

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

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

JANAINA SALES HOLANDA

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

Orientador: Marcelo Cunha Vasconcellos

**RIO GRANDE
Agosto de 2012**

OFERECIMENTOS E AGRADECIMENTOS

Ao apoio financeiro da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP), da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e do 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 Isabel Machado e Gilberdo Griep do PRH27-ANP;

À equipe da Coordenadoria Geral de Petróleo e Gás Natural (CGPEG/IBAMA), principalmente ao Analista Ambiental Fernando Augusto Galheigo pelo auxílio ao longo do estudo.

À PETROBRÁS e ao Roberto Wahrlich da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI) por permitirem o uso dos dados.

À oceanóloga Francyne Caroline por me esclarecer sobre a dinâmica de pesca no Rio de Janeiro

Ao meu orientador Marcelo Vasconcellos e “coorientadora” Alessandra Cristina da Silva;

Ao professor Manuel Haimovici e Dr. Silvio Jablonski pelas importantes considerações ao trabalho.

Ao professor Paul Gerhard Kinas, a professora Silvia Maria de Freitas e ao Eriton Barros dos Santos pela disponibilidade e auxílio nas análises estatísticas;

Ao Frederico Z. Poletto por me ajudar com as “rotinas” gráficas no R;

À minha mãe, Geraldina, e irmã, Carla, por todo apoio e incentivo;

À família Lima por me “adotar”, aconselhar e me receberem em sua casa, prestando todo auxílio, inclusive em muitos momentos difíceis;

À Bruna Barros Lima, Karina Lopes Ramos, Paloma Calábria Carvalho, Pedro Henrique Viana de Araujo e Walter Dennis de Oliveira, amigos para toda uma vida, sempre me apoiando, ajudando e incentivando;

ÍNDICE

RESUMO	V
ABSTRACT	VI
INTRODUÇÃO	01
MATERIAL E MÉTODOS.....	03
Dados de Desembarque	03
Área de Estudo	04
Dados Oceanográficos	05
Análise de dados	06
RESULTADOS.....	08
Litoral oriental	08
Pelágica costeiro: tainha (<i>Mugil liza</i> Valenciennes, 1836).....	08
Pelágico oceânico: dourado (<i>Coryphaena hippurus</i> Linnaeus, 1758)	11
Demersal costeiro: goete (<i>Cynoscion jamaicensis</i> Vaillant e Bocourt, 1883)	13
Litoral sul	14
Pelágico costeiro: sardinha-verdadeira (<i>Sardinella brasiliensis</i> Steindachner, 1879)	14
Pelágico oceânico: dourado (<i>Coryphaena hippurus</i> Linnaeus, 1758)	16
Demersal costeiro: pargo-rosa (<i>Pagrus pagrus</i> Linnaeus, 1758)	17
Demersal oceânico: batata (<i>Lopholatilus villarii</i> Miranda Ribeiro, 1915) ...	19
DISCUSSÃO	20
CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
TABELAS	35
FIGURAS	43

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, em particular na pesca artesanal. 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). Através de Modelos Lineares Generalizados (MLG) foram avaliadas por habitat, três espécies de peixes capturadas no litoral oriental do Rio de Janeiro: tainha (pelágica costeira), dourado (pelágica oceânica) e goete (demersal costeira); e quatro espécies no litoral sul: sardinha-verdadeira (pelágica costeira), dourado (pelágica oceânica), pargo-rosa (demersal costeira) e batata (demersal oceânica). 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-chave: Sísmica, Pesca, Modelos Lineares Generalizados, 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). By Generalized Linear Models (GLM), it was evaluated, by habitat, three fish species caught in the oriental littoral of Rio de Janeiro: mullet (coastal pelagic), dolphinfish (oceanic pelagic), jamaica weakfish (coastal demersal); and four species from south littoral: brazilian sardine (coastal pelagic), dolphinfish (oceanic pelagic), red porgy (coastal demersal), tile fish (oceanic

demersal). It was found that the environmental variables and seismic activity have low effect in landings productivity variability, although it was verified direct and inverse trends already described 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 them, 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: seismic, fishery, Generalized Linear Models, environmental impact, monitoring of fishing landing.

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; Vilaro 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; Dalen & Mæstad, 2008; 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; Vilaro, 2008, Fewtrell & 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 (Dalen & Knutsen, 1986; Skalski *et al.*, 1992; Engås *et al.*, 1993; Engås *et al.*, 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; Vilaro, 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) desenvolvido pelo IBAMA. 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 uma atividade sísmica realizada no litoral do estado do Rio de Janeiro, Brasil, 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 no Estado do Rio de Janeiro, nos municípios de São Francisco de Itabapoana, 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 de 2009 e outubro de 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 e Tabela 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 realização da sísmica 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.

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). Em virtude disto, a Corrente do Brasil, que flui ao longo do talude de norte para sul, também sofre mudança de direção causando meandros que formam 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). Desta forma, nesse estudo os dados 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 (Fig. 1).

Dados Oceanográficos

Para 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). Estes dados foram gerados a partir das informações coletadas 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 (Fig. 2).

Análise de dados

Para a avaliação dos dados de desembarques controlados no monitoramento, primeiramente procurou-se identificar quais as pescarias (binômio embarcação e arte-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 (A) e durante (D) 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/(dias-de-mar) ou kg/(pescador x dias-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* Valenciennes, 1836), dourado (*Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758) e goete (*Cynoscion jamaicensis* Vaillant e Bocourt, 1883); e no litoral sul a sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis* Steindachner, 1879), dourado (*Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758), pargo-rosa (*Pagrus pagrus* Linnaeus, 1758) e batata (*Lopholatilus villarii* Miranda Ribeiro, 1915) (Tabela 2). Não foi identificado dentre as pescarias escolhidas, espécies demersais oceânicas capturadas no litoral oriental.

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, log-Normal e log-Normal Inversa podem ser apropriadas para modelar dados estritamente positivos de natureza contínua (Turkman & Silva, 2000) como os índices de rendimento por desembarque, sendo assim 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 $(x+1)$.

O modelo saturado (modelo com todas as variáveis) considerado envolveu os seguintes fatores: Sísmica, TSM, Clorofila-a (Chla), e as interações de primeira ordem, Sísmica×TSM e Sísmica×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 95% confiança construídos por 1.000 simulações de Monte Carlo (envelope simulado); de resíduos; e da distância de Cook. Sendo desta forma, selecionado por comparação gráfica aquele que indicasse 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

Litoral oriental

Pelágico costeiro: tainha (*Mugil liza Valenciennes, 1836*)

Foram registrados 865 desembarques da pescaria com Barco pequeno sem casaria e Rede-de-emalhar-de-deriva (BSP-RED) 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 (Tabela 3), sendo então selecionados para avaliar a adequação da distribuição proposta para a variável resposta. Os modelos com distribuição log-Normal Inversa foram descartados devido à grande diferença entre os desvios (deviance) e os graus de liberdade, indicando uma inadequação desses modelos.

Os gráficos de quantis da Normal com envelope gerado e os resíduos (Fig. 3-A, Fig. 3-B, Fig. 4-A e Fig.4-B) 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 (Fig. 3-A e Fig. 4-A), 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, 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 (Fig. 3-C).

Desta forma, o modelo selecionado para o índice de rendimento da tainha é descrito pelos seguintes componentes:

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

$$E(IR) = \mu \quad \therefore$$

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

$$\hat{\eta} = 0,0424^* + 0,0255 \text{ Sísmica-D} - 0,0219 \text{ Chla}^{***} + 0,0192 \text{ Sísmica-D} \times \text{Chla}^{***} \\ + 0,0006 \text{ Sísmica-A} \times \text{TSM} - 0,0011 \text{ Sísmica-D} \times \text{TSM}^{**} \therefore$$

onde: IR é o índice de rendimento em kg/(dias-de-mar); μ é a média populacional, ou seja, o valor esperado do IR; $g(\mu)$ é a função de ligação; η 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/m³; “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 (Fig. 5-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 fatores interagem com TSM foram bem próximas à 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 (Fig. 5-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 4).

Pelágico oceânico: dourado (*Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758)

Foram registrados 741 desembarques da pescaria com Barco médio com casaria e Espinhel-flutuante (BCM-EFL) durante todo o período, destes, 242 apresentaram capturas positivas de dourado (141 antes e 100 durante o período de atividade sísmica).

Nos modelos com distribuição de probabilidade Gama, a função de ligação logarítmica foi a que apresentou menor valor do AIC, já os modelos com distribuição log-Normal, a função de ligação identidade foi a que obteve menor AIC (Tabela 5). Os modelos com distribuição log-Normal Inversa foram descartados devido a grande diferença entre os desvios e os graus de liberdade calculados.

Os gráficos de quantis da Normal com envelope gerado e os resíduos (Fig. 6-A, Fig. 6-B, Fig. 7-A e Fig.7-B) não apresentaram indícios relevantes de que a distribuição Gama com função de ligação logarítmica seja inadequada para explicar o índice de rendimento do dourado. Além disso, mostraram que esse modelo é mais adequado que o modelo com distribuição log-Normal e função de ligação identidade sendo, portanto escolhido. O gráfico da Distância de Cook do modelo escolhido não apresentou observações preocupantes, mesmo entre aquelas que têm poder de alavancagem relativamente maior (Fig. 6-C).

Desta forma, o modelo selecionado para o índice de rendimento do dourado é descrito pelos seguintes componentes:

$$IR \sim \text{Gama}(\mu, \varnothing) \quad \therefore$$

$$E(IR) = \mu \quad \therefore$$

$$g(\mu) = \log \mu = \eta \quad \therefore$$

$$\hat{\eta} = 11,918 + 0,189 \text{ Sísmica-D} - 6,723 \text{ Chla}^{***} - 0,243 \text{ TSM}^{***} \quad \therefore$$

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 6).

As estimativas dos coeficientes angulares para “Chla” e “TSM” indicam uma relação inversa dessas variáveis com os índices de rendimento esperados (Fig. 8). 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 6).

Demersal costeiro: goete (*Cynoscion jamaicensis* Vaillant e Bocourt, 1883)

Foram registrados 1.265 desembarques da pescaria com Barco médio com casaria e Arrato-de-pareilha (BCM-APA) durante todo o período, destes, somente 198 apresentaram capturas positivas de goete (119 antes e 79 durante o período de atividade sísmica).

Nos modelos gerados com distribuição de probabilidade Gama, a função de ligação inversa foi a que apresentou menor valor do AIC, embora bem próximo ao da função logarítmica. Já nos modelos com distribuição log-Normal a função de ligação identidade foi a que obteve menor AIC (Tabela 7). Os modelos com distribuição log-Normal Inversa foram descartados devido a grande diferença entre os desvios e os graus de liberdade calculados, indicando uma inadequação de tais modelos.

