

# ESTIMATIVAS DE PRODUÇÃO ANUAL DE SARDINHA-VERDADEIRA (*SARDINELLA BRASILIENSIS*) EM SANTA CATARINA: UM MODELO DE PROJEÇÃO DE CAPTURAS A PARTIR DOS PADRÕES MENSIS DE DESEMBARQUE NO ESTADO

Dallagnolo, R.\*; Schwingel, P. R. & Perez, J. A. A.

Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar. Rua Uruguai, 458, C.P. 360, CEP 88.392-202, Itajaí – SC, Brasil.

\*Contact author: rdallagnolo@univali.br

## ABSTRACT

Dallagnolo, R.\*; Schwingel, P. R. & Perez, J. A. A. 2010. Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) annual production forecasting in Santa Catarina: a catch projection model from monthly landing patterns. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.* 14(2): 95-104. ISSN 1808-7035. In this paper a catch projection model for annual forecasting of Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) production in the state of Santa Catarina is proposed. A time series of catch (metric tons), fishing effort (landings) and mean monthly yields (tons/landings) between 2000 and 2005 was used to stipulate observed scenarios likely to be repeated in the forthcoming years. A linear model was fitted to the variables yield and month for each year and a systematic re-sampling technique was applied to choose the final scenarios (slopes) from the models with smallest residuals. Monthly and weekly projections of sardine production were conducted for 2006 according with the scenarios stipulated in the previous years. For all the projections the model has shown satisfactory forecasting and a significant error reduction towards the end of the fishing season. The levels of precision obtained in 2006 suggest that the forecast model presented can be a useful tool for the management process of this fishery and the mediation of current conflicts between fisherman and the fish processing industry.

**Keywords:** modeling, forecasting, catch, fishing effort, yields

## INTRODUÇÃO

A sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), é um dos mais importantes recursos pesqueiros capturados ao longo da plataforma continental do Sudeste-Sul do Brasil entre o Cabo de Santo Tomé (RJ – 22°S) e o Cabo de Santa Marta Grande (SC – 28°S). Nessa região o principal ponto de desembarque de pescado é o porto pesqueiro de Itajaí/Navegantes, no Estado de Santa Catarina, onde se localizam as maiores empresas enlatadoras de sardinha (Andrade, 1998a). A frota de traineiras (*i.e.* pesca com redes de cerco), que tem a sardinha-verdadeira como componente mais importante das capturas (»70%), é responsável por quase 30% do número de desembarques totais registrados anualmente (Andrade, 1998b; Occhialini & Schwingel, 2003). No ano de 2005, cerca de 133 embarcações operaram no porto de Itajaí, realizando um total de 2.405 viagens de pesca (Univali/Cttmar, 2007). Devido à demanda estabelecida pelo pólo industrial de enlatados, a produção anual de sardinha no porto de Itajaí tem refletido as tendências nacionais de produção desse pescado. Nos últimos 14 anos a produção desembarcada em Itajaí representou, em média, 55% ( $\pm 2,81$  EP) da produção brasileira (Pezzuto, 2005).

As capturas dessa frota estão intimamente conectadas com a disponibilidade e abundância da

espécie nas áreas de pesca, que por sua vez são determinadas por variações ambientais de difícil previsibilidade. Alguns estudos foram direcionados à análise e quantificação de efeitos ambientais no recrutamento com o intuito de encontrar as causas mais prováveis da variabilidade na abundância da sardinha-verdadeira (Jablonski & Legey, 2004). Por ter todo o seu ciclo de vida associado ao ambiente pelágico fatores meteorológicos e oceanográficos como temperatura da água, do ar, intensidade do vento e volume de chuvas podem afetar a sobrevivência das larvas e conseqüentemente o posterior recrutamento à pesca (Lopes *et al.*, 2006; Matsuura, 1999; Matsuura, 1998; Matsuura, 1975; Sunyé & Servain, 1998). Matsuura (1996) atribuiu a falha no recrutamento da sardinha-verdadeira na temporada de 1974 e 1975 à diminuição na intensidade de penetração da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), que funcionaria como um mecanismo de retenção das larvas em áreas propícias à sobrevivência. Contudo, a dificuldade de se monitorar parâmetros ambientais de larga escala impede o desenvolvimento de modelos definitivos e usuais capazes de prever a abundância da espécie, o que permitiria, por exemplo, o estabelecimento de cotas anuais de capturas (Cadima, 2000).

Grandes oscilações nos valores da produção nacional de sardinha-verdadeira foram observadas entre o período de máxima e mínima captura nos anos de 1973 (228.000 t) e 2000 (17.000 t) (Cergole, 1995;

Jablonski & Legey, 2004). Além da conexão dessas oscilações com as variações ambientais, muitos trabalhos relacionam a redução das capturas anuais com o aumento excessivo do esforço pesqueiro. Apesar disso, entre os anos de 1990 e 2000, a frota traineira sediada na região Sudeste-Sul sofreu uma redução de 317 para 185 embarcações permissionadas (Pezzuto, 2005), e nenhum indício de recuperação do estoque da espécie foi observado. Na verdade, os níveis de produção durante esse intervalo de tempo e principalmente depois do ano 2000 continuaram muito abaixo dos valores observados nas décadas de 1970 e 1980 (Valentini & Pezzuto, 2006).

A dificuldade de recuperação do estoque pode ser atribuída ao comportamento de formação de cardumes dessa espécie e ao aumento da vulnerabilidade à pesca decorrente deste, o que tende a contribuir para a manutenção dos rendimentos e permanência das embarcações na pescaria mesmo em níveis baixos de biomassa (Hilborn & Walters, 1992). Outrossim, as embarcações remanescentes caracterizam-se por elevado poder de captura, equipadas com sonares para detecção de cardumes e redes maiores (Schwingel & Occhialini, 2003). Ainda, existem evidências de uma numerosa frota clandestina atuando nessa pescaria e desembarcando no estado do Rio de Janeiro (Magro *et al.*, 2003).

Em nível econômico, a produção da frota traineira tem condicionado a necessidade de importação de sardinha pelas empresas enlatadoras de Santa Catarina, as quais necessitam de um volume mínimo para atender suas demandas de produção de pescado enlatado. Dada a dificuldade de se prever as variações de abundância decorrente das mudanças climáticas comentadas acima, a indústria enlatadora trabalha com um elevado nível de incerteza da oferta da matéria prima, o que determina a realização de contratos de importação de outros países que permitem a estabilização dessa oferta. No entanto, essa prática tende a gerar crises entre o setor produtivo e as indústrias enlatadoras nos anos em que naturalmente as capturas são mais volumosas, uma vez que, com matéria prima importada estocada, as indústrias não compram a produção local ou oferecem preços abaixo do desejado pela frota pesqueira.

