

## **INDICADORES DE DESEMPENHO BIOECONÔMICO DA FROTA ATUNEIRA DE CARDUME ASSOCIADO NA REGIÃO DO ATLÂNTICO OESTE EQUATORIAL**

Bioeconomic performance indicators of the associated school tuna fishing fleet in West Equatorial Atlantic Region

**Sérgio Macedo Gomes de Mattos<sup>1\*</sup>, Paulo Eurico Pires Ferreira Travassos<sup>2</sup>, Vinícius Melo Seixas<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Engenheiro de Pesca, D.Sc, Projeto de Apoio Técnico-Científico ao Desenvolvimento da Pesca de Atuns e Afins no Brasil Rua General Salgado, 179/202. Setúbal, Recife-PE. CEP: 51130-320.  
E-mail: [smgmattos@outlook.com](mailto:smgmattos@outlook.com)\*

<sup>2</sup>Professor, Ph.D, Laboratório de Ecologia Marinha – LEMAR, Departamento de Pesca e Aquicultura – DEPAq, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Av. Dom Manuel de Medeiros, s/n. Dois Irmãos, Recife-PE. CEP: 52171-900. E-mail: [paulo.travassos@ufrpe.br](mailto:paulo.travassos@ufrpe.br)

<sup>3</sup>Engenheiro de Pesca, M.Sc., Coordenador Técnico da ASPERN (Associação dos Proprietários de Barco de Pesca do Estado do Rio Grande do Norte), Rua Marechal Deodoro, nº548, Centro, Areia Branca-RN. Cep: 59655-000. E-mail: [vinicius.pesca@outlook.com](mailto:vinicius.pesca@outlook.com)

### **RESUMO**

O estudo dos recursos naturais renováveis implica desenvolver processos de gestão considerando que os recursos pesqueiros são utilizados comercialmente no limite para garantir um esforço de pesca que retornará um valor igual ao custo de exploração desses recursos. O presente estudo teve como objetivo avaliar, do ponto de vista econômico, a pesca de atuns e afins enfocando a modelagem bioeconômica das pescarias, e integrou o Projeto PROTUNA. Levantaram-se os parâmetros biológicos e econômicos para uma análise bioeconômica e simulou-se a dinâmica da atividade pesqueira para subsidiar medidas de gestão às operações de pesca da frota atuneira sediada em Areia Branca (RN). Os dados biológicos foram obtidos na Base Nacional de Dados de Atuns e Afins – BNDA, enquanto os dados econômicos foram fornecidos pela Associação dos Proprietários de Barcos de Pesca do Estado do Rio Grande do Norte – ASPERN. Utilizou-se um modelo bioeconômico para pescarias simples, como as de pequena escala, denominado Modelagem Econômica – MECON, que permite identificar possíveis

estratégias de gestão. A simulação indica que o recurso se encontrava sobrexplotado e, provavelmente, um ponto de equilíbrio poderia ser alcançado com uma redução de 32% no esforço de pesca, em número de embarcações, e de 20% na mortalidade por pesca, com possibilidade de aumentar investimentos na capturabilidade, frente aos níveis de esforço exercidos.

**Palavras-chave:** Modelagem bioeconômica, Frota atuneira, Pesca de cardume associado, Atlântico oeste equatorial.

## ABSTRACT

*The study of renewable natural resources implies developing management processes considering that fishing resources are used commercially to the limit to guarantee a fishing effort that will return a value equal to the cost of exploiting these resources. The present aimed to evaluate, from an economic point of view, tuna fishing and the like, focusing on the bioeconomic modelling of fisheries, and was part of the PROTUNA Project. Biological and economic parameters were surveyed for a bioeconomic analysis, and the dynamics of fishing activity were simulated to support management measures for the fishing operations of the tuna fleet based in Areia Branca (RN). Biological data were obtained from the National Tuna and Tuna Like Species Database – BNDA. In contrast, economic data were provided by the Fishing Boat Owners of the State of Rio Grande do Norte Association. A bioeconomic model was used for simple fisheries, such as small-scale fisheries, and it is called Economic Modeling - MECON, which allows for the identification of possible management strategies. The simulation indicates that the resource was overexploited. A balance point could probably be reached with a 32% reduction in fishing effort, in the number of vessels, and 20% in fishing mortality, with the possibility of increasing investments in catchability compared to the effort levels exerted.*

**Keywords:** Bioeconomic modelling, Tuna fishing fleet, Associated school fishing, West Equatorial Atlantic.

## INTRODUÇÃO

O estudo dos recursos naturais renováveis do ponto de vista econômico, cuja produção e os produtos gerados têm um valor comercial inerente, implica desenvolver processos de gestão pesqueira em todas as suas dimensões. Os recursos pesqueiros são utilizados comercialmente no limite para garantir um esforço de pesca que retornará um valor igual ao custo de exploração desses recursos. Ou seja, é a produção gerada pelo esforço de pesca exercido que garantirá a continuidade das operações de pesca, a rentabilidade econômica das pescarias e a saúde financeira do armador e da empresa de pesca, pois o tamanho e a abundância de uma população de peixes estão tradicionalmente relacionados com os processos econômicos da pesca e o ponto de referência dessa correlação analítica é denominada bioeconomia