Os gráficos de quantis da Normal com envelope gerado (Fig. 8-A e Fig. 9-A) mostrou que apesar de parte das observações ficarem fora do intervalo de confiança, a distribuição Gama foi a que mais se adequou em explicar o índice de rendimento do goete sendo, portanto a escolhida. Os gráficos de resíduos e da distância de Cook do modelo escolhido não apresentaram indícios de que a função de ligação utilizada seja inadequada (Fig. 8-B), assim como, não foi constatado observações preocupantes, mesmo entre aquelas que têm um poder de alavancagem relativamente maior (Fig. 8-C).

Desta forma, o modelo selecionado para o índice de rendimento do goete é descrito pelos seguintes componentes:

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

$$E(IR) = \mu \therefore$$

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

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

A estimativa positiva do parâmetro “Sísmica-D” indica que durante a atividade sísmica, os índices de rendimento esperados foram menores. Já as estimativas dos fatores “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 esta última não foi significativa a um nível de 5% (ANOVA, $p = 0,090$) (Fig. 10). 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 8).

Litoral sul

Pelágico costeiro: sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*

Steindachner, 1879)

Foram registrados 913 desembarques da pescaria com Barco médio com casaria e Traineira (BCM-TRA) durante todo o período, destes, 286 apresentaram capturas positivas de dourado (81 antes e 205 durante o período de atividade sísmica).

Os modelos com distribuição de probabilidade Gama e log-Normal apresentaram valor menor do AIC em modelos com função de ligação inversa

(Tabela 9). Os modelos com distribuição log-Normal Inversa foram descartados devido a grande diferença entre os desvios e os graus de liberdade calculados.

Os gráficos de quantis da Normal com envelope gerado e os resíduos (Fig. 11-A, Fig. 11-B, Fig. 12-A e Fig. 12-B) 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 sardinha-verdadeira, podendo os dois modelos ser utilizados. No entanto, comparando os gráficos de quantis da Normal (Fig. 11-A e 12-A), a distribuição log-Normal mostrou ser um pouco melhor que a Gama, pois poucas observações ficaram fora do intervalo de confiança, sendo assim, esse modelo foi escolhido. O gráfico da distância de Cook não apresentou observações preocupantes, mesmo entre aquelas que têm um elevado poder de alavancagem (Fig. 12-C).

Desta forma, o modelo selecionado para o índice de rendimento da sardinha-verdadeira é descrito pelos seguintes componentes:

$$\log(\text{IR}) \sim \text{Normal}(\mu, \sigma^2) \quad \therefore$$

$$E[\log(\text{IR})] = \mu \quad \therefore$$

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

$$\hat{\eta} = 0,026 - 0,002 \text{ Sísmica} + 0,033 \text{ Chla}^{***} + 0,004 \text{ TSM}^{***} \quad \therefore$$

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 10).

As estimativas dos coeficientes angulares para “Chla” e “TSM” indicam uma relação inversa dessas variáveis com os índices de rendimento esperados (Fig.

13). 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 10).

Pelágico oceânico: dourado (*Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758)

Foram registrados 155 desembarques da pescaria com Barco grande com casaria e Espinhel-flutuante (BCG-EFL) durante todo o período, destes, 148 apresentaram capturas positivas de dourado (67 antes e 81 durante o período de atividade sísmica).

Os modelos gerados com distribuição de probabilidade Gama para cada função de ligação, apresentaram o mesmo valor do AIC, desta forma, qualquer função de ligação poderia ser escolhida. Já nos modelos com distribuição log-Normal a função de ligação inversa foi a que obteve menor valor do AIC, embora com valor bem próximo aos dos outros modelos (Tabela 11). Sendo assim, optou-se por escolher os dois modelos com ligação inversa. Os modelos com distribuição log-Normal Inversa foram descartados devido a grande diferença entre os desvios e os graus de liberdade calculados.

Os gráficos de quantis da Normal com envelope gerado e os resíduos (Fig. 13-A, Fig. 13-B, Fig. 14-A e Fig. 14-B) não apresentaram indícios relevantes de que a distribuição Gama com função de ligação inversa seja inadequada para explicar o índice de rendimento do dourado, mostrou ainda, que esse modelo é mais apropriado que o modelo com distribuição log-Normal e mesma função, sendo, portanto escolhido. O gráfico da Distância de Cook do modelo não apresentou observações preocupantes (Fig. 13-C).

Desta forma, o modelo selecionado para o índice de rendimento do dourado é descrito pelos seguintes componentes:

$$IR \sim \text{Gama}(\mu, \emptyset) \quad \therefore$$

$$E(IR) = \mu \quad \therefore$$

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

$$\begin{aligned} \hat{\eta} = & 0,0141^* - 0,0235 \text{ Sísmica-D}^{**} - 0,0204 \text{ Sísmica-A} \times \text{Chla}^{**} \\ & + 0,0076 \text{ Sísmica-D} \times \text{Chla}^* - 0,0003 \text{ Sísmica-A} \times \text{TSM} \\ & + 0,0005 \text{ Sísmica-D} \times \text{TSM}^{**} \quad \therefore \end{aligned}$$

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×TSM” não foi significativo a um nível de 5% (ANOVA, $p = 0,020$). O oposto ocorreu durante a atividade, uma vez que as estimativas dos parâmetros “Sísmica-D×Chla” e “Sísmica-D×TSM” são positivas (Fig. 15). 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 12).

Demersal costeiro: pargo-rosa (*Pagrus pagrus* Linnaeus, 1758)

Foram registrados 5.864 desembarques da pescaria com Barco pequeno sem casaria e Linha-de-mão (BSP-LIN) durante todo o período, destes, 1.871 apresentaram capturas positivas de pargo-rosa (944 antes e 927 durante o período de atividade sísmica).

Os modelos com distribuição de probabilidade Gama e log-Normal apresentaram valor menor do AIC em modelos com função de ligação identidade (Tabela 13). Os modelos com distribuição log-Normal Inversa foram descartados devido a grande diferença entre os desvios e os graus de liberdade calculados, indicando uma inadequação de tais modelos.

Os gráficos de quantis da Normal com envelope gerado e os resíduos (Fig. 16-A, Fig. 16-B, Fig. 17-A e Fig. 17-B) não apresentaram indícios relevantes de que a distribuição Gama ou log-Normal com função de ligação identidade sejam inadequadas para explicar o índice de rendimento do pargo-rosa, podendo os dois modelos ser utilizados. No entanto, comparando os gráficos de quantis da Normal (Fig. 16-A e Fig. 17-A), a distribuição log-Normal mostrou ser um pouco mais adequada que a Gama, pois um número menor de observações ficou fora do intervalo de confiança, sendo assim, esse modelo foi escolhido. O gráfico da distância de Cook não apresentou observações preocupantes (Fig. 17-C).

Desta forma, o modelo selecionado para o índice de rendimento do pargo-rosa é descrito pelos seguintes componentes:

$$\log(\text{IR}+1) \sim \text{Normal}(\mu, \sigma^2) \quad \therefore$$

$$E[\log(\text{IR}+1)] = \mu \quad \therefore$$

$$g(\mu) = \mu = \eta \quad \therefore$$

$$\hat{\eta} = 4,089^{***} - 1,977 \text{ Sísmica-D}^{***} - 0,053 \text{ Sísmica-A} \times \text{TSM}^{***} \\ + 0,025 \text{ Sísmica-D} \times \text{TSM}^{***} \quad \therefore$$

O parâmetro “Sísmica-D” foi significativo a um nível de 5% (ANOVA, $p = 9,562 \times 10^{-05}$) e sugere índices de rendimentos menores durante a atividade

sísmica (Tabela 14). As estimativas dos parâmetros “Sísmica-A×TSM” e “Sísmica-D×TSM” indicam uma relação inversa da TSM com variável resposta no período anterior à atividade sísmica e direta durante (Fig. 18). 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 explicação da variabilidade do índice de rendimento por parte dos fatores é muito baixa (Tabela 14).

Demersal oceânico: batata (*Lopholatilus villarii* Miranda Ribeiro, 1915)

Foram registrados 210 desembarques da pescaria com Barco médio com casaria e Espinhel-fixo (BCM-ESF) durante todo o período, destes, 58 apresentaram capturas positivas de batata (39 antes e 19 durante o período de atividade sísmica).

Os modelos com distribuição de probabilidade Gama e log-Normal apresentaram o mesmo valor do AIC em as suas respectivas funções de ligação (Tabela 15), desta forma, qualquer função de ligação poderia ser escolhida. Optou-se por utilizar a função de ligação inversa para avaliar a adequação da distribuição proposta para a variável resposta. Os modelos com distribuição log-Normal Inversa foram descartados devido a grande diferença entre os desvios e os graus de liberdade calculados.

Os gráficos de quantis da Normal com envelope gerado e os resíduos (Fig. 19-A, Fig. 19-B, Fig. 20-A e Fig. 20-B) 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 do batata, podendo os dois modelos ser utilizados. No entanto, o modelo com distribuição Gama foi

escolhido por utilizar os dados da variável resposta em escala natural. O gráfico da distância de Cook não apresentou observações preocupantes (Fig.19-C).

Desta forma, o modelo selecionado para o índice de rendimento do batata é descrito pelos seguintes componentes:

$$IR \sim \text{Gama}(\mu, \emptyset) \quad \therefore$$

$$E(IR) = \mu \quad \therefore$$

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

$$\hat{\eta} = 0,005^{***} - 0,001 \text{ Sísmica-D} \quad \therefore$$

Nenhum fator foi significativo em um nível de 5% e 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 16).

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 da espécie batata, 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 (Fig. 5). 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 isotermas 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) (Fig. 8, 13 e 15). Essa tendência para o dourado já é conhecida pelos pescadores do Golfo do México, que afirmam que “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 estas 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 em 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 (Fig. 18), porém este fato parece estar mais associado às tendências opostas observadas entres 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*), no entanto, não ficaram nítidas as tendências apresentadas. Já a temperatura foi descartada do modelo por não contribuir de forma significativa às estimativas. Schmidt & Dias (2012) evidenciaram em seu estudo que a temperatura foi a variável mais importante para explicar a

distribuição desta espécie, contudo os dados de temperatura, no caso, 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 apresentarem relação direta evidente com as espécies pelágicas, principalmente as oceânicas, uma vez que é possível utilizar esse parâmetro como um substituto da produtividade primária nessas regiões. Já em zonas costeiras essas estimativas ficam bem prejudicadas, dada a possibilidade de existirem grandes concentrações de sedimento e da 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 da produção primária e secundária e a disponibilidade das espécies à captura (Oliveira, 2005).