No ano de 2004, a eminência de crise no setor levou o Governo Federal a demandar previsões de produção de sardinha-verdadeira no estado de Santa Catarina e Brasil que pudessem auxiliar no processo de mediação dos conflitos entre setor pesqueiro e a indústria de processamento. Atendendo essa demanda, um modelo matemático de projeção de capturas foi elaborado pelo Grupo de Estudos Pesqueiros (GEP/UNIVALI) e as estimativas apresentadas naquele ano desviaram cerca de 10% dos totais finais registrados.

Tal informação permitiu o estabelecimento por parte do setor produtivo de cotas de importação da espécie e o estabelecimento de preços mínimos de primeira venda das capturas evitando eventuais desperdícios e/ou escassez do produto e o aumento e/ou diminuição abusiva dos preços. Os resultados alcançados pela aplicação do modelo de projeção evidenciaram sua utilidade bem como justificaram o desenvolvimento de versões aprimoradas do mesmo. Este trabalho pretende aperfeiçoar esse modelo de projeções de captura frente a necessidade de previsões sobre a produção da frota no estado de Santa Catarina.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Dados

O universo amostral desse trabalho inclui informações sobre a produção de sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) capturada pela frota de traineiras e desembarcada em Itajaí/Navegantes, no estado de Santa Catarina, entre os anos de 2000 e 2006. Essas informações são provenientes de um programa de amostragem desenvolvido pelo Grupo de Estudos Pesqueiros da Universidade do Vale do Itajaí (GEP/UNIVALI), que inclui a coleta diária de dados pesqueiros de todas as frotas que atuam no Sudeste e Sul do Brasil e desembarcam suas capturas nos portos pesqueiros de Santa Catarina (Perez *et al.*, 1998). Duas fontes de informação são utilizadas pelo GEP para o levantamento de informações sobre a pesca: entrevistas com mestres das embarcações no cais de pesca durante o desembarque e fichas de produção das empresas. As entrevistas contêm, além da estimativa da captura feita pelo mestre da embarcação, dados sobre esforço de pesca, sobre o petrecho utilizado e áreas de operação. Fichas de produção fornecidas pelas empresas discriminam o volume desembarcado de todas as espécies ao final de cada viagem de pesca. Essas informações são concatenadas e padronizadas pela equipe de estatística pesqueira do GEP para compor a captura total de cada espécie e são armazenadas no Sistema Integrado de Estatística Pesqueira do GEP (SIESPE).

Na Tabela 1 estão quantificados os dados provenientes de viagens da frota de cerco que tiveram como recurso-alvo a sardinha-verdadeira entre 2000 e 2006, utilizados neste trabalho.

### Modelo de projeção de capturas

O modelo foi elaborado para realizar a previsão anual de produção de sardinha-verdadeira levando em consideração os padrões mensais de desembarques do estado, observados entre os anos de 2000 e 2005. Trata-se assim de um modelo do tipo “caixa-preta” onde não são incluídos variáveis que explicam a dinâmica

Tabela 1: Dados mensais de captura (C) (toneladas), esforço (f) (número de desembarques) e rendimento (Y) (toneladas/desembarque) entre os anos de 2000 e 2006 da frota de cerco que desembarcou em Itajaí/Navegantes, no Estado de Santa Catarina.

		Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
2000	C	742,56	565,76	715,52	592,64	686,86	215,43	287,28	77,50	280,00
	f	78	68	64	64	61	43	42	25	35
	Y	9,52	8,32	11,18	9,26	11,26	5,01	6,84	3,10	8,00
2001	C	1.492,60	1.441,06	2.234,13	1.477,42	2.323,89	3.222,08	511,24	3.266,98	3.689,30
	f	139	140	140	126	155	278	52	379	467
	Y	10,74	10,29	15,96	11,73	14,99	11,59	9,83	8,62	7,90
2002	C	1.099,91	857,86	167,25	2.414,26	2.464,32	1.580,54	1.062,45	203,87	315,63
	f	133	118	21	259	204	143	160	37	63
	Y	8,27	7,27	7,96	9,32	12,08	11,05	6,64	5,51	5,01
2003	C	423,00	577,63	4.295,20	4.407,26	1.225,53	2.399,13	2.947,57	1.440,18	183,08
	f	30	47	208	286	153	171	327	254	46
	Y	14,10	12,29	20,65	15,41	8,01	14,03	9,01	5,67	3,98
2004	C	3.898,10	5.250,08	7.389,54	3.800,25			4.430,40	2.354,41	307,58
	f	170	157	366	325			195	173	30
	Y	22,93	33,44	20,19	11,69			22,72	13,60	10,25
2005	C	3.115,73	5.783,16	2.965,15	7.417,10	3.742,84		2.065,47	1.881,86	
	f	218	305	190	340	274		183	277	
	Y	14,29	18,96	15,61	21,81	13,66		11,29	6,79	

dos desembarques, mas sim padrões observados no passado recente que permitam a definição de cenários recorrentes prováveis.

Considerando  $C_j$  a captura desembarcada em Santa Catarina no  $j$ -ésimo mês, a captura acumulada ( $K_i$ ) até o mês atual  $i$ , será calculada pela equação:

$$K_i = \sum_{j=1}^{j=i} C_j \quad (1)$$

Sendo  $m$ , o mês até o qual se deseja ter uma estimativa de produção, a captura acumulada até  $m$  seria:

$$K_m = K_i + \sum_{j=i+1}^{j=m} \overline{C}_j \quad (2)$$

onde  $\overline{C}_j$  seria a captura média projetada mensalmente entre  $i$  e  $m$ . Essa captura seria o produto entre o rendimento médio mensal nesse mês ( $\overline{Y}_j$ ) e o número de desembarques estimados para esse mês  $n_j$ :

$$\overline{C}_j = \overline{Y}_j \times n_j \quad (3)$$

A projeção de  $\overline{Y}_j$  para os meses entre  $i$  e  $m$  é dada a partir do pressuposto de uma variação linear de  $\overline{Y}_j$  ao longo dos meses  $j$  de maneira que:

$$\overline{Y}_j = b_s \times j + Y_i \quad (4)$$

onde o intercepto seria o rendimento do mês atual  $Y_i$  e  $b_s$  a declividade da reta simulada de acordo com modelos lineares ajustados para as variações mensais  $\overline{Y}_j$  nos anos 2000-2005. Essa declividade representaria cenários (s) observados no passado recente passíveis de serem repetidos no ano em análise. Substituindo a equação 4 na equação 3 obtêm-se:

$$\overline{C}_j = (b_s \times j + Y_i) \times n_j \quad (5)$$

Por fim, a captura acumulada ao final do ano ( $K_{12}$ ) pode ser obtida para qualquer mês de estimativa através da equação:

$$K_{12} = K_i + \sum_{j=i+1}^{j=m} (b_s \times j + Y_i) \times n_j \quad (6)$$

Um modelo linear simples foi ajustado às variáveis (rendimento e mês) para cada ano, entre 2000 e