Os conceitos sobre bioeconomia fundamentaram-se nos estudos de Gordon (1954) e Schaefer (1954), para quem a relação entre as produções marginal e média e o esforço de pesca empregado simula a proporcionalidade, ou balanceamento, entre a receita e o custo totais na exploração de um recurso natural renovável, e foram base para o desenvolvimento de modelos bioeconômicos, denominado Modelo de Gordon-Schaefer. Outro importante mecanismo que

ajudou no desenvolvimento dos modelos bioeconômicos foi a percepção no monitoramento e de estudos sobre a dinâmica da frota pesqueira, conhecido como Modelo de Smith (Smith, 1969), o qual considerou que a durabilidade de uma pescaria seria proporcional à receita obtida e incorpora, evidentemente, conceitos dos modelos biológicos pesqueiros, tais como os modelos de produção biológica e os modelos de dinâmica de estrutura por idade. Desenvolveram-se, então, os modelos logísticos, que têm como base o fato de que a biomassa de uma população tende a crescer até que seja alcançada a capacidade de suporte limite do ambiente em que vive; e, em seguida, os modelos econômicos de produção, que têm como fundamento básico a busca de uma pescaria eficiente do ponto de vista econômico e consideram que a receita é uma curva proporcional à curva da quantidade capturada do modelo logístico, para calcularem o ponto de captura máxima econômica, como sendo aquela em que a pescaria apresenta um lucro máximo (Seijo *et al.*, 1998; Freire, 2000; Marruh Filho, 2001). A contribuição desses dois modelos desenvolveu os conceitos de Captura Máxima Sustentável (CMS) e Captura Máxima Econômica (CME), que foram os fundamentos da gestão dos recursos pesqueiros a partir da segunda metade do século XX.

Estudos sobre a bioeconomia pesqueira tem por finalidade estimar e avaliar os impactos positivos e negativos de qualquer política de gestão aplicada a um determinado estoque, determinada frota de pesca ou uma determinada parte ou etapa da atividade pesqueira, todos em termos de captura e receita. Contudo, essas interações são muitas vezes, ou quase sempre, pouco entendidas, principalmente onde informações qualitativas e dados quantitativos são escassos para realizar uma análise entre espécies exploradas e operações de pesca, porque há uma total dependência de precisas descrições e delineações preliminares sobre a atividade pesqueira. De acordo com Pascoe *et al.* (2023), a consideração dos aspectos de desempenho econômico na gestão pesqueira pode fornecer informações úteis sobre os incentivos comportamentais subjacentes ao comportamento da atividade pesqueira, bem como compreender até que ponto quaisquer objetivos econômicos estão sendo alcançados. Isto porque, conforme Failler *et al.* (2022), a atividade pesqueira representa um custo para o sistema ecológico se a biomassa do estoque capturado numa escala ultrapassar a capacidade de recuperação do ambiente pois, à medida que a biomassa do estoque diminui, a captura da mesma quantidade de peixe exigirá mais esforço de pesca e, neste sentido, o sistema ecológico induz custos adicionais à atividade pesqueira.

Os modelos bioeconômicos pesqueiros foram desenvolvidos e desenhados em respeito a cada específica situação biológica e econômica, e os instrumentos locais disponíveis, considerados como uma ferramenta teórica para o estabelecimento de medidas de gestão para o uso sustentável dos estoques pesqueiros, em virtude das peculiaridades existentes na atividade pesqueira. Esses modelos são estruturados de acordo com distintas realidades, mas racionalmente devem consistir na adoção de medidas para a modelagem pesqueira e para usá-los como ferramentas importantes na análise bioeconômica de pescarias diversas. O propósito dessas ferramentas é facilitar a análise das consequências e riscos da aplicação de diferentes medidas de gestão em um determinado estoque. Portanto, contextualizar sobre as teorias bioeconômicas, através dos modelos desenvolvidos, significa buscar entender as contribuições para a gestão da atividade, em determinadas circunstâncias da estrutura biológica e econômica pesqueira da região ou localidade em que se está analisando as informações sobre a atividade, tais como biomassa do estoque, esforço de pesca, captura, custo das operações de pesca e lucro inseridas no modelo, quais correspondências possuem para a tomada de decisões sobre a aplicação ou não de uma determinada medida de gestão. Neste aspecto, é oportuno destacar e contextualizar o entendimento do armador sobre as oportunidades e possibilidades da produção pesqueira.