A maioria das espécies (tainha, dourado, pargo e goete) apresentou o fator “Sísmica” e/ou suas interações como importante(s) ao modelo, inclusive algumas tendências com as variáveis ambientais mostraram um comportamento oposto durante a atividade de sísmica. Esses resultados foram difíceis de serem avaliados, 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, dado o 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, informações de correntes marinhas e ventos, salinidade, profundidade, 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 de esforço, tempos de atuação e unidades de esforço. Um esforço baseado em dias de mar poderá então fornecer informações viciadas devido à grande variabilidade implícita dos elementos do esforço 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 “Sísmica” mais refinado, identificando assim as pescarias realizadas na mesma área de atuação da atividade sísmica, sendo possível até determinar a distância entre essa área e os pescueiros. 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 pescueiros principais, porém o preenchimento destas informações tem sido negligenciado ou não foram preenchidas pela resistência dos pescadores em fornecer esses dados.

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 que pudesse ser avaliado 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 & Silva, 2006). Portanto, não é uma metodologia desenvolvida para avaliação de impacto, muito menos no curto prazo em que são realizados os monitoramentos.

É importante ressaltar que uma avaliação baseada na produção total, como foi observada em alguns relatórios, não é suficiente para avaliar o impacto de uma atividade dada à particularidade biológica e comportamental de cada espécie. Isso já foi observado em um estudo realizado por Dalen & Knutsen (1986) com tecnologia acústica. Os autores não detectaram redução significativa na biomassa de peixes após a atividade sísmica, porém ao avaliarem os dados com maior detalhe perceberam que a espécie *Micromesistius poutassou* emigrou 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 dos *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).

Talvez esses monitoramentos promovam ainda algum conforto para os pescadores, pelo fato de as pescarias estarem sendo acompanhadas durante uma atividade potencialmente “impactante”. Porém, parte desse esforço poderia estar sendo empregado em estudos mais conclusivos, ou na busca destes. Slotte *et al.* (2004) sugere 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). 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.

No entanto, 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.

Portanto, é 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, HA. 2008. Taxa de captura para o bonito-listrado (*Katsuwonnus pelamis*) do sudoeste do oceano Atlântico Sul. *B. Inst. Pesca*, 34(3): 391-402.
- ARAGÃO, JAN & SMMC SILVA. 2006. Censo estrutural da pesca coleta de dados e estimação de desembarques de pescado. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Brasília, 180p.
- CAMPOS, RO. 2007. 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, 201p.
- CEPSUL – Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Sudeste e Sul. 2007. I Relatório de reunião técnica para o ordenamento da pesca da tainha (*Mugil platanus*, M. liza) na região Sudeste/Sul do Brasil. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), Itajaí, SC, 24-26 agosto, 68p.
- CIB - Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 2007. Evaluación Biológico-Pesquera del dorado (*Coryphaena hippurus* y *C. equiselis*) en El Océano Pacífico. Región I. Programa Ecología Pesquera, Guaymas, Sonora, 258p.

- DALEN, J. 2007. Effects of seismic surveys on fish, fish catches and sea mammals: Repor for the Cooperation group – Fishery Industry and Petroleum Industry. Det Norske Veritas AS, Veritasveien. 33p.
- DALEN, J, K MÆSTAD. 2008. The impact of seismic surveys. *Mar. Res. News*, 5.
- ENGÅS, A, S LØKKEBORG, E ONA & AV SOLDAL. 1993. Effects of seismic shooting on catch and catch-availability of cod and haddock. *Fisken Havet* 9, 177p.
- ENGÅS, A, S LØKKEBORG, E ONA & AV SOLDAL. 1996. Effects of seismic shooting on local abundance and catch rates of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 2238-2249.
- FEWTRELL, JL & RD MCCAULEY. 2012. Impact of air gun noise on the behaviour of marine fish and squid. *Mar. Pollut. Bull.* 64: 984-993.
- FIGUEIREDO-JÚNIOR, AG & MG TESSLER. 2004. Topografia e composição de substrato marinho da região sudeste-sul do Brasil. Série documentos Revizee : Score Sul. Instituto Oceanográfico, São Paulo, 64p.
- FONTELES-FILHO, AA. 2011. Fatores da dinâmica populacional: Mortalidade. In: Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza, Cap. 8: 233-288.
- GAUSLAND, I. 2003. Seismic surveys impact on fish an fisheries : Repor for Norwegian Oil Industry Association (OLF). Stavanger, 41p.
- GIGLIOTTI, ES, OT SATO & ET PAES. 2007. Correlação entre variáveis oceanográficas medidas por satélite e a produção pesqueira de *Sardinella*

- janeiro* na costa sudeste-sul do Brasil. *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril, 3365-3372.
- HAIR, J, R ANDERSON, R TATHAM & W BLACK. 2005. Análise multivariada de dados.(5ª ed.). Bookmann, Porto Alegre, 593p.
- HASSEL, A, T KNUTSEN, J DALEN, S LØKKEBORG, K SKAAR, Ø ØSTENSEN, EK HAUGLAND, M FONN, Å HØINES, OA MISUND. 2003. Reaction of sandeel to seismic shooting : A field experiment and fishery statistics study. *Fisken Havet* 4. 62p.
- HIRST, AG & PG RODHOUSE. 2000. Impacts of geophysical seismic surveying on fishing success. *Rev. Fish Biol. Fish.* 10: 113-118.
- JÁKUPSSTOVU, SH, D OLSEN & K ZACHARIASSEN. 2001. Effects of seismic activities on the fisheries at the Faroe Islands. Faroe Island, 93p
- KRAUL, S. 1999. Seasonal abundance of the dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, in Hawaii and the tropical Pacific Ocean. *Sci. Mar.* 63(3-4): 261-266.
- LØKKEBORG, S. 2010. Seismic activity can both increase and reduce catches. *Mar. Res. News*, 9.
- MCCAULEY, RD, J FEWTRELL, AJ DUNCAN, C JENNER, M-N JENNER, JD PENROSE, RIT PRINCE, A ADHITYA, J MURDOCH & K MCCABE. 2000. Marine seismic surveys : a study environmental implications. *Appea J.*, 692-708
- MELLO-FILHO, WL. 2006. 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, São José dos Campos, 85p.

MONTEIRO-NETO, C, RA TUBINO, AM CARDOSO, AV WANDERLEY, NRPR PAPOULA, JN BORGES, L PRESTELO, PJA SILVA, MF ANDRADE-TUBINO & M HAIMOVICI. 2011. Avaliação de sustentabilidade dos sistemas de pesca artesanal em cinco localidades do Estado do Rio de Janeiro. In: HAIMOVICI, M (org.). Sistemas pesqueiros marinhos e estuarinos do Brasil. Ed. da FURG, Rio Grande, 65-78.

MORAES, LES, DFM GHERARDI, M KATSURAGAWA & ET PAES. 2012. Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis* Steindachner, 1879) spawning and nursery habitats: spatial-scale partitioning and multiscale relationships with themohaline descriptors. *ICES J. Mar. Sci.* 69(6): 939-952.
doi:10.1093/icesjms/fss061

MUEHE, D, CF LIMA & FM LINS-DE-BARROS. 2006. Rio de Janeiro. In: MUEHE, D (org.). Erosão e progradação no litoral brasileiro. MMA, Brasília, 265-296

OLIVEIRA, FSC. 2005. 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, 107p.

PAULA, GA. 2010. Modelos de regressão com apoio computacional. Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo, 403p.

- PEARSON, WH. 1992. Effects of sounds from a geophysical survey device on behavior of captive rockfish (*Sebastes* spp.). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 1343-1356.
- R CORE TEAM. 2012. 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/>.
- RESOLUÇÃO CONAMA nº 350 de 6 de julho. *Diário Oficial da União 20 de agosto de 2004*. Ministério do Meio Ambiente.
- SACCARDO, SA & CLDB ROSSIWONGTSCHOWSKI. 1991. Biologia e avaliação do estoque da sardinha *Sardinella brasiliensis*: uma compilação. *Atlântica* 13(1): 29-43.
- SCHMIDT, TCS & JF DIAS. 2012. Patterno of distribution and environmental influences on the Scienidae community of the southeastern Brazilian coast. *Braz. j. oceanogr.* 60(2): 233-243.
- SCHWARZ, AL. 1985. The behavior of fishes in their acoustic environment. *Environ. Biol. Fishes.* 13(1): 3-15.
- SILVA, AOA & M VIANNA. 2009. A produção pesqueira do Estado do Rio de Janeiro. 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, 47-60.
- SLABBEKOORN, H, N BOUTON, E OPZEELAND, A COERS, A CATE & AN POPPER. 2010. A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. *Trends Ecol. Evol.* 25: 417-427.

- SLOTTE, A, K HANSEN, J DALEN & E ONA. 2004. Acoustic mapping of pelagic fish distribution and abundance in relation to a seismic shooting area off the Norwegian west coast. *Fish. Res.*67: 143-150.
- STEWART, RH. 1985. Methods of satellite oceanography. Scripps Institution of Oceanography EUA, San Diego, CA, 360p.
- TURKMAN, MAA & GL SILVA, 2000. Modelos Lineares Generalizados : da teoria à prática. Lisboa, 153p.
- VALENTINI, H & RD CARDOSO. 1991. Análise da pesca da sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis*, na costa Sudeste/Sul do Brasil. *Atlântica* 13(1): 45-54.
- VIEIRA, JP & C SCALABRIN. 1991. Migração reprodutiva da tainha (*Mugil platanus* Günther, 1980) no sul do Brasil. *Atlântica* 15(1): 131-141.
- VILARDO, C. 2006. Os impactos ambientais da pesquisa sísmica marítima. Monografia de Graduação, Programa de Formação Profissional em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 126p.
- VILARDO, C. 2007. Avaliação ambiental de pesquisas sísmicas marítimas no Brasil : Evolução e Perspectivas. Dissertação de Mestrado, Programa de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 307p.
- VILARDO, C. 2008. Impacto ambiental de pesquisas sísmicas marítimas em peixes : em busca das conclusões. *III Congresso Brasileiro de Oceanografia, I Congresso Ibero-Americano de Oceanografia*, Fortaleza, Ceará, Brasil, 20-24 maio.

TABELAS

Tabela 1. Atividades sísmica realizadas próximas a área costeira, durante o período de fevereiro de 2009 a outubro de 2010, no estado do Rio de Janeiro.