2005, obtendo-se ao final cinco cenários de evolução de rendimentos mensais representados pelo coeficiente de declividade ( $b_s$ ). Esse coeficiente determina a velocidade e a declividade (positiva ou negativa) com que o rendimento ( $\bar{Y}_j$ ) varia em função dos meses. Os resíduos dos modelos inicialmente ajustados para os anos entre 2000 e 2005 foram analisados com o intuito de se determinar a presença de pontos de alavancagem, que desviam as estimativas do coeficiente de declividade, através do cálculo da Distância de Cook. Após esse procedimento, um método de reamostragem ordenada (*i.e. jackknife*) foi aplicado visando a elaboração de um conjunto de estimativas da declividade. Em outras palavras, para um ano de pescaria com  $n$  pares de casos observados, o ajuste de um único modelo linear gera uma única estimativa do parâmetro. Essa técnica de reamostragem permite, de maneira ordenada, eliminar um par de pontos por vez e gerar  $n$  estimativas do mesmo parâmetro. Assim para cada ano,  $n$  modelos lineares foram ajustados com a presença e ausência dos pares de pontos com maior poder de alavancagem. O teste  $t$  ( $p > 0,05$ ) foi aplicado às regressões com o objetivo de avaliar se as declividades dos modelos diferiam significativamente de zero. Em cada ano, a escolha do cenário final foi baseada no modelo linear com menor soma dos quadrados dos resíduos, obtendo-se então o parâmetro de interesse, o coeficiente de declividade ( $b_s$ ). O ano de 2006 foi escolhido como o ano de referência ao qual esses cenários foram aplicados para a projeção das capturas e estimativas de produção anual ( $K_{12}$ ) de sardinha-verdadeira.

As projeções para o ano de 2006 foram realizadas em duas etapas. A primeira correspondeu a seis projeções, com intervalos mensais que tiveram como mês de partida ( $K_j$ ) os meses de março, abril, maio, junho, julho e setembro de 2006. No mês de agosto não houve desembarques devido ao defeso de recrutamento (IN-MMA nº07, de 20 de dezembro de 2003). Nessa etapa, cada projeção foi realizada a partir do primeiro dia do mês subsequente ao mês de partida ( $K_j$ ). Por exemplo, a projeção a partir da produção acumulada até o mês de Março foi realizada no dia 01 de abril e assim por diante. A partir do dia 07 de outubro a segunda etapa de projeção teve início, com periodicidade semanal. Quatro estimativas foram realizadas até o dia 31 de outubro, dezessete dias antes do início do defeso reprodutivo. Nessa fase a projeção foi realizada no primeiro dia da semana subsequente. Por exemplo, a projeção referente à atividade da frota na primeira semana de outubro foi realizada no primeiro dia da segunda semana de outubro e assim por diante. Para realizar essa segunda etapa bastou transformar os índices  $i$  e  $m$  nas equações 1 e 2 em semanas ao invés de meses.

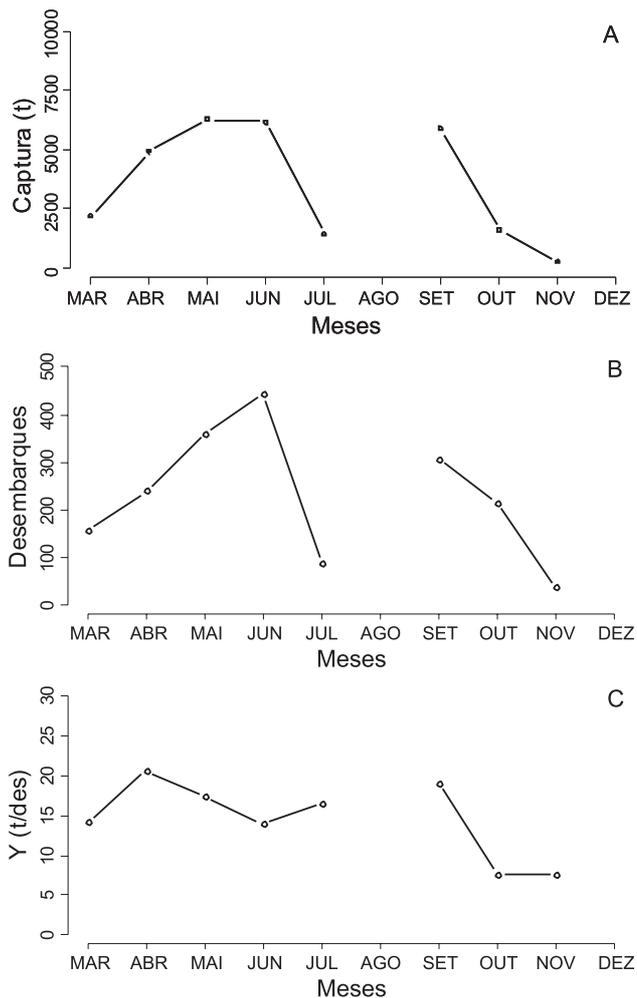


Figura 1 - Evolução da captura em toneladas (A), do número de desembarques (B), e do rendimento (Y) em toneladas por desembarque (C), da frota de traineiras que desembarcou em Itajaí/Navegantes, no Estado de Santa Catarina durante o ano de 2006.

Cabe ressaltar que em 2006 o defeso de recrutamento aconteceu entre 11 de julho e 10 de setembro e o defeso reprodutivo teve início no dia 17 de novembro.