Muito embora não seja o objetivo deste artigo detalhar as bases da modelagem bioeconômica para avaliação da atividade pesqueira, as limitações de dados, especialmente econômicos, são sempre limitantes, em linha com os argumentos expostos por Pascoe *et al.* (2023). No presente estudo, utilizou-se um modelo bioeconômico para pescarias simples, como as artesanais e as de pequena escala, denominado Modelagem Econômica – MECON, que

permite identificar possíveis estratégias de gestão, descrito por Leonart et al. (2003). O presente estudo integrou o Projeto de Apoio Técnico-Científico ao Desenvolvimento da Pesca de Atuns e Afins no Brasil – PROTUNA<sup>1</sup> e o objetivo foi avaliar, do ponto de vista econômico, a pesca de atuns e afins enfocando a modelagem bioeconômica das pescarias. Especificamente, levantaram-se os parâmetros biológicos e econômicos para a análise bioeconômica e analisaram-se os aspectos mais significativos relacionados a receitas, custos e lucros que os armadores podem incorrer para subsidiar a tomada de decisões na realização das operações de pesca da frota atuneira sediada em Areia Branca (RN). O método de pesca utilizado por essa frota é conhecido como cardume associado, modalidade que utiliza dispositivos de agregação de biomassa de peixes (Schroeder & Castello, 2007).

A pesca de atuns em cardumes associados no Brasil começou principalmente nas regiões Sudeste e Sul, após a implantação de dispositivos agregadores de peixes (Fish Aggregating Devices – FAD), para melhorar a eficiência da pesca do bonito-listrado com vara e isca-viva, no limite da plataforma continental dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (Silva *et al.*, 2019), chegando posteriormente no Espírito Santo. Na região Nordeste, a pesca de associado iniciou utilizando embarcações de pequeno porte (12-16 m de comprimento total) baseadas no Rio Grande do Norte (RN) e no Ceará (CE), visando cardumes de atuns agregados em torno das boias do Programa PIRATA (Pilot Moored Array in the Tropical Atlantic) (Silva *et al.*, 2013), buscando alternativas para aumentar a produtividade da pesca e descobriu um potencial enorme de captura de albacoras laje (*Thunnus albacares*) e bandolim (*Thunnus obesus*) (Silva, 2013; Seixas, 2022). Essa atividade se desenvolveu pelos dados que apontavam que cerca de metade da produção mundial de atuns e afins é proveniente da pesca que utiliza dispositivos de agregação de peixes (Fréon & Dagorn, 2000), além de ser realizada com equipamentos mais simples, com o objetivo de diversificar a atividade local, e menor implemento de custos de investimentos possíveis, aproveitando-se da frota existente que se dedicava, até então e mais frequentemente, na captura de lagostas. Com o colapso da pesca de lagostas, devido principalmente a prática excessiva da pesca predatória e ilegal, a partir de 2009 a evolução da frota de cardume associado ocorreu rapidamente devido ao grande sucesso e facilidade na captura, alcançando altíssima produtividade e atraindo outros proprietários de barcos, resultando num rápido aumento da pescaria (Silva *et al.*, 2019; Seixas, 2022). De acordo com Seixas (2022), a pesca de cardume associado dessa frota utiliza uma técnica de pesca que consiste em atrair e concentrar cardumes de peixes utilizando-se da sombra do próprio casco da embarcação. Os petrechos utilizados nessa modalidade de pesca são vara-e-linha e linha-de-mão, ambas com emprego de iscas naturais ou artificiais (Silva, 2013). Essa modalidade de pesca foi recentemente regulamentada no Brasil por meio da Portaria Interministerial N<sup>o</sup> 59-A, de 09 novembro de 2018, na qual define as medidas, os critérios e os padrões para a pesca de cardume associado e para outros aspectos da pesca de atuns e afins no mar territorial, na Zona Econômica Exclusiva e nas águas internacionais por embarcações de pesca brasileiras (Brasil, 2018).

A aplicação integrada de um modelo bioeconômico contribui para entender a dinâmica da pesca, possibilitando: reproduzir as condições gerais de como a atividade ocorre e simular estratégias alternativas de manejo, considerando as realidades locais e atuais; compreender a cadeia de valor da pesca; e observar e analisar as condições econômicas em que a atividade ocorre. A finalidade foi simular a dinâmica da atividade pesqueira: a frota, aspectos econômicos e de pesca; e o recurso, aspectos biológicos e pesqueiros.

---

<sup>1</sup> Convênio 445810/2015-7 – MCTIC/CNPq, tendo como unidade executora a Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Laboratório de Ecologia Marinha.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Identificação da atividade pesqueira

Para a obtenção dos dados, evidenciou-se a importância do conhecimento e controle dos parâmetros biológicos e econômicos envolvidos na atividade, com destaque à importância do planejamento na relação de sucesso do empreendimento. Os dados biológicos foram obtidos na Base Nacional de Dados de Atuns e Afins – BNDA, administrado pela então SAP/MAPA<sup>3</sup>, através do PROTUNA<sup>1</sup>. Os dados econômicos foram fornecidos pela Associação dos Proprietários de Barcos de Pesca do Estado do Rio Grande do Norte – ASPERN, mais especificamente pelos proprietários/armadores das embarcações envolvidas na captura de atuns e afins da frota sediada no município de Areia Branca/RN, relativos aos custos operacionais totais, espécies capturadas e receita obtida nas operações de pesca.

