardinella* na costa sudeste-sul do Brasil, p.3365-3372, in *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, 2007.

- Hair, J.; Anderson, R.; Tatham, R. & Black, W. *Análise multivariada de dados*. Bookmann, 5ª. edição, 593 p., Porto Alegre, 2005
- Hassel, A.; Knutsen, T.; Dalen, J.; Løkkeborg, S.; Skaar, K.; Østensen, Ø.; Haugland, E.K.; Fonn, M.; Høines, Å. & Misund, O.A. Reaction of sandeel to seismic shooting : A field experiment and fishery statistics study. *Fisken Havet*, v.4, p.1-62, 2003.
- Hirst, A.G. & Rodhouse, P.G. Impacts of geophysical seismic surveying on fishing success. *Rev. Fish Biol. Fish.*, v.10, p.113-118, 2000.
- Jákupsstovu, S.H.; Olsen, D. & Zachariassen, K. *Effects of seismic activities on the fisheries at the Faroe Islands*. Faroe Island, 93 p., 2001.
- Kraul, S. Seasonal abundance of the dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, in Hawaii and the tropical Pacific Ocean. *Sci. Mar.*, v.63, n.3-4, p.261-266, 1999.
- Løkkeborg, S. Seismic activity can both increase and reduce catches. *Mar. Res. News*, v.9, 2010.
- McCauley, R.D.; Fewtrell, J.; Duncan, A.J.; Jenner, C.; Jenner, M-N.; Penrose, J.D.; Prince, R.I.T./ Adhitya, A.; Murdoch, J. & McCabe, K. Marine seismic surveys : a study environmental implications. *Appea J.*, p.692-708, 2000.
- Mello-Filho, W.L. *Observações de feições oceanográficas de superfície na costa sudeste brasileira através de imagens termais do sensor AVHRR/NOAA*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 85 p., São José dos Campos, 2006.
- Monteiro-Neto, C.; Tubino, R.A.; Cardoso, A.M.; Wanderley, A.V.; Papoula, N.R.P.R.; Borges, J.N.; Prestelo, L.; Silva, P.J.A.; Andrade-Tubino, M.F. & Haimovici, M. Avaliação de sustentabilidade dos sistemas de pesca artesanal em cinco localidades do Estado do Rio de Janeiro. In *Sistemas pesqueiros marinhos e estuarinos do Brasil* (M Haimovici, org.), Ed. da FURG, Rio Grande, p: 65-78, 2011.
- Moraes, L.E.S.; Gherardi, D.F.M.; Katsuragawa, M. & Paes, E.T. Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis* Steindachner, 1879) spawning and nursery habitats: spatial-scale partitioning and multiscale relationships with themohaline descriptors. *ICES J. Mar. Sci.*, v.69, n.6, p.939-952, 2012.
- Muehe, D.; Lima, C.F. & Lins-de-Barros, F.M. Rio de Janeiro, p.265-296, in Muehe, D. (org.), *Erosão e prograduação no litoral brasileiro*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2006.
- Oliveira, F.S.C. *Estimativas de captura de bonito-listrado (Katsuwonus pelamis) na costa sudeste do Brasil usando um modelo estatístico e dados de sensoriamento remoto*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 107 p., 2005.
- Paula, G.A. *Modelos de regressão com apoio computacional*. Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, 403 p., 2010.
- Pearson, W.H. Effects of sounds from a geophysical survey device on behavior of captive rockfish (*Sebastes* spp.). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, v.49, p.1343-1356, 1992.
- R Core Team 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/>, 2012.
- Resolução CONAMA nº 350 de 6 de julho. *Diário Oficial da União 20 de agosto de 2004*. Ministério do Meio Ambiente, 2004.
- Saccardo, S.A. & Rossi-Wongtschowski, C.L.B. Biologia e avaliação do estoque da sardinha *Sardinella brasiliensis*: uma compilação. *Atlântica*, v.13, n.1, p.29-43, 1991.
- Schmidt, T.C.S. & Dias, J.F. Pattern of distribution and environmental influences on the Sciaenidae community of the southeastern Brazilian coast. *Braz. J. Oceanogr.*, v.60, n.2, p.233-243, 2012.
- Schwarz, A.L. The behavior of fishes in their acoustic environment. *Environ. Biol. Fishes*, v.13, n.1, p. 3-15, 1985.
- Silva, A.O.A. & Vianna, M. A produção pesqueira do Estado do Rio de Janeiro, p.47-60, in Vianna, M. (org.), *Diagnóstico da cadeia produtiva da pesca marítima no Estado do Rio de Janeiro: relatório de pesquisa*. FAERJ/SEBRAE-RJ, Rio de Janeiro, 2009.
- Slabbekoorn, H.; Bouton, N.; Opzeeland, E.; Coers, A.; Cate, A. & Popper, A.N. A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. *Trends Ecol. Evol.*, v.25, p.417-427, 2010.
- Slotte, A.; Hansen, K.; Dalen, J. & Ona, E. Acoustic mapping of pelagic fish distribution and abundance in relation to a seismic shooting area off the Norwegian west coast. *Fish. Res.*, v.67, p.143-150, 2004.
- Stewart, R.H. *Methods of satellite oceanography*. Scripps Institution of Oceanography, 360 p., San Diego, 1985.
- Turkman, M.A.A. & Silva, G.L. *Modelos Lineares Generalizados : da teoria à prática*. Lisboa, 153 p., 2000.

Valentini, H. & Cardoso, R.D. Análise da pesca da sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis*, na costa sudeste/sul do Brasil. *Atlântica*, v.13, n.1, p.45-54, 1991.

Vieira, J.P. & Scalabrin, C. Migração reprodutiva da tainha (*Mugil platanus* Günther, 1980) no Sul do Brasil. *Atlântica*, v.15, n.1, p.131-141, 1991.

Vilardo, C. *Os impactos ambientais da pesquisa sísmica marítima*. Monografia de Graduação, Programa de

Formação Profissional em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 126 p., 2006.

Vilardo, C. *Avaliação ambiental de pesquisas sísmicas marítimas no Brasil: evolução e perspectivas*. Dissertação de Mestrado, Programa de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 307 p., 2007.

Vilardo, C. Impacto ambiental de pesquisas sísmicas marítimas em peixes: em busca das conclusões. *III Congresso Brasileiro de Oceanografia*, Fortaleza, 2008.