## RESULTADOS

### O ano de referência

No ano de 2006, 1.866 viagens da frota de traineiras foram direcionadas à captura de sardinha-verdadeira culminando em uma produção final, desembarcada no porto de Itajaí de 29.645 t (Figura 1a). O número de desembarques apresentou uma tendência de aumento a partir da abertura da temporada, em 01 de março, até o início do defeso do recrutamento em 11 de julho (Figura 1b). O maior e o menor número de desembarques foram registrados, respectivamente, nos meses de junho e julho. O ápice do número de desembarques em junho aconteceu devido à proximidade do defeso de inverno, onde a frota tende a intensificar suas ativida-

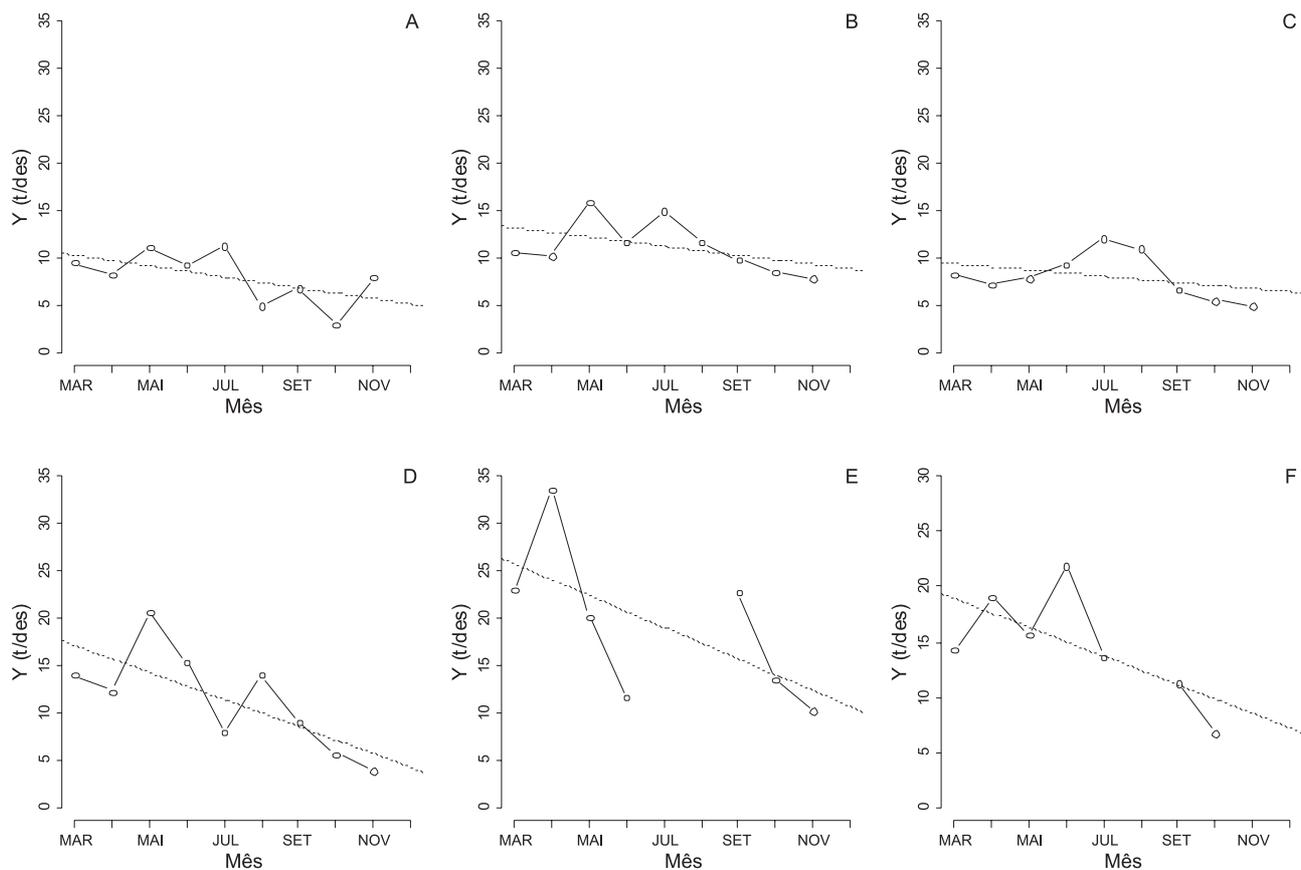


Figura 2 - Variação mensal do rendimento (toneladas/desembarque) da frota traineira nas capturas de sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) entre o ano 2000 e 2005 (A até F respectivamente) que desembarcou no porto pesqueiro de Itajaí/Navegantes, no Estado de Santa Catarina. A linha tracejada representa a regressão linear ajustada.

des como uma forma de compensar o período de paralisação. Por outro lado, no mês de julho o período limitado de pesca (11 dias) restringiu o número de desembarques. Ao final do defeso de recrutamento (10 de setembro), ocorreu um aumento no rendimento das embarcações (Figura 1c) como reflexo da diminuição do esforço pesqueiro, por causa do período de pesca nesse mês (20 dias), e da captura elevada. O último fato pode ser um indício do incremento de biomassa do estoque adulto em função da chegada dos novos recrutados à pesca.

### A escolha dos cenários

O período compreendido entre o mês de março até o último dia do mês de novembro foi considerado como temporada de pesca para todos os anos devido ao defeso de verão. As únicas exceções aconteceram devido aos defesos de inverno no ano de 2004 (02 de julho a 02 de setembro) e 2005 (21 de julho a 20 de setembro) e na antecipação do defeso de verão em 2005 (dia 1º de novembro) (Figura 2).

Observando a relação entre as variáveis rendimento e mês, nota-se a tendência de decréscimo do rendimento entre o início e fim da temporada para to-

dos os anos analisados. Os modelos inicialmente ajustados, todos com declividade negativa, confirmaram essa tendência, embora o teste sobre as regressões (teste *t*) não indicou evidências suficientes para afirmar que essa inclinação é significativamente diferente de zero ( $p > 0,05$  – teste *t*). Os três primeiros anos, 2000 (Figura 2a), 2001 (Figura 2b) e 2002 (Figura 2c) apresentaram as inclinações mais suaves e os menores rendimentos, enquanto no período entre os anos 2003 e 2005 foram observadas as inclinações mais acentuadas e os rendimentos mais elevados. Nos anos de 2004 e 2005, apesar da interrupção da temporada de pesca no meio do ano devido ao defeso de inverno, os rendimentos obtidos no segundo semestre do ano continuaram apresentando uma propensão à diminuição.