CONCESSÕES DE PRODUÇÃO	PERÍODO DA ATIVIDADE SÍSMICA	
	ÍNICIO	TÉRMINO
Bacia de Campos: Bonito/Piraúna, Marimbá, Corvina, Parati/Anequim, Garoupa e Carapeba	07/02/2010	08/12/2010
Bacia de Campos: Pampo/Badejo/Linguado, Marimbá/Piraúna, Ativo Norte e Viola	16/02/2010	05/07/2011
Bacia de Campos: Caxaréu/Pirambu	03/05/2010	21/06/2010
Bacia de Campos: PapaTerra/Maromba	24/06/2010	18/12/2010

Tabela 2. Espécies desembarcadas no estado do Rio de Janeiro, selecionadas por habitat para análises posteriores.

	HABITAT	ESPÉCIE	PESCARIA (barco+arte-de-pesca)	Nº DESEMBARQUE	
				ANTES*	DURANTE*
ORIENTAL (São F. de Itabapoana a Rio das Ostras)	Pelágico Costeiro	tainha	BSP-RED	386	375
	Pelágico Oceânico	dourado	BCM-EFL	141	101
	Demersal Costeiro	goete	BCM-APA	119	79
LITORAL SUL (Cabo Fria a Saquarema)	Pelágico Costeiro	sardinha-verdadeira	BCM-TRA	81	205
	Pelágico Oceânico	dourado	BCG-EFL	67	81
	Demersal Costeiro	pargo-rosa	BSP-LIN	944	927
	Demersal Oceânico	batata	BCM-ESF	39	19

(BCG: Barco com Casaria Grande (maior que 12 m de comprimento); BCM: Barco com Casaria Médio (8-12 m de comprimento); BSP: Barco sem Casaria Pequeno (menor ou igual a 8m de comprimento); APA: Arrasto-de-pareilha; EFL: Espinhel-flutuante; ESF: Espinhel-fixado; LIN: Linha-de-mão; RED: Rede-de-emalhar-de-deriva; TRA: Traineira)

*Período em relação à atividade sísmica

Tabela 3. Desvios, Graus de Liberdade e Critério de Informação de Akaike (AIC) calculados para os diferentes modelos gerados do índice de rendimento da espécie tainha (*Mugil liza*) capturada por Barco pequeno sem casaria e Rede-de-emalhar-de-deriva (BSP-RED) no litoral oriental do Rio de Janeiro.

FAMÍLIA	FUNÇÃO DE LIGAÇÃO	DESVIO	GRAU DE LIBERDADE	AIC
Gama	Logaritmo	95,07	755	5714,00
	Inversa	94,94	755	5713,00
	Identidade	95,31	755	5716,00
Normal	Logaritmo	98,70	755	619,60
	Inversa	99,64	755	619,24
	Identidade	98,80	757	620,02

Tabela 4. Análise de desvios para o modelo selecionado com distribuição gama e função de ligação logarítmica para o índice de rendimento da espécie tainha (*Mugil liza*) capturada por Barco pequeno sem casaria e Rede-de-emalhar-de-deriva (BSP-RED) no litoral oriental do Rio de Janeiro.

FATOR	GRAUS DE LIBERDADE RESIDUAL	DESVIO RESIDUAL	F	Pr(>F)
“nulo”	760	121,95		
Sísmica	759	107,29	117,413	$< 2,200 \times 10^{-16}$
Chla	758	102,71	36,650	$2,226 \times 10^{-09}$
SismicaxChla	757	96,19	52,243	$1,203 \times 10^{-12}$
SismicaxTSM	755	94,94	5,005	0,007

(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/m³; TSM: Temperatura da superfície do mar em °C).

Tabela 5. Desvios, Graus de Liberdade e Critério de Informação de Akaike (AIC) calculados para os diferentes modelos gerados do índice de rendimento da espécie dourado (*Coryphaena hippurus*) capturada por Barco médio com casaria e Espinhel-flutuante (BCM-EFL) no litoral oriental do Rio de Janeiro.

FAMÍLIA	FUNÇÃO DE LIGAÇÃO	DESVIO	GRAU DE LIBERDADE	AIC
Gama	Logaritmo	269,47	238	2833,30
	Inversa	269,14	238	2834,80
	Identidade	273,01	238	2837,00
Normal	Logaritmo	390,50	238	812,56
	Inversa	392,83	238	814,00
	Identidade	389,26	238	811,26

Tabela 6. Análise de desvios para o modelo selecionado com distribuição gama e função de ligação logarítmica para o índice de rendimento da espécie dourado (*Coryphaena hippurus*) capturada por Barco médio com casaria e Espinhel-flutuante (BCM-EFL) no litoral oriental do Rio de Janeiro.

FATOR	GRAUS DE LIBERDADE RESIDUAL	DESVIO RESIDUAL	F	Pr(>F)
"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 ⁻¹¹

(Sísmica: indica a atividade de sísmica (Sísmica = 0, no período anterior a atividade sísmica e Sísmica = 1, durante a atividade sísmica); Chla: Chlorofila-a estimada em mg/m³; TSM: Temperatura da superfície do mar em °C).

Tabela 7. Desvios, Graus de Liberdade e Critério de Informação de Akaike (AIC) calculados para os diferentes modelos gerados do índice de rendimento da espécie goete (*Cynoscion jamaicensis*) capturada por Barco médio com casaria e Arrasto-de-pareilha (BCM-APA) no litoral oriental do Rio de Janeiro.

FAMÍLIA	FUNÇÃO DE LIGAÇÃO	DESVIO	GRAU DE LIBERDADE	AIC
Gama	Logaritmo	97,08	194	2527,90
	Inversa	96,95	194	2527,60
	Identidade	*	*	*
Normal	Logaritmo	148,38	194	514,78
	Inversa	148,26	194	514,61
	Identidade	148,55	194	514,01

*Não foi possível gerar o modelo com a variável resposta em escala natural, mesmo transformando os dados, o modelo foi inadequado.

Tabela 8. Análise de desvios para o modelo selecionado com distribuição Gama e função de ligação inversa para o índice de rendimento da espécie goete (*Cynoscion jamaicensis*) capturada por Barco médio com casaria e Arrasto-de-pareilha (BCM-APA) no litoral oriental do Rio de Janeiro.

FATOR	GRAUS DE LIBERDADE RESIDUAL	DESVIO RESIDUAL	F	Pr(>F)
"nulo"	197	103,17		
Sísmica	196	101,04	6,577	0,011
Sísmica×Chla	194	96,95	6,313	0,002

(Sísmica: indica a atividade de sísmica (Sísmica = 0, no período anterior a atividade sísmica e Sísmica = 1, durante a atividade sísmica); Chla: Chlorofila-a estimada em mg/m³).

Tabela 9. Desvios, Graus de Liberdade e Critério de Informação de Akaike (AIC) calculados para os diferentes modelos gerados do índice de rendimento da espécie sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) capturada por Barco médio com casaria e Traineira (BCM-TRA) no litoral sul do Rio de Janeiro.

FAMÍLIA	FUNÇÃO DE LIGAÇÃO	DESVIO	GRAU DE LIBERDADE	AIC
Gama	Logaritmo	315,84	282	4701,00
	Inversa	314,19	282	4699,20
	Identidade	*	*	*
Normal	Logaritmo	378,95	282	902,12
	Inversa	378,84	282	902,04
	Identidade	379,26	282	902,35

*Não foi possível gerar o modelo com a variável resposta em escala natural, mesmo transformando os dados, o modelo foi inadequado.

Tabela 10. Análise de desvios para o modelo selecionado com distribuição Normal e função de ligação inversa para o índice de rendimento da espécie sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) capturada por Barco médio com casaria e Traineira (BCM-TRA) no litoral sul do Rio de Janeiro.

FATOR	GRAUS DE LIBERDADE RESIDUAL	DESVIO RESIDUAL	F	Pr(>F)
"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	$7,738 \times 10^{-07}$

(Sísmica: indica a atividade de sísmica (Sísmica = 0, no período anterior a atividade sísmica e Sísmica = 1, durante a atividade sísmica); Chla: Chlorofila-a estimada em mg/m³; TSM: Temperatura da Superfície do Mar em °C).

Tabela 11. Desvios, Graus de Liberdade e Critério de Informação de Akaike (AIC) calculados para os diferentes modelos gerados do índice de rendimento da espécie dourado (*Coryphaena hippurus*) capturada por Barco grande com casaria e Espinhel-flutuante (BCG-EFL) no litoral sul do Rio de Janeiro.

FAMÍLIA	FUNÇÃO DE LIGAÇÃO	DESVIO	GRAU DE LIBERDADE	AIC
Gama	Logaritmo	78,14	142	1922
	Inversa	78,27	142	1922
	Identidade	*	*	*
Normal	Logaritmo	119,10	145	395,86
	Inversa	119,08	145	395,83
	Identidade	119,13	145	395,89

*Não foi possível gerar o modelo com a variável resposta em escala natural, mesmo transformando os dados, o modelo foi inadequado.

Tabela 12. Análise de desvios para o modelo selecionado com distribuição Normal e função de ligação inversa para o índice de rendimento da espécie dourado (*Coryphaena hippurus*) capturada por Barco grande com casaria e Espinhel-flutuante (BCG-EFL) no litoral sul do Rio de Janeiro.

FATOR	GRAUS DE LIBERDADE RESIDUAL	DESVIO RESIDUAL	F	Pr(>F)
"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

(Sísmica: indica a atividade de sísmica (Sísmica = 0, no período anterior a atividade sísmica e Sísmica = 1, durante a atividade sísmica); Chla: Chlorofila-a estimada em mg/m³; TSM: Temperatura da Superfície do Mar em °C.)

Tabela 13. Desvios, Graus de Liberdade e Critério de Informação de Akaike (AIC) calculados para os diferentes modelos gerados do índice de rendimento da espécie pargo-rosa (*Pagrus pagrus*) capturada por Barco médio com casaria e Linha-de-mão (BCM-LIN) no litoral sul do Rio de Janeiro.

FAMÍLIA	FUNÇÃO DE LIGAÇÃO	DESVIO	GRAU DE LIBERDADE	AIC
Gama	Logaritmo	754,73	1867	13802,00
	Inversa	755,00	1867	13802,00
	Identidade	754,44	1867	13801,00
Normal	Logaritmo	686,60	1867	3444,40
	Inversa	686,75	1867	3444,40
	Identidade	686,44	1867	3443,60

Tabela 14. Análise de desvios para o modelo selecionado com distribuição Normal e função de ligação inversa para o índice de rendimento da espécie pargo-rosa (*Pagrus pagrus*) capturada por Barco médio com casaria e Linha-de-mão (BCM-LIN) no litoral sul do Rio de Janeiro.