Os dados analisados referem-se ao período de janeiro/2016 a outubro de 2021, contendo os resultados de 820 viagens realizadas por 139 operações de pesca através de 51 embarcações distintas no período. Os dados foram padronizados em uma mesma planilha, utilizando-se da ferramenta *Microsoft Excel 365*, por elemento de despesa e as receitas obtidas em cada operação de pesca, objetivando identificar o capital inicial, o lucro líquido e o custo por unidade de esforço, com a seguinte classificação:

- ✓ Classificação da despesa: desdobradas em fixas/indiretas e variáveis/diretas;
- ✓ Tipo de despesa: considera-se ao que se destina o custo/despesa; e
- ✓ Elemento da despesa: define efetivamente o que foi executado/adquirido.

No caso das receitas, as seguintes informações foram obtidas para, juntamente com os dados sobre a biologia das espécies, possibilitar a modelagem bioeconômica:

- ✓ Características da embarcação;
- ✓ Data da viagem de pesca relativa a cada embarcação em um determinado período de tempo;
- ✓ Classificação do produto da pesca, relacionado ao tipo de mercado a que se destina;
- ✓ Quantidade/volume por espécie; e
- ✓ Valor unitário (R\$/kg) de cada produto.

### Modelagem bioeconômica

A modelagem objetivou a definição dos parâmetros econômicos, como os custos fixos (indiretos) e variáveis (diretos) das operações de pesca, outros custos que o pescador pode incorrer e suas relações com a receita total. Considerando as limitações de dados, especialmente econômicos, utilizou-se um modelo bioeconômico para pescarias simples, como as artesanais e as de pequena escala, denominado Modelagem Econômica – MECON, que permite identificar possíveis estratégias de gestão (Leonart *et al.*, 2003). No auxílio ao modelo, foi utilizada a ferramenta Excel 365 do pacote office da Microsoft na sistematização dos dados.

O modelo tem como objetivo ilustrar os dinamismos dos estoques de peixes sujeitos à pesca pelos agentes econômicos. Leva em consideração que a frota pesqueira tem certas características econômicas e técnicas (capital, poder pesqueiro, esforço etc.) que infligem uma mortalidade por pesca ( $F$ ) aos estoques de peixes. O processo da pesca resulta em capturas que são vendidas e transformadas em ingressos. Uma parte desses ingressos é usada para aumentar ou diminuir o capital ou o esforço de pesca. A mortalidade por pesca sofre mudanças dinâmicas frequentemente, devido à relação entre  $F$  com  $q$  (capturabilidade) e  $E$  (esforço). A capturabilidade  $q$  pode ser considerada como uma constante ou estar em função do capital e/ou do tempo.

O modelo MECON implementa uma análise bioeconômica simples, baseado em modelos globais de produção. Sua estrutura é baseada no conceito das três unidades (caixas) que interagem no processo de pesca:

- ✓ O modelo de dinâmica populacional do estoque explorado (ESTOQUE);
- ✓ O modelo de mercado que, baseado na captura de espécie(s) alvo(s) e no preço unitário, converte a produção (pescado) em dinheiro (MERCADO); e
- ✓ O modelo dinâmico da unidade de exploração pesqueira, que utiliza os resultados econômicos da pesca para modular a mortalidade por pesca na unidade de estoque (PESCADOR).

No modelo MECON, além disso, a mortalidade por pesca aplicada pelo pescador pode ser controlada por fatores externos ao processo de pesca. Esses controles externos atuam como medidas de gestão técnica. Embora o modelo MECON seja baseado em alguns postulados simples, é de grande interesse por três razões:

- ✓ como ferramenta didática de iniciação do usuário à dinâmica populacional, de forma pedagógica para o setor pesqueiro produtivo e para o gestor público governamental;
- ✓ como ferramenta exploratória para análise da dinâmica populacional, quando não se dispõe de grandes quantidades de parâmetros exigidos por outros modelos mais realistas; e
- ✓ quando é necessário ter uma ferramenta simples e confiável para a avaliação de medidas de gestão em pescarias pouco estudadas.

O Modelo MECON é constituído em 4 módulos, e consiste dos seguintes passos e submodelos, utilizando-se dos seguintes parâmetros e equações:

**Parâmetros:**

- ✓  $F_t$  – Mortalidade por pesca por unidade de tempo  $t$  (1)
- ✓  $q_t$  – Coeficiente de capturabilidade por unidade de tempo  $t$  (2)
- ✓  $E_t$  – Esforço de pesca por unidade de tempo  $t$
- ✓  $B_t$  ou  $B_{ini}$  – Biomassa do estoque em exploração por unidade de tempo  $t$  (biomassa inicial)
- ✓  $B_{t+1}$  – Biomassa do estoque em exploração na unidade de tempo seguinte (3)
- ✓  $B_\infty$  ou  $B_{inf}$  – Biomassa do estoque no máximo de capacidade do meio ambiente
- ✓  $\bar{B}_t$  ou  $B_{mean}$  – Biomassa média por unidade de tempo  $t$  (4)
- ✓  $r$  – Taxa de crescimento populacional
- ✓  $C_t$  – Captura por unidade de tempo  $t$  (5)
- ✓  $K_t$  – Capital por unidade de tempo  $t$  (6)
- ✓  $C\$$  – Valor da captura, parâmetro relacionado com a receita (revenue) (7)
- ✓  $net_t$  – Lucro líquido por unidade de tempo  $t$  (8)
- ✓  $incnet$  – Incremento do lucro líquido
- ✓  $revenue_t$  – receita por unidade de tempo  $t$  (9)
- ✓  $expense_t$  – despesa por unidade de tempo  $t$  (10)
- ✓  $E\$$  – parâmetro relacionado com a despesa (11)
- ✓  $incE\$$  – incremento na despesa (11)

**Equações:**

$$F_t = q_t \cdot E_t \quad (1)$$

$$B_{t+1} = \frac{B_\infty}{r} \left( \frac{r}{r - F_t} + \left( \frac{B_t}{B_\infty} - \frac{r}{r - F_t} \right) \cdot e^{-(r - F_t)} \right) \quad (3)$$

$$\bar{B}_t = \frac{B_\infty}{r} \cdot \left( r - F_t + \ln \left( \frac{r}{r - F_t} + \left( \frac{B_t}{B_\infty} - \frac{r}{r - F_t} \right) \cdot e^{-(r - F_t)} \right) - \ln \frac{B_\infty}{B_t} \right) \quad (4)$$

$$C_t = F_t \cdot \bar{B}_t \quad (5)$$

Capturabilidade 1: $q_t = q_{t-1} \cdot S + L \cdot \ln\left(\frac{K_t}{K_{t-1}}\right) \quad (2)$	Capturabilidade 2: $q_t = q_{t-1} \cdot S \cdot L \cdot \frac{\ln(K_t)}{\ln(K_{t-1})} \quad (2)$
---	---

$$K_{t+1} = K_t + (net \cdot incnet / 100) \quad (6)$$

$E_{t+1} = E_t + (net_t / E\$_t) \cdot (incnet / 100)$	if $E_{t+1} > E_t \cdot (1 + incmax\_E / 100)$ $E_{t+1} = E_t \cdot (1 + incmax\_E / 100)$
--	---

$$C\$_{t+1} = C\$_t + (C\$_t \cdot incC\$ / 100) \quad (7)$$

$$E\$_{t+1} = E\$_t + (E\$_t \cdot incE\$ / 100) \quad (11)$$

$$net_t = revenue_t - expense_t \quad (8)$$

$$revenue_t = C\$_t \cdot C_t \quad (9)$$

$$expense_t = E\$_t \cdot E_t \quad (10)$$

### Submodelo ESTOQUE

O estoque compreende a espécie, com dinâmica própria, embora também possa ser conceituado como todo o conjunto de recursos vivos sobre os quais a frota (ARMADOR e/ou PESCADOR) atua, com dinâmica unitária. As equações nas quais o modelo se baseia são as usuais em um modelo de produção global:  $B_t$ ;  $B\_mean.t$ ;  $C_t = Bmean \cdot F_t$ ; e  $F = q \cdot E$ , sendo "F" a mortalidade por pesca.

Para calcular a biomassa no tempo  $t$  ( $B_t$ ) utiliza-se a sub-rotina *Biomass*. Para calcular a biomassa média em  $t$  ( $B\_mean.t$ ) é utilizada a biomassa média. Os parâmetros de entrada são:  $B_{inf}$ ,  $B_{ini}$  e  $r$  (taxa de crescimento populacional) e são inseridos na guia Biológica.

### Submodelo MERCADO

As capturas obtidas pela aplicação de  $F$  (mortalidade por pesca) à biomassa média gerada na unidade ESTOQUE são processadas na unidade MERCADO utilizando o "modelo" simples:

✓  $revenue_t$  (ingressos/receita) = captura ( $C_t$ ) \* Preço unitário da captura (C\$)

As despesas atribuíveis à atividade pesqueira devem ser subtraídas dessa receita por conta das capturas, modeladas simplesmente como uma relação linear com o esforço empregado:

✓  $expense_t$  (despesa) = Esforço ( $E_t$ ) \* Esforço de preço unitário (E\$)

o lucro líquido é, portanto:

✓  $Ingr\_net_t = Receita - Despesa$  ( $net_t = revenue_t - expense_t$ )

e os parâmetros obrigatórios são: preço unitário de captura e esforço, que podem variar de acordo com uma taxa de variação:  $incr\_E\$$  e  $incr\_C\$$ .

### Submodelo PESCADOR

O pescador aplica  $F$  (mortalidade por pesca) no recurso. Como se sabe,  $F$  se decompõe em  $q$  e  $E$ .