A Figura 3 apresenta uma análise dos resíduos padronizados (eixo y) como função do poder de alavancagem (eixo x) determinado pela Distância de Cook. As linhas tracejadas representam áreas onde o poder de desvio (alavancagem) dos pares de pontos é significativo. A linha contínua representa a tendência dos resíduos e os pontos numerados são dados fora do padrão (*outliers*). Em todos os anos alguns pares de pontos ficam muito próximos das referidas áreas e

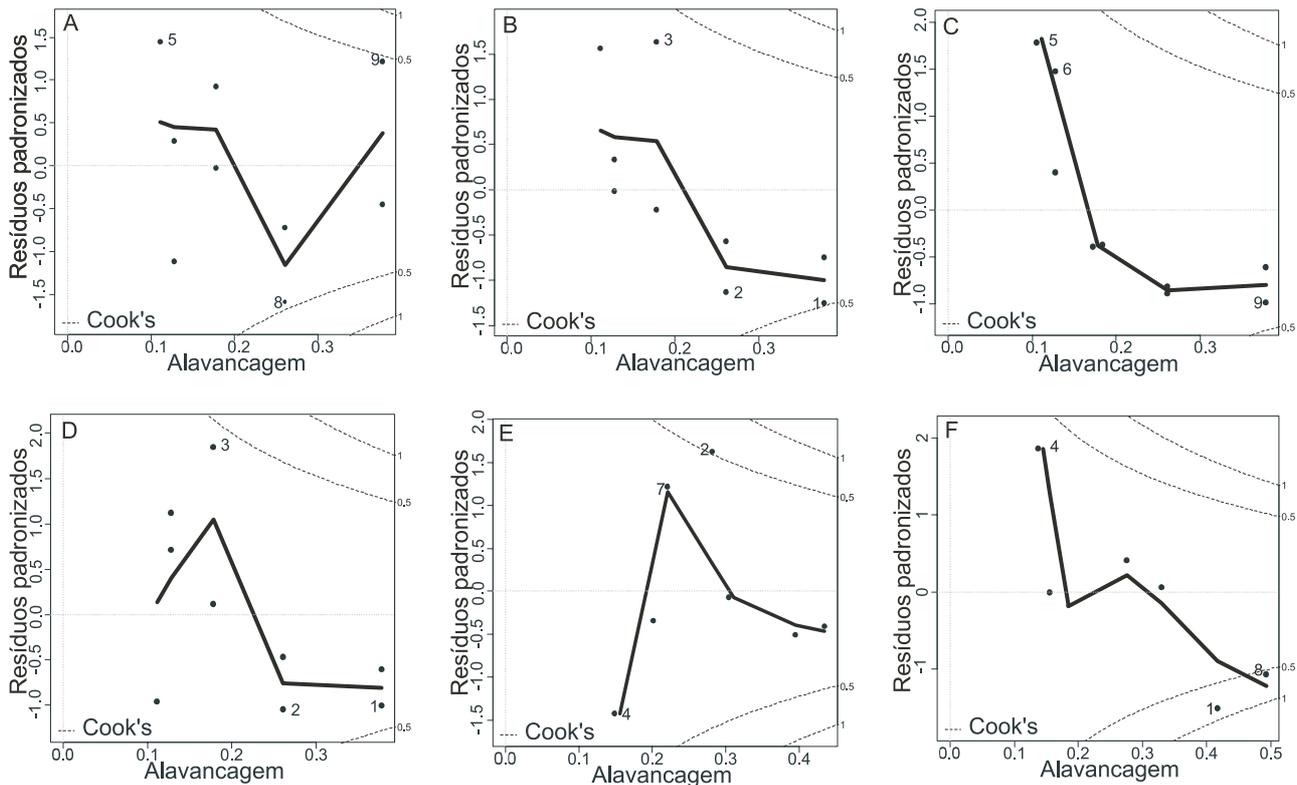


Figura 3 - Resíduos dos modelos lineares ajustados aos dados de rendimento mensal (toneladas/desembarque) da frota de traineiras nas capturas de sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) entre o ano 2000 e 2005 (A até F respectivamente) que desembarcou no porto pesqueiro de Itajaí/Navegantes, no Estado de Santa Catarina. As linhas tracejadas representam áreas com grande poder de deslocamento. Os números dentro dos gráficos representam os pares de pontos considerados fora do padrão. A linha contínua representa a tendência dos resíduos.

nos anos de 2005 e 2006 caem dentro delas. Isso significa que em todos os casos existem pontos que deslocam as declividades do modelo e que um método de reamostragem pode atenuar esse efeito.

A aplicação de um procedimento de reamostragem ordenada com reposição permitiu a determinação das inclinações originadas a partir de todas as possibilidades de combinação de presença e ausência dos pontos observados. O coeficiente de declividade dos modelos com as menores somas dos quadrados dos resíduos formaram os cenários finais utilizados para as projeções. Os testes sobre as regressões desses modelos finais também não indicaram evidências suficientes para rejeitar a hipótese de estabilidade da inclinação ( $p > 0,05$  – teste  $t$ ). No entanto, para o efeito desejado (projeções de captura), as inclinações utilizadas expressam o comportamento observado durante as temporadas de pesca ao longo dos anos analisados, ou seja, queda dos rendimentos mais ou menos acentuadas do início da temporada ao seu final (Tabela 2).

O ano de 2002 apresentou o cenário final mais estável, com as quedas mais leves do rendimento ao longo do ano. Em 2004 um decaimento mais acentua-

do foi observado representando o cenário final mais negativo (Tabela 2). Nos dois primeiros anos o erro total dos modelos foram menores devido ao comportamento monótono do rendimento observado, caindo de maneira constante sem grandes oscilações.

### Projeções das capturas

A Figura 4 apresenta, a título de exemplificação, o esquema repetido em cada projeção realizada no ano de 2006. Neste caso específico, a projeção de número 6, baseada no rendimento observado no mês de setembro de 2006 é apresentada. A figura 4a exibe o com-

Tabela 2 - Coeficiente de declividade (*Inclinação*) extraído dos modelos finais, escolhidos entre o grupo de modelos obtidos por reamostragem, pela menor soma dos quadrados dos resíduos ( $SSQ_k$ ). Apresenta-se ainda o coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

Ano	Inclinação ( $b_s$ )	$SSQ_k$	$R^2$
2000	-0,5755	38,95	0,34
2001	-0,4803	44,04	0,24
2002	-0,3205	21,40	0,53
2003	-1,4163	101,38	0,54
2004	-1,6235	239,53	0,40
2005	-1,2927	79,081	0,45

portamento da evolução do rendimento enquanto a figura 4b ilustra o comportamento de evolução da captura acumulada. Dessa forma em cada projeção realizada ao longo do ano, o rendimento e a captura acumulada são incrementados com o uso dos coeficientes de declividade (inclinações) de cada cenário e o número de desembarques registrados no mês em questão. Para cada projeção existe uma amplitude nas estimativas da captura. Nessa figura é possível entender as atribuições dos cenários ao observar a estimativa resultante da inclinação proveniente do ano de 2004 (mais negativa) e a projeção resultante da inclinação proveniente do ano de 2002 (menos negativa). Esses cenários produzem, respectivamente, as menores e maiores estimativas de captura anual. Assim como observado nos modelos iniciais ajustados, nota-se também dois grupos distintos de estimativas, aqueles de inclinações mais suaves, baseadas no comportamento dos rendimentos durante os anos de 2000, 2001 e 2002, e aqueles de inclinações mais acentuadas, baseadas nos rendimentos observados nos anos de 2003, 2004 e 2005 (Figura 4).