FATOR	GRAUS DE LIBERDADE RESIDUAL	DESVIO RESIDUAL	F	Pr(>F)
"nulo"	1870	703,75		
Sísmica	1869	698,13	15,288	$9,562 \times 10^{-05}$
Sísmica x TSM	1867	686,44	15,891	$1,435 \times 10^{-07}$

(Sísmica: indica a atividade de sísmica (Sísmica = 0, no período anterior a atividade sísmica e Sísmica = 1, durante a atividade sísmica); Chla: Chlorofila-a estimada em mg/m³; TSM: Temperatura da Superfície do Mar em °C.)

Tabela 15. Desvios, Graus de Liberdade e Critério de Informação de Akaike (AIC) calculados para os diferentes modelos gerados do índice de rendimento da espécie batata (*Lopholatilus villarii*) capturada por Barco médio com casaria e Espinhel-fixo no litoral sul do Rio de Janeiro.

FAMÍLIA	FUNÇÃO DE LIGAÇÃO	DESVIO	GRAU DE LIBERDADE	AIC
Gama	Logaritmo	99,18	55	720,23
	Inversa	99,18	55	720,23
	Identidade	*	*	*
Normal	Logaritmo	114,54	55	207,54
	Inversa	114,54	55	207,54
	Identidade	114,54	55	207,54

*Não foi possível gerar o modelo com a variável resposta em escala natural, mesmo transformando os dados, o modelo foi inadequado.

Tabela 16. Análise de desvios para o modelo selecionado com distribuição Gama e função de ligação inversa para o índice de rendimento da espécie batata (*Lopholatilus villarii*) capturada por Barco médio com casaria e Espinhel-fixo (BCM-ESF) no litoral sul do Rio de Janeiro.

FATOR	GRAUS DE LIBERDADE RESIDUAL	DESVIO RESIDUAL	F	Pr(>F)
"nulo"	56	99,71		
Sísmica	56	99,18	0,305	0,583

(Sísmica: indica a atividade de sísmica (Sísmica = 0, no período anterior a atividade sísmica e Sísmica = 1, durante a atividade sísmica).

FIGURAS

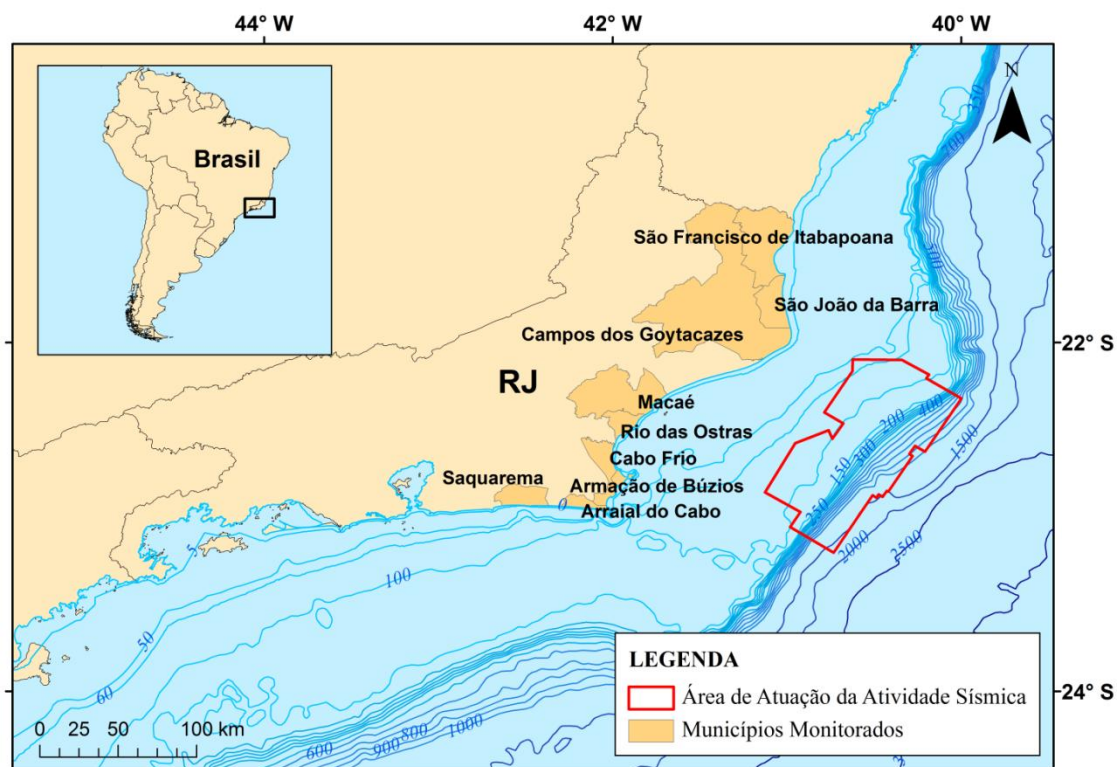


Figura 1. Localização dos municípios com desembarques pesqueiros monitorados e área de atuação das atividades sísmica realizadas próximas a área costeira, durante o período de fevereiro de 2009 a outubro de 2010, no estado do Rio de Janeiro.

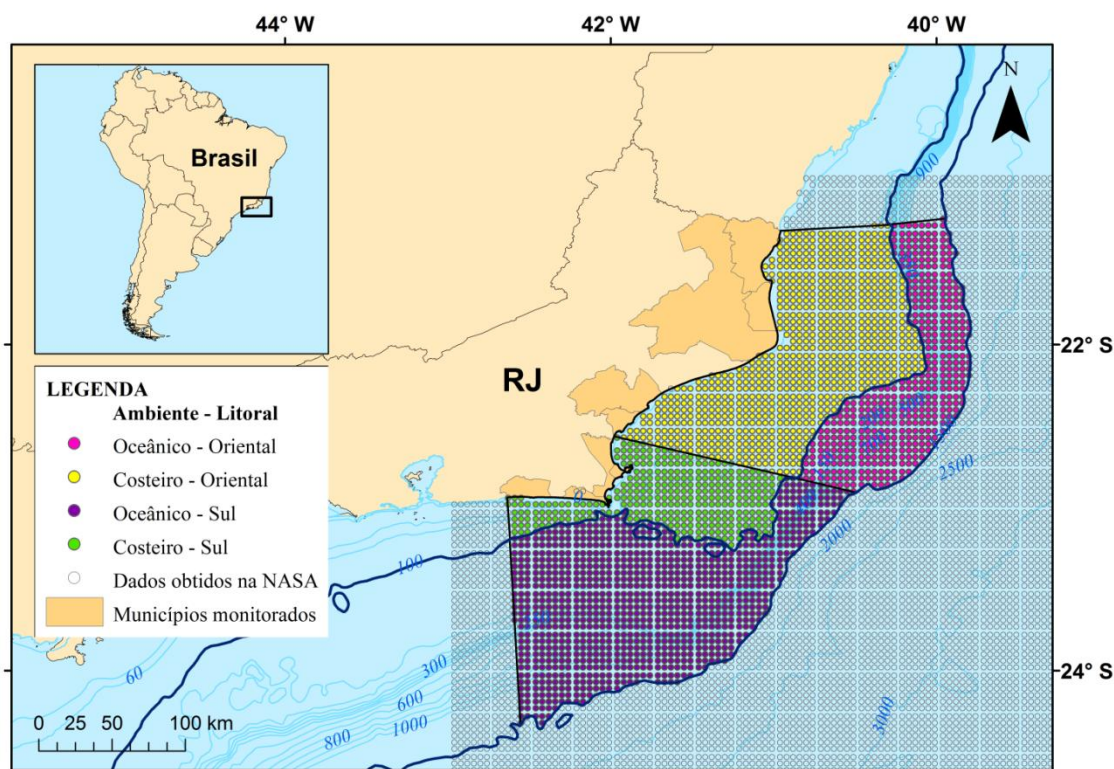


Figura 2. Mapa indicando a seleção de pontos dos dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e Clorofila-a por ambiente (costeiro e oceânico), de cada litoral (oriental e sul) do estado do Rio de Janeiro.

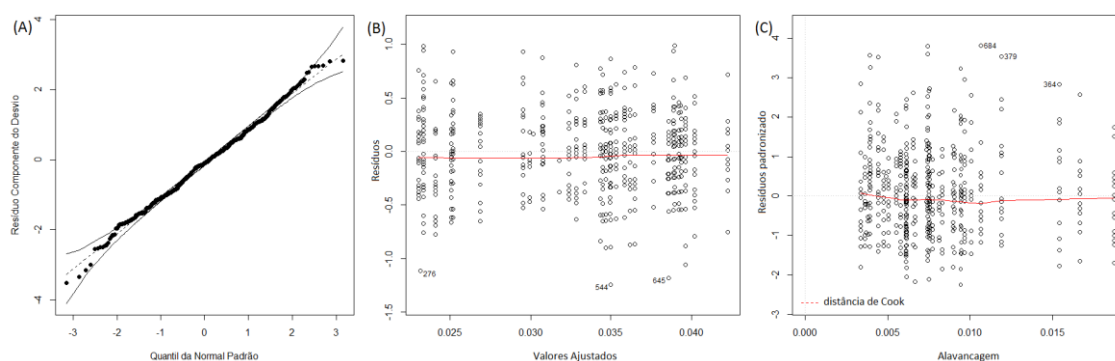


Figura 3. Gráfico de quantis da Normal (A), de Resíduos (B) e da Distância de Cook (C) referente ao modelo com distribuição Gama e função de ligação inversa para a espécie tainha (*Mugil liza*) capturada no litoral oriental do Rio de Janeiro.

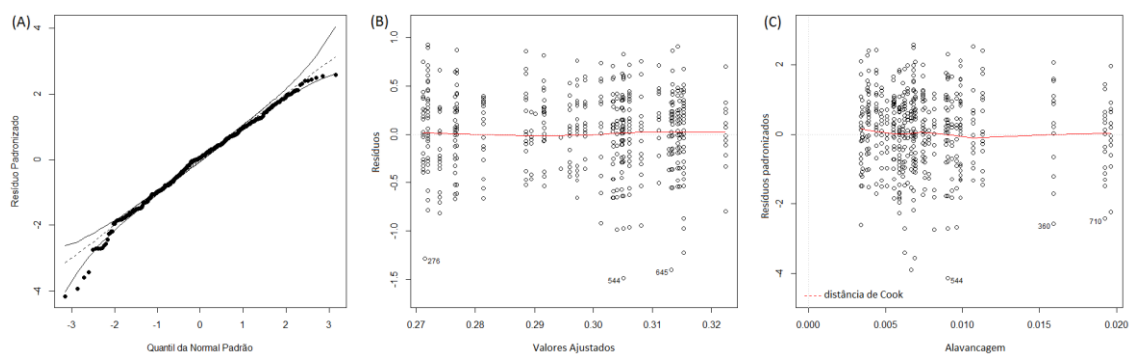


Figura 4. Gráfico de quantis da Normal (A), de Resíduos (B) e da Distância de Cook (C) referente ao modelo com distribuição Normal e função de ligação inversa para a espécie tainha (*Mugil liza*) capturada no litoral oriental do Rio de Janeiro.