### Modelagem de $q$ (capturabilidade)

No modelo MECON, apenas uma fração ( $ingr\_incr\_K$ ) do lucro líquido vai para aumentar o capital ( $K$ ) disponível para a frota, através do modelo:

✓  $K(t) = K(t-1) + [Ingr\_net \cdot ingr\_inc\_net]$  (subr Capital)

A fração ( $ingr\_inc\_K$ ) representa toda a renda líquida que é investida na própria atividade pesqueira. Esse parâmetro pode ser utilizado como medida de gestão técnica (econômica), limitando, por exemplo, a fração de renda destinada ao aumento de capital. O modelo também implica que o pescador tende continuamente a melhorar (aumentar) seu poder de pesca, pois  $K$  é uma das variáveis que determinam  $q$ , a capturabilidade.

Neste compartimento (caixa ou submodelo), os resultados da atividade de pesca obtidos na unidade de tempo anterior são utilizados para modular a capturabilidade da frota na unidade de tempo atual, utilizando o seguinte modelo:

✓  $q(t, K)$ .

Observe que a relação de  $K$  e  $t$  com  $q$  é não linear. Da mesma forma, o programa MECON permite desativar  $K$  ou  $t$  ou ambos, para estudar de forma independente o aumento do poder de pesca devido a um ou outro fator. Os parâmetros necessários são:

✓  $K\_ini$  – Capital inicial;

✓  $ingr\_inc\_net$  – Incremento de ingressos líquido;

✓  $q\_ini$  – Capturabilidade inicial;

✓  $\tau$  – Modificador da capturabilidade relacionado com o tempo; e

✓  $h$  – Modificador da capturabilidade relacionado com o capital.

Se a opção de capacidade de captura constante for escolhida, apenas  $q\_ini$  será necessário.

### Modelagem de E (esforço)

O esforço aplicado no período  $t$  está diretamente ligado aos benefícios obtidos em  $t-1$ , bem como ao preço da pesca (custo do esforço):

✓  $E_t = E(t-1) + net/E\$$

A variação da quantidade  $net/E\$$  é limitada pelo valor  $inc\_maxE$ , para simular a inércia do sistema (o sistema não pode variar mais que  $inc\_maxE\%$  de um ano para outro):

✓ se  $net/EE > (inc\_maxE/100) * E(t-1)$  então  $E_t = E(t-1) + (inc\_maxE/100)*E(t-1)$ .

Parâmetros necessários:  $E\_ini$  (guia técnica),  $inc\_maxE$ ,  $E\$$

### Comportamento econômico

A análise econômica se baseou em indicadores estimados a partir dos custos (fixos/indiretos e variáveis/diretos) e da rentabilidade da atividade ou lucro líquido que nada mais é que a relação existente entre receitas e despesas das pescarias, conforme segue abaixo:

- Custos variáveis ou diretos*: aqueles que ocorrem ou incidem se houver operação de pesca, tais como custeio da armação, despesas financeiras (embarque e desembarque), além das comissões (participação da tripulação no resultado da pesca); e
- Custos fixos ou indiretos*: independem do volume de produção e das operações de pesca, tais como depreciação, seguros, registro, manutenção periódica da embarcação e outros equipamentos.

Para fins das análises bioeconômicas, destacam-se levantamentos de informações das operações de pesca, aqui simulados das médias por cruzeiro dos custos fixos e variáveis da frota atuneira de cardume associado, com os correspondentes custos operacionais totais da pesca.

O componente frota simula o comportamento e a dinâmica das frotas individuais, com características das embarcações que definem as viagens com mesma capturabilidade para todos os estoques. O pressuposto é que a unidade física escolhida, as embarcações, deve estar intimamente relacionada com seus dispositivos e equipamentos de pesca, com obtenção das seguintes informações:

✓ *Caracterização de embarcações atuneiras*: Comprimento total (m), Boca máxima (m), Pontal (m), Calado Máximo (m), Capacidade do porão (t), Tonelagem bruta de arqueação, Tipo de conservação do pescado a bordo, Potência do motor (HP), Tripulação total e Material do casco, entre outros;

✓ *Caracterização do petrecho de pesca*: materiais empregados na sua confecção e os comprimentos dos cabos de boia, das linhas secundárias, do tipo de anzol, iscas usadas.

## RESULTADOS

### Da Despesa

De uma maneira geral, os custos variáveis representaram mais de 80% dos custos totais, enquanto os custos fixos menos de 20%. Na composição, verificou-se que quanto menor a embarcação os custos fixos aumentam, chegando a representar cerca de 30% e os variáveis, obviamente, cerca de 70%. Esta tendência deveu-se, provavelmente, ao fato de os custos fixos serem praticamente constantes independentemente do tamanho da embarcação e, portanto, como os custos variáveis diminuem gradativamente em embarcações de pequeno porte a participação dos custos fixos na composição do custo operacional total é maior.