Examinando o resultado de todas as projeções apresentadas, percebe-se uma diminuição do erro percentual, relativo ao valor final da captura observada (29.645,254 t) (Figura 5a). As seis primeiras projeções (mensais) resultaram em um erro médio negativo (abaixo do observado) de -34,4%, variando entre -81,9% e -0,6%, e erro médio positivo (acima do observado), de 17,8% variando entre 34,0% e 1,7%. Esses erros diminuem nas últimas quatro projeções (semanais), caindo para uma média negativa de -4,0%, variando entre -

6,3% e -1,8%, e uma média positiva de 1,7%, variando entre 2,6% e 0,8% (Figura 5a). A primeira e a quinta projeção foram as que mais se desviaram do valor observado da captura final no ano de 2006. Isso pode ser explicado pelo baixo rendimento no mês de Março (14 t/desembarque), referência para a primeira projeção, visto que o modelo considera uma diminuição gradual do rendimento até o final do ano. Na quinta projeção, realizada considerando a atividade da frota no mês de Julho o problema esteve centrado no número de desembarques limitados nesse mês devido ao período restrito de operação por causa do defeso de inverno (87 desembarques). O modelo considera que o número de desembarques será reproduzido de maneira constante nos próximos meses o que acabou subestimando a captura final. Por outro lado, as demais estimativas, principalmente as últimas seis, geraram valores aceitáveis do ponto de vista histórico de capturas anuais desembarcadas.

A constatação dessa deficiência no modelo levou a inclusão de um fator de incremento no rendimento da primeira projeção e do número de desembarques na quinta projeção. Para o primeiro caso, o maior rendimento observado em todos os cenários utilizados, foi aplicado como padrão de rendimento na primeira projeção, que passou de 14,13 t/desembarque para 33,44 t/desembarque (referente ao rendimento observado no mês de abril de 2004) (Figura 5b). No segundo caso, o número médio de desembarques observados no ano de 2006 entre os meses de Março e Junho foi utilizado como padrão no mês de Julho, que passou de 87 para 300. Dessa forma o erro médio foi reduzido drastica-

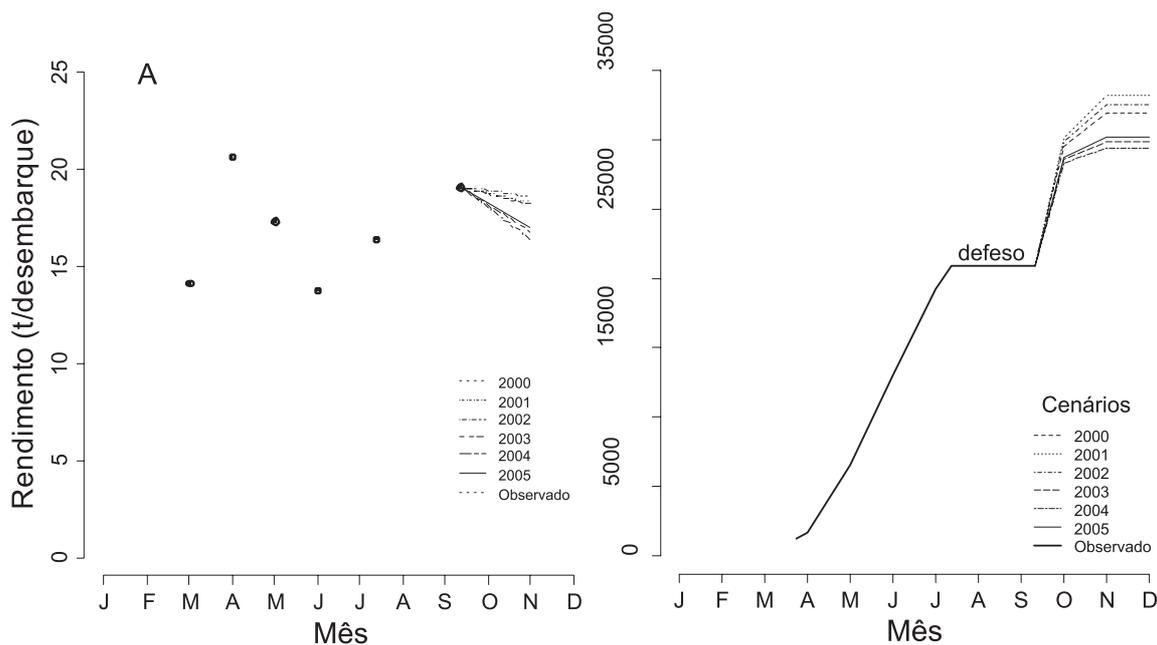


Figura 4 - Projeção baseada nos rendimentos observados no mês de Setembro. São apresentadas, a título de exemplificação, as estimativas da evolução dos rendimentos (A) e da captura acumulada (B) segundo cada cenário utilizado.