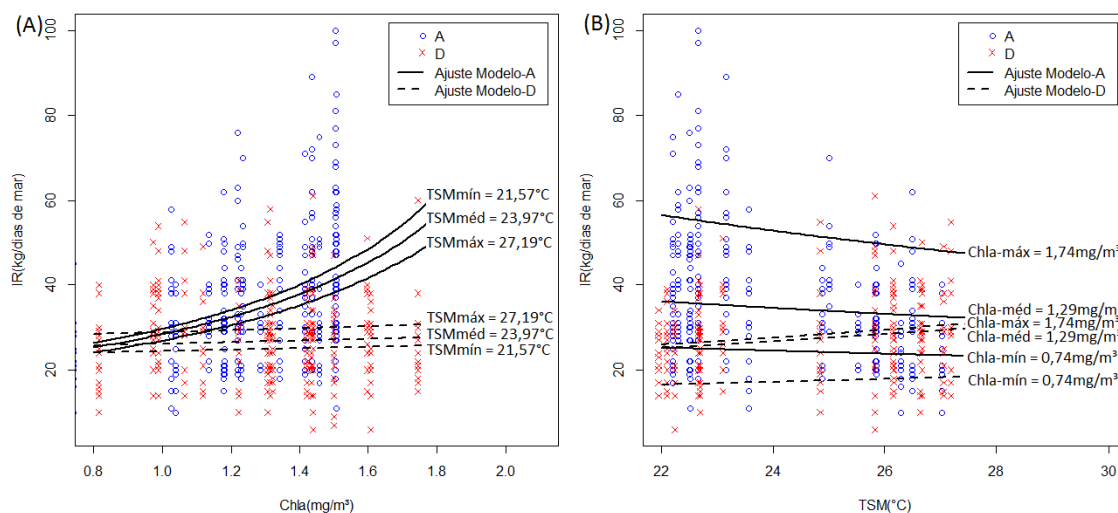


Figura 5. Modelo ajustado do índice de rendimento da tainha (*Mugil liza*) capturada no litoral oriental do Rio de Janeiro, com distribuição Gama e função de ligação inversa em função das variáveis Chla (A) e TSM (B). “Chla” representa a Clorofila-a estimada; “TSM” a Temperatura da Superfície do Mar estimada; “IR” o índice de rendimento da tainha; “A” as observações no período anterior à atividade sísmica, “D” observações durante a atividade sísmica; as linhas contínuas, o ajuste do modelo para o período anterior a sísmica; linhas tracejadas, o ajuste do modelo durante a atividade sísmica.

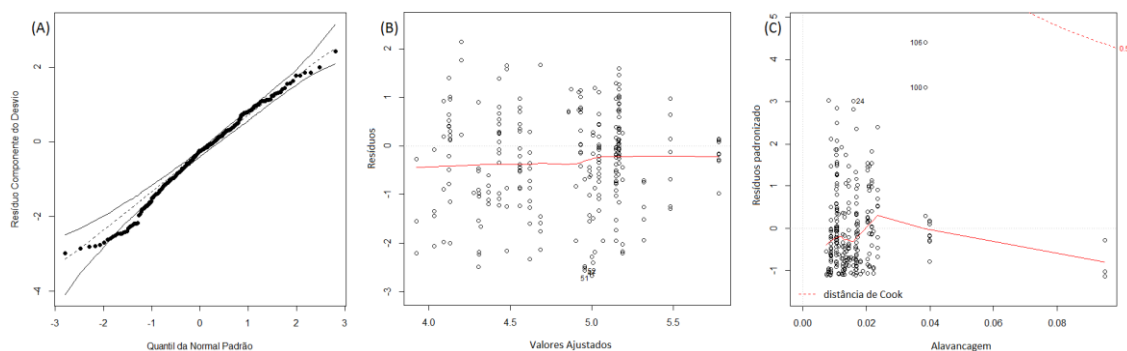


Figura 6. Gráfico de quantis da Normal (A), de Resíduos (B) e da Distância de Cook (C) referente ao modelo com distribuição Gama e função de ligação logarítmica para a espécie dourado (*Coryphaena hippurus*) capturada no litoral oriental do Rio de Janeiro.

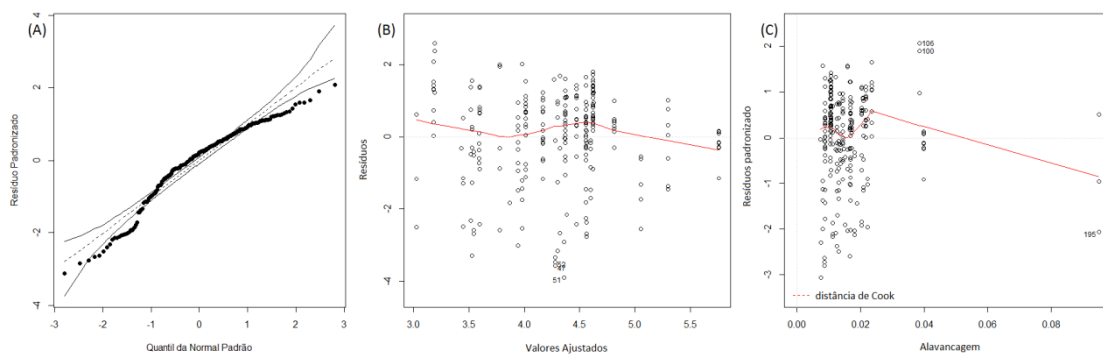


Figura 7. Gráfico de quantis da Normal (A), de Resíduos (B) e da Distância de Cook (C) referente ao modelo com distribuição Normal e função de ligação identidade para a espécie dourado (*Coryphaena hippurus*) capturada no litoral oriental do Rio de Janeiro.

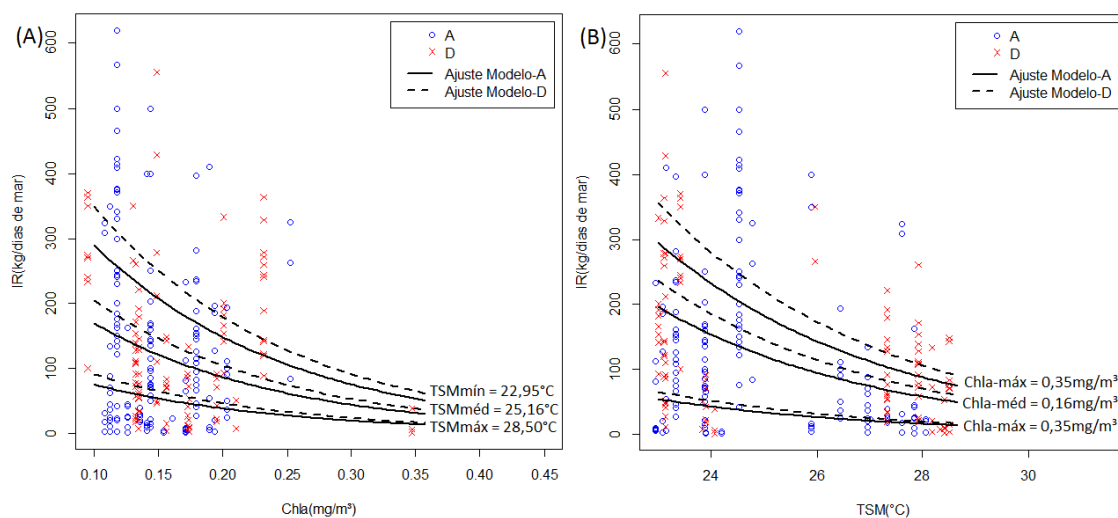


Figura 8. Modelo ajustado do índice de rendimento do dourado (*Coryphaena hippurus*) capturado no litoral oriental do Rio de Janeiro, com distribuição Gama e função de ligação logarítmica em função das variáveis Chla (A) e TSM (B). “Chla” representa a Clorofila-a estimada; “TSM” a Temperatura da Superfície do Mar estimada; “IR” o índice de rendimento do dourado; “A” as observações no período anterior à atividade sísmica, “D” observações durante a atividade sísmica; as linhas contínuas, o ajuste do modelo para o período anterior a sísmica; linhas tracejadas, o ajuste do modelo durante a atividade sísmica.

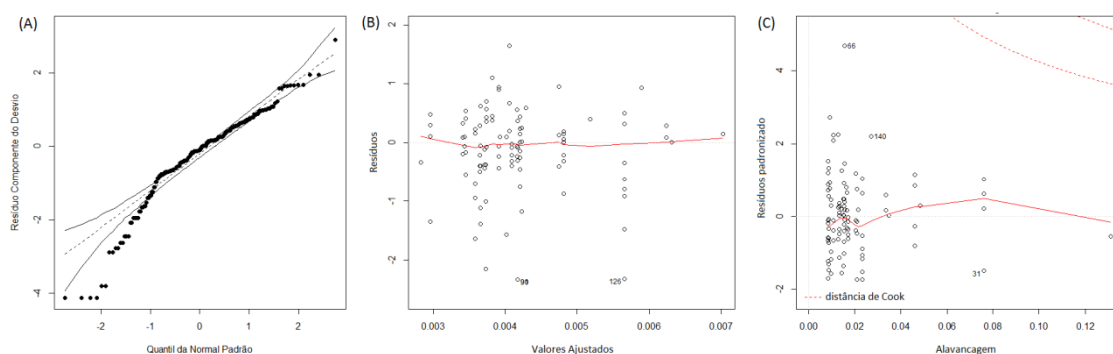


Figura 8. Gráfico de quantis da Normal de Probabilidades (A), de Resíduos (B) e da Distância de Cook (C) referente ao modelo com distribuição Gama e função de ligação inversa para a espécie goete (*Cynoscion jamaicensis*) capturada no litoral oriental do Rio de Janeiro.