Dos itens de maior relevância analisados, entre aqueles que compõem os custos variáveis, os petrechos de pesca representaram cerca de 70%, óleo diesel cerca de 20% e equipamentos de apoio à pesca cerca de 7%, representando juntos aproximadamente 97% nos custos variáveis. Nos custos fixos os encargos trabalhistas representaram cerca de 68% e a manutenção das embarcações aproximadamente 30%, juntos representando 98% nos custos fixos. Já nos custos totais, a média de representação desses principais itens foi a seguinte: petrechos de pesca cerca de 55%, óleo diesel 16%, equipamentos cerca de 5%; encargos trabalhistas em torno de 11% e manutenção cerca de 5%; representando, estes 5 itens, cerca de 92% dos custos totais das operações de pesca. Entretanto, se considerarmos apenas os custos variáveis/diretos em cada operação de pesca, que ocorrem em função do processo decisório do investimento necessário para se exercer um esforço de pesca que produza um volume de captura que possa gerar lucro, os itens mais dispendiosos foram: diesel (58%), rancho<sup>2</sup> (20%) e gelo (19%), seguidos de material de pesca, óleo lubrificante e isca, com 1% cada, e despesas portuárias, maquinaria e água com menos de 1% cada (Figura 1).

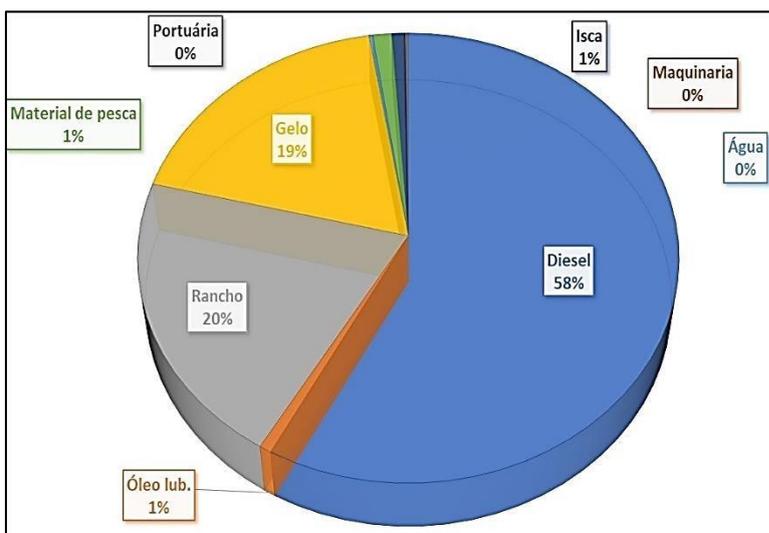


Figura 1 – Percentuais das despesas médias totais da frota de cardume associado sediada em Areia Branca, entre 2016 e 2020. Diesel, Rancho e Gelo correspondem, em média, a aproximadamente 97%. Despesas Portuárias, Maquinária e Água, ainda que existentes, são inferiores a 1% e não mostradas no gráfico

<sup>2</sup> Rancho: ainda que em comunidades pesqueiras do Rio Grande do Norte “Ranchos de Pesca” sejam considerados espaços de convivência e de apoio à faina diária de pesca, no presente estudo o rancho refere-se à aquisição de alimentos e víveres diversos, ou seja, o custo referente à alimentação da tripulação durante as operações de pesca.

A despesa total gerada no período foi de R\$ 29.630.289,00 (vinte e nove milhões seiscentos e trinta mil e duzentos e oitenta e nove reais). O ano de 2018, com R\$ 8.704.637,00, representou a maior despesa, enquanto o ano de 2021, com R\$ 1.778.052,00, gerou a menor despesa entre os anos amostrados.

## Da Produção

Durante o período amostral foram produzidos 6.003.762 kg de pescado. O maior volume de capturas ocorreu no ano de 2017, com 1.583.012,6 kg, utilizando-se, nas operações de pesca, 30 embarcações, enquanto 2021, com 540.746 kg, foi o ano que apresentou o menor volume de capturas, quando atuaram apenas 14 embarcações. Os baixos resultados dos anos de 2020 e 2021 foram, teoricamente, interpretados pelo advento global da pandemia da Covid-19, que afetou os mercados em todo mundo, principalmente o de pescados.

O mercado de Areia Branca apresenta uma classificação dos produtos capturados em função da exigência do consumidor, não levando em consideração a espécie, que não torna possível uma análise do volume de captura por espécie. Ao longo do período amostral foram detectadas 25 denominações, com uma mistura entre nome vulgar das espécies e o mercado a que se destina. Provavelmente, essa classificação é determinada em função do valor ofertado nos desembarques e as não identificadas aparecem na amostra como “outros”, definidos da seguinte forma:

✓ *Pelo nome da espécie:* Agulhão, Atum G, Atum GG, Atum P, Barracuda, Bonito, Cavala, Dourado, Dourado G, Dourado P, Marlim, Meca, Peixe-Rei, Pula-Pula, Rachado, Tubarão e outros.

✓ *Pelo Mercado:* Estourado<sup>3</sup>, Mercado PP, Mercado Especial, Mercado Fraco, Mercado G, Mercado Paraíba, Mercado Rio.

Dentre as espécies capturadas e de acordo com a classificação local, o produto classificado como “Mercado P” apresentou o maior volume de captura no período com um total de 1.673.329 kg, seguido do “Mercado G” com 1.644.189 kg, juntos representando cerca de 52% de todo volume capturado (Figura 2), e foram os produtos de maior volume de comercialização a partir do ano de 2017, no período amostral, invertendo-se a partir de 2018 (Figura 3)<sup>4</sup>.

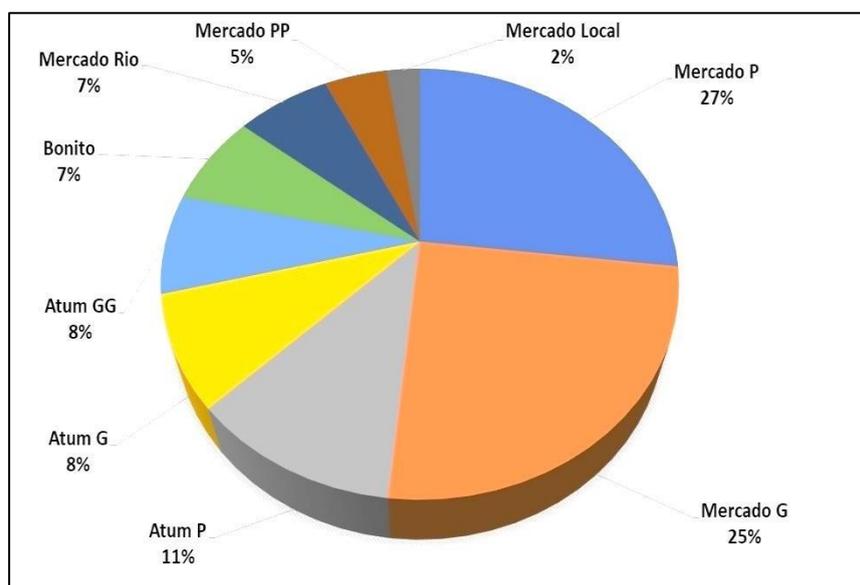
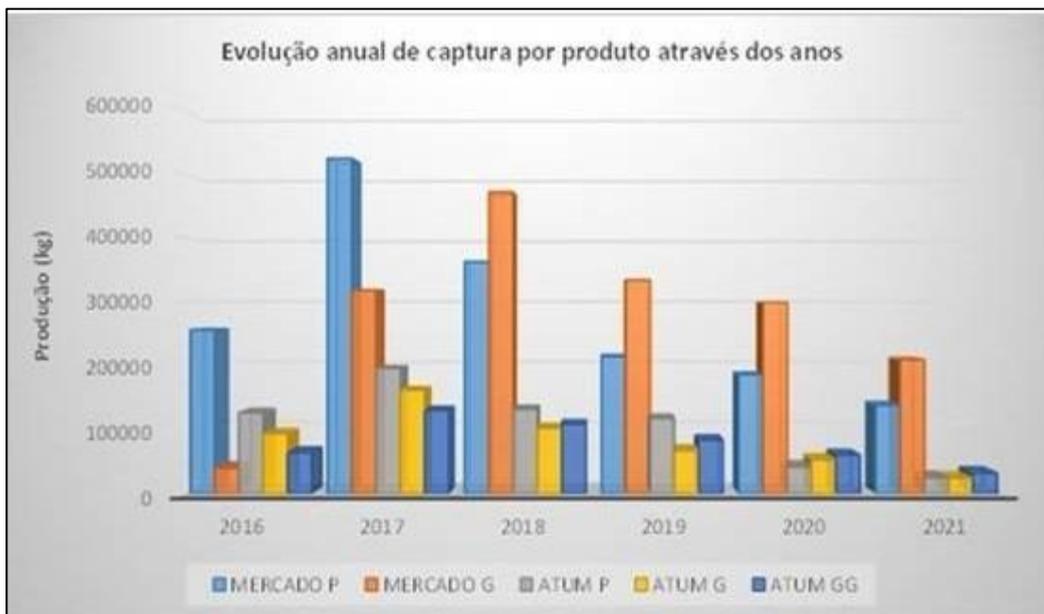


Figura 2 – Participação relativa da produção de pescado da frota sediada em Areia Branca/RN, por classe de comercialização, durante o período de 2016 a 2021

<sup>3</sup> O mercado classificado como “estourado” é todo aquele avariado pelo manejo e negociados por valores muito baixos.

<sup>4</sup> As definições, tanto por espécie quanto pelo mercado, recebem a classificações diversas, como indicado. Entretanto, as classificações alfabéticas PP – Muito Pequeno, P – Pequeno, G – Grande e GG – Muito Grande, referem-se à padronização dada pelo avaliador do produto, contratado pela empresa que adquirente. Não há uma classificação exata com uma amplitude de peso e a classificação é feita pelo conhecimento empírico do avaliador.