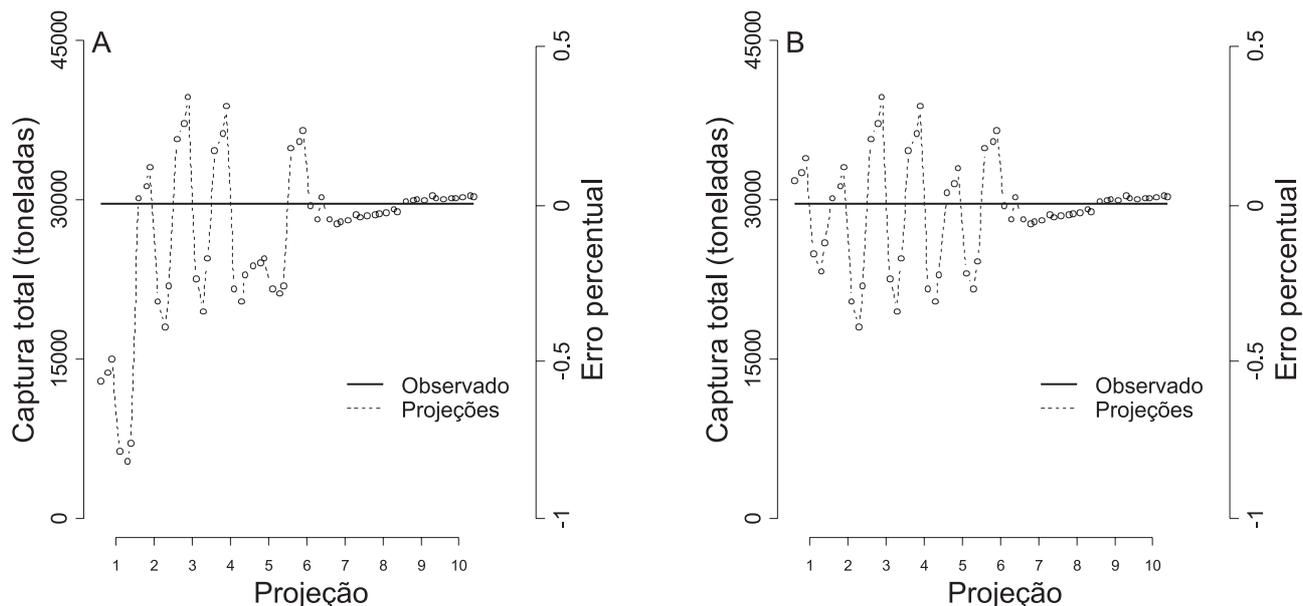


Figura 5 - Estimativas de produção anual de sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) no Estado de Santa Catarina no ano de 2006 e erro percentual frente a captura anual observada (A). As mesmas estimativas e são apresentadas com a aplicação do fator incrementante para a correção do rendimento e número de desembarques na primeira e quinta projeção respectivamente(B).

mente, de -66% para -3% na primeira projeção e de -23% para 7,7% na quinta projeção (Figura 5b).

É possível tornar cada uma dessas dez projeções apresentadas em estimativas positivas, negativas e “prevista” como função dos valores máximos, mínimos e da média entre esses dois (Tabela 3). Em um momento de tomada de decisão esse tipo de visualização pode ser uma ferramenta útil. Na primeira e quinta projeção é possível observar a diminuição do erro relativo ao valor observado após a incrementação aplicada (valores entre parênteses). A projeção de número três foi a que mais se afastou do valor real obser-

vado, apresentando as estimativas mais extremas positivas e negativas.

## DISCUSSÃO

As previsões têm um papel fundamental na administração de uma pescaria por fornecerem informações que subsidiam planos de manejo e tomadas de decisão (Lein, 1997; Stergiou & Christou, 1996). Um modelo capaz de fazer previsões que possam ser utilizadas durante o processo de tomada de decisão tem o máximo a oferecer em termos de aplicação prática pois não se limita a descrever. No entanto, esse modelo carrega também um potencial de dano devido às incertezas adquiridas durante todo seu processo de formulação, gerando erros em suas previsões finais, devendo ser utilizado com cautela (Hilborn & Mangel, 1997). Para que o erro introduzido em um modelo seja minimizado, é imprescindível a disponibilidade de uma grande quantidade de dados de alta qualidade (Chen, 2003; Chen *et al.*, 2003). Muitos modelos de projeção baseados em séries temporais longas de capturas foram desenvolvidos e são utilizados em avaliações de pescarias (Stergiou & Christou, 1996; Stergiou *et al.*, 1997; 2003). Grande parte dos pesquisadores dedicados a esse tipo de abordagem afirmam que em comparação a modelos “biológicos” as previsões em curto prazo podem ser tão ou mais acuradas quando feitas por modelos de projeção de capturas.

O objetivo do modelo de projeções de captura proposto nesse trabalho é o de fazer previsões da captura total anual com a antecedência necessária para minimizar os conflitos estabelecidos no setor pesquei-

Tabela 3 - Valores extremos (Positivo e Negativo) e médios das projeções das capturas de sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) em Santa Catarina, realizadas para o ano de 2006. Entre parênteses são apresentadas as estimativas a partir das projeções incrementadas.

Projeção	Positivo	Prevista	Negativo
1	15.020,56 (33.899,08)	10.191,90 (28.578,54)	5.363,23 (23.258,00)
2	33.107,33	25.578,83	18.050,32
3	39.725,77	29.620,93	19.516,10
4	38.874,32	29.650,15	20.425,97
5	24.470,65 (32.959,02)	22.829,81 (27.300,97)	21.188,98 (21.642,92)
6	36.520,78	32.334,25	28.147,71
7	28.595,96	28.185,65	27.775,35
8	29.110,80	28.811,41	28.512,02
9	30.404,60	30.144,57	29.884,53
10	30.386,20	30.245,30	30.104,39

ro industrial. O sucesso desse objetivo depende da precisão das estimativas e da capacidade de fazê-las com a devida antecedência. Para o primeiro item os resultados apresentados neste trabalho evidenciam a alta precisão do modelo principalmente a partir da sexta projeção. No entanto, os conflitos existentes se estabelecem principalmente durante o primeiro semestre do ano quando as taxas de captura são elevadas o que acaba gerando uma expectativa por parte do setor pesqueiro de uma alta produção até o final do ano. Nesse ponto o modelo se mostrou realista pois demonstra a existência de uma queda significativa dos rendimentos no segundo semestre do ano. Entretanto no primeiro semestre, durante o período de maior crise, a confiabilidade das estimativas é baixa devido à dependência do modelo para com o nível dos rendimentos obtidos e o número de desembarques observados. Neste ponto o segundo item necessário para o sucesso do modelo acaba se fragilizando, pois a antecedência torna-se prejudicada por tal dependência. Se em algum ano, o rendimento no primeiro mês de referência for muito baixo, a previsão de captura anual será muito baixa. Por isso a necessidade da correção do rendimento no primeiro mês.

O modelo proposto neste trabalho é essencialmente empírico. Baseia-se em uma técnica de regressão para explicar as mudanças nas capturas em termos de mudanças no esforço de pesca e os meses do ano. Considera-se o sistema como sendo uma “caixa-preta” utilizando o conhecimento dos padrões observados nos anos anteriores para prever quantitativamente uma situação ainda não enfrentada. Logo, não se estrutura em princípios biológicos ou em mudanças ambientais para explicar a variação das capturas. Na verdade, poderíamos escolher incluir uma série de parâmetros nesse modelo para explicar biologicamente ou ambientalmente as variações das capturas, porém o modelo se tornaria mais complexo, e por consequência estaríamos incluindo maiores incertezas (Hilborn & Mangel 1997). De certa forma, os parâmetros ambientais e biológicos não inclusos nesse modelo estão inseridos na dinâmica da pescaria uma vez que os pescadores desenvolvem táticas e estratégias de pesca como uma resposta adaptativa às mudanças na abundância do recurso e condições ambientais (Salas & Gaertner, 2004).