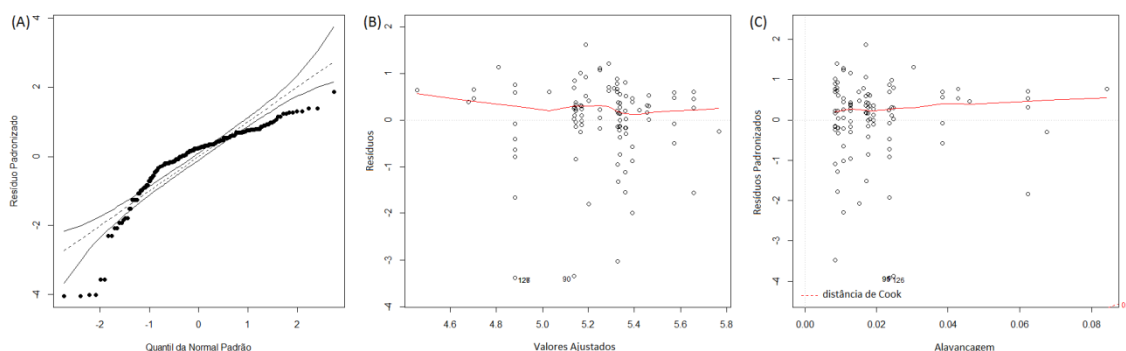


Figura 9. Gráfico Normal de Probabilidades (A), de Resíduos (B) e da Distância de Cook (C) referente ao modelo com distribuição Normal e função de ligação identidade para a espécie goete (*Cynoscion jamaicensis*) capturada no litoral oriental do Rio de Janeiro.

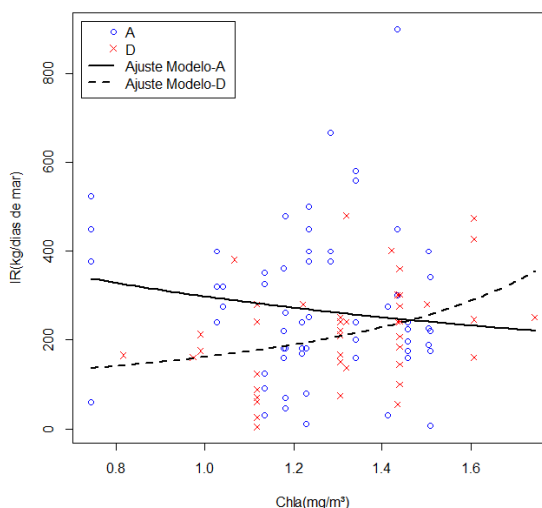


Figura 10. Modelo ajustado do índice de rendimento do goete (*Cynoscion jamaicensis*) capturado no litoral oriental do Rio de Janeiro, com distribuição Gama e função de ligação inversa em função Clorofila-a (Chla). “IR” é o índice de rendimento do goete; “A” as observações no período anterior à atividade sísmica, “D” observações durante a atividade sísmica; a linha contínua, o ajuste do modelo para o período anterior à sísmica; linha tracejada, o ajuste do modelo durante a atividade sísmica.

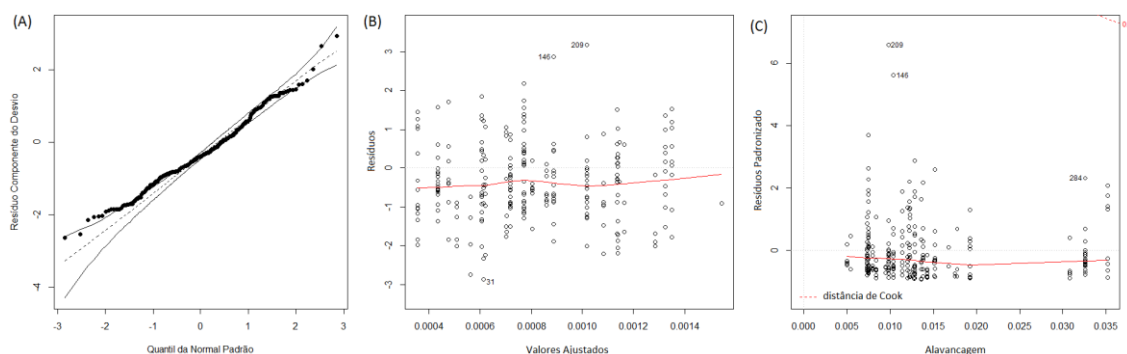


Figura 11. Gráfico de quantis da Normal (A), de Resíduos (B) e da Distância de Cook (C) referente ao modelo com distribuição Gama e função de ligação inversa para a espécie sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) capturada no litoral sul do Rio de Janeiro.

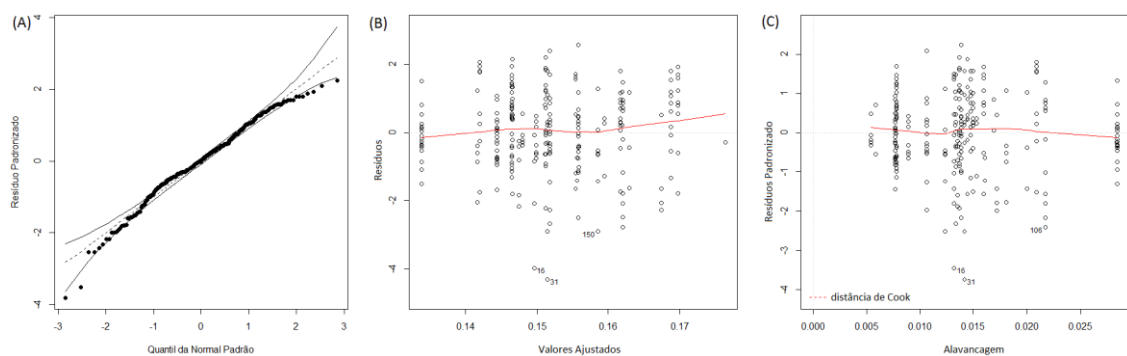


Figura 12. Gráfico de quantis da Normal (A), de Resíduos (B) e da Distância de Cook (C) referente ao modelo com distribuição Normal e função de ligação inversa para a espécie sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) capturada no litoral sul do Rio de Janeiro.

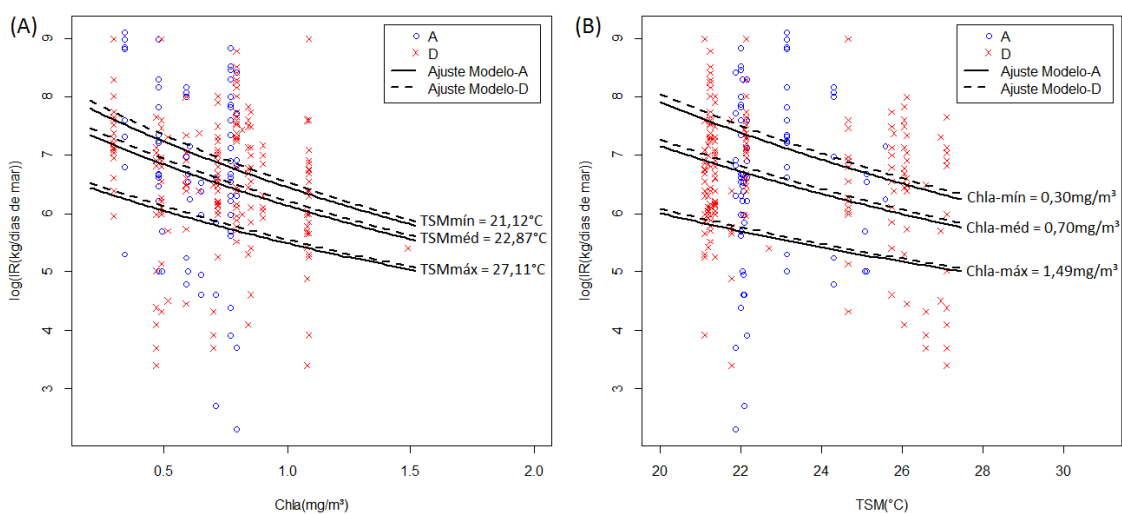


Figura 13. Modelo ajustado do índice de rendimento da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) capturada no litoral sul do Rio de Janeiro, com distribuição Normal e função de ligação inversa em função das variáveis Chla (A) e TSM (B). “Chla” representa a Clorofila-a estimada; “TSM” a Temperatura da Superfície do Mar estimada; “IR” o índice de rendimento da sardinha-verdadeira; “A” as observações no período anterior à atividade sísmica, “D” observações durante a atividade sísmica; as linhas contínuas, o ajuste do modelo para o período anterior a sísmica; linhas tracejadas, o ajuste do modelo durante a atividade sísmica.

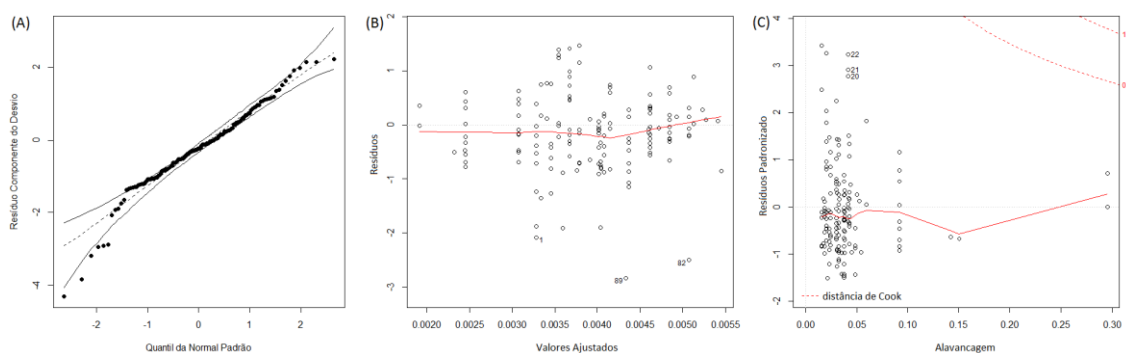


Figura 13. Gráfico de quantis da Normal (A), de Resíduos (B) e da Distância de Cook (C) referente ao modelo com distribuição Gama e função de ligação inversa para a espécie dourado (*Coryphaena hippurus*) capturada no litoral sul do Rio de Janeiro.

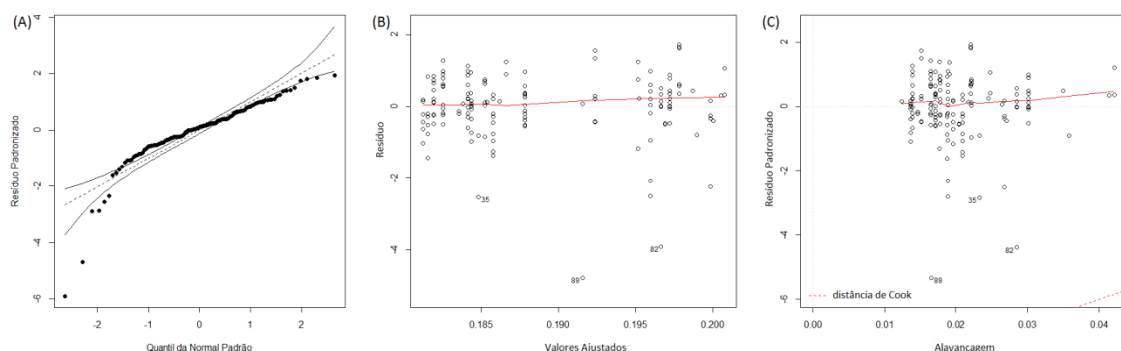


Figura 14. Gráfico de quantis da Normal (A), de Resíduos (B) e da Distância de Cook (C) referente ao modelo com distribuição Normal e função de ligação inversa para a espécie dourado (*Coryphaena hippurus*) capturada no litoral sul do Rio de Janeiro.

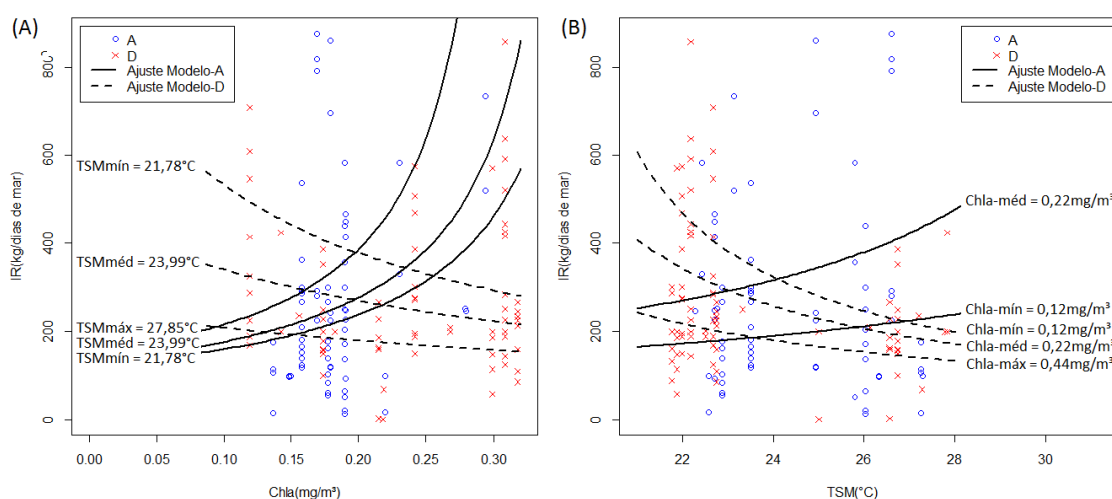


Figura 15. Modelo ajustado do índice de rendimento do dourado (*Coryphaena hippurus*) capturado no litoral sul do Rio de Janeiro, com distribuição Gama e função de ligação inversa em função das variáveis Chla (A) e TSM (B). “Chla” representa a Clorofila-a estimada; “TSM” a Temperatura da Superfície do Mar estimada; “IR” o índice de rendimento do dourado; “A” as observações no período anterior à atividade sísmica, “D” observações durante a atividade sísmica; as linhas contínuas, o ajuste do modelo para o período anterior a sísmica; linhas tracejadas, o ajuste do modelo durante a atividade sísmica.

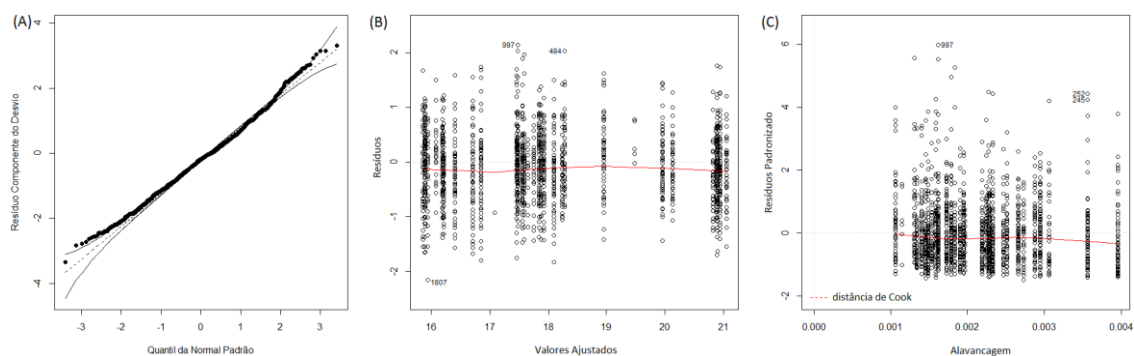


Figura 16. Gráfico de quantis da Normal (A), de Resíduos (B) e da Distância de Cook (C) referente ao modelo com distribuição Gama e função de ligação identidade para a espécie pargo-rosa (*Pagrus pagrus*) capturada no litoral sul do Rio de Janeiro.

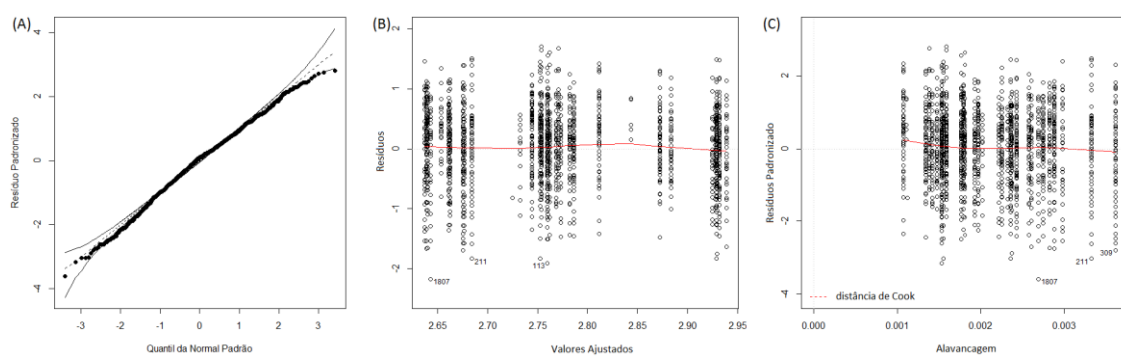


Figura 17. Gráfico de quantis da Normal (A), de Resíduos (B) e da Distância de Cook (C) referente ao modelo com distribuição Normal e função de ligação identidade para a espécie pargo-rosa (*Pagrus pagrus*) capturada no litoral sul do Rio de Janeiro.

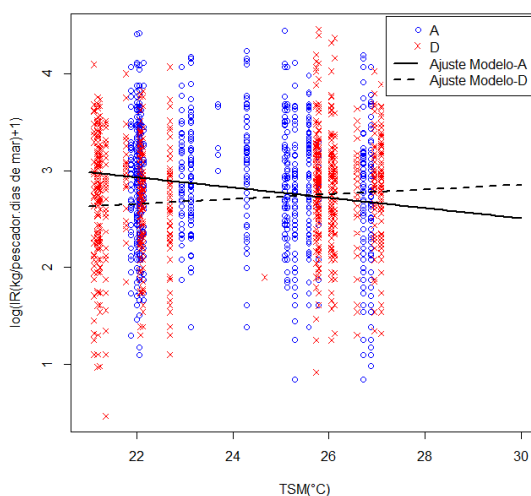


Figura 18. Modelo ajustado do índice de rendimento do pargo-rosa (*Pagrus pagrus*) capturado no litoral sul do Rio de Janeiro, com distribuição Normal e função de ligação identidade em função da TSM. “TSM” representa a Temperatura da Superfície do Mar estimada em °C; “IR” o índice de rendimento da sardinha-verdadeira; “A” as observações no período anterior à atividade sísmica, “D” observações durante a atividade sísmica; a linha contínua, o ajuste do modelo para o período anterior a sísmica; linha tracejada, o ajuste do modelo durante a atividade sísmica.

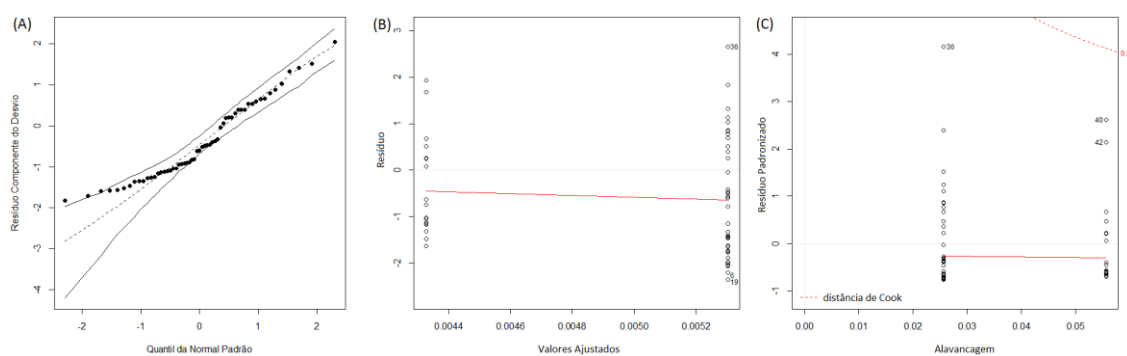


Figura 19. Gráfico de quantis da Normal (A), de Resíduos (B) e da Distância de Cook (C) referente ao modelo com distribuição Gama e função de ligação inversa para a espécie batata (*Lopholatilus villarii*) capturada no litoral sul do Rio de Janeiro.

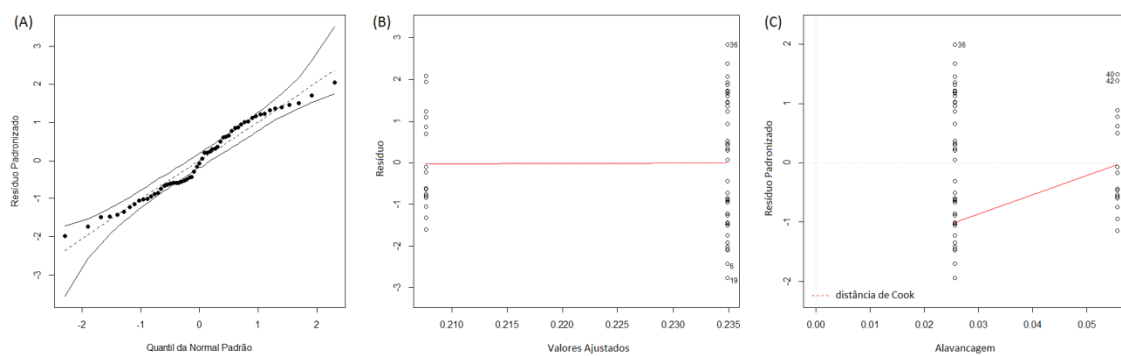


Figura 20. Gráfico de quantis da Normal (A), de Resíduos (B) e da Distância de Cook (C) referente ao modelo com distribuição Normal e função de ligação inversa para a espécie batata (*Lopholatilus villarii*) capturada no litoral sul do Rio de Janeiro.