A continuidade deste trabalho deve seguir a busca de novas formas de modelagem dos rendimentos mensais. A análise de séries temporais parece ser uma alternativa consistente. Técnicas bem desenvolvidas tanto para compreender os mecanismos geradores das séries quanto para prever seu comportamento futuro são disponíveis na literatura e o uso destas é bem difundido (Diggle, 1990). Até lá, o modelo de projeções apresentados neste trabalho parece suprir de maneira

eficiente a lacuna de informação quanto a previsões de produção anual dessa espécie. O fato da produção catarinense representar cerca de 55% da produção nacional nos últimos 14 anos, possibilita a expansão dessas estimativas estaduais para todo o Sudeste-Sul do Brasil com uma precisão elevada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, H. A. 1998a. Estrutura do setor pesqueiro do estado de Santa Catarina. Notas Técnicas da FACIMAR. 2:17-21.
- Andrade, H. A. 1998b. A produção da pesca industrial em Santa Catarina. Notas Técnicas da FACIMAR. 2:1-16.
- Cadima, E. 2000. Manual de avaliação dos recursos pesqueiros. FAO Documento Técnico sobre as Pescas, 162p.
- Cergole, M. C. 1995. Stock assessment of the Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*, of the south-eastern coast of Brazil. *Scientia Marina*. 59(3-4):597-610.
- Chen, Y. 2003. Quality of fisheries data and uncertainty in stock assessment. *Scientia Marina*. 67(1):75-87.
- Chen, Y.; Chen, L. & Stergiou, K. I. 2003. Impacts of data quantity on fisheries stock assessment. *Aquatic Sciences*. 65:92-98.
- Diggle, P. 1990. Time series: a biostatistical introduction. Oxford University Press, 257p.
- Hilborn, R. & Walters, C. J. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment: choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall, 570p.
- Hilborn, R. & Mangel, M. 1997. The ecological detective: confronting models with data. Princeton University Press, 315p.
- Jablonski, S. & Legey, L. F. L. 2004. Quantifying environmental effects on the recruitment of Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*), 1977-1993. *Scientia Marina*. 68(3):385-398.
- Lein, J.K. 1997. Environmental Decision Making: an information technology approach. Blackwell Science Inc, 213p.
- Lopes, R. M.; Katsuragawa, M.; Dias, J. E.; Montú, M. A.; Muelbert, J. H.; Gorri, C. & Brandini, F. P. 2006. Zooplâncton and ichthyoplankton distribution on the southern Brazilian shelf: an overview. *Scientia Marina*. 70(2):189-202.
- Magro, M.; Moreira, L. H. A. & Cardoso, L. C. C. 2003. Estrutura e dinâmica da frota pesqueira de cerco atuante em Angra dos Reis e Cabo Frio (Rio de Janeiro – Brasil). In: Cergole, M. C. & Rossi-Wongtschowski, C. L. D. B. (Eds.) Dinâmica das frotas pesqueiras: análise das principais pescarias comerciais do Sudeste-Sul do Brasil. Avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na zona

- econômica exclusiva – Revizee. Área de dinâmica de populações e Avaliação de Estoques. Femar, MMA, Revizee. 187-225pp.
- Matsuura, Y. 1999. Large-scale fluctuations of small pelagic fish populations and climate change: a review. Bulletin of the Tohoku National Fisheries Research Institute. 62:1-11.
- Matsuura, Y. 1998. Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) spawning in the southeast Brazilian Bight over the period 1976-1993. Revista Brasileira de Oceanografia. 46(1):33-43.
- Matsuura, Y. 1996. A probable cause of recruitment failure of the Brazilian sardine *Sardinella aurita* population during the 1974/1975 spawning season. South African Journal of Marine Science. 17:29-35.
- Matsuura, Y. 1975. A study of life history of Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*: II. Spawning in 1970 and 1971. Boletim do Instituto Oceanográfico. 24:1-16.
- Occhialini, D. S. & Schwingel, P. R. 2003. Composição e variação espaço-temporal da captura da frota de traineiras entre 1997 e 1999 no porto de Itajaí, SC. Notas Técnicas da FACIMAR. 7:11-22.
- Perez, J. A. A.; Lucato, S. H. B.; Andrade, H. A.; Pezzuto, P. R. & Rodríguez-Ribeiro, M. 1998. Programa de amostragem da pesca industrial desenvolvida para o porto de Itajaí, SC. Notas Técnicas da FACIMAR. 2:93-108.
- Pezzuto, P. R. 2005. A pesca da sardinha-verdadeira nas regiões Sudeste e Sul. In: Oliveira, G. M (Ed.) Pesca e Aqüicultura no Brasil 1991/2000: produção e balança comercial. Brasília: IBAMA. 103-111pp.
- Salas, S. & Gaertner, D. 2004. The behavioural dynamics of fishers: management implications. Fish and Fisheries. 5:153-167.
- Schwingel, P. R. & Occhialini, D. S. 2003. Descrição e análise da variação temporal da operação de pesca da frota de traineiras do porto de Itajaí, SC, entre 1997 e 1999. Notas Técnicas da FACIMAR. 7:1-10.
- Stergiou, K. I. & Christou, E. 1996. Modelling and forecasting annual fisheries catches: comparison of regression, univariate and multivariate time series methods. Fisheries Research. 25:105-138.
- Stergiou, K. I.; Christou, E. & Petrakis, G. 1997. Modelling and forecasting monthly fisheries catches: comparison of regression, univariate and multivariate time series methods. Fisheries Research. 29:55-95.
- Stergiou, K. I.; Tserpes, G. & Peristeraki, P. 2003. Modelling and forecasting monthly swordfish catches in the Eastern Mediterranean. Scientia Marina. 67(1):283-290.
- Sunyé, P. S. & Servain, J. 1998. Effects of seasonal variation in meteorology and oceanography on the Brazilian sardine fishery. Fisheries Oceanography. 7(2):89-100.
- Univali/Cttmar. 2007. Boletim Estatístico da Pesca Industrial de Santa Catarina – Ano 2005 e Panorama 2001/2005. Itajaí, SC. 80p.
- Valentini, H. & Pezzuto, P. R. 2006. Análise das principais pescarias comerciais da região sudeste-sul do Brasil com base na produção controlada do período 1986-2004. Série Documentos REVIZEE – Score Sul. São Paulo: Instituto Oceanográfico, USP. 55p.

Submetido: Dezembro/2008  
Revisado: Julho/2009  
Aceito: Dezembro/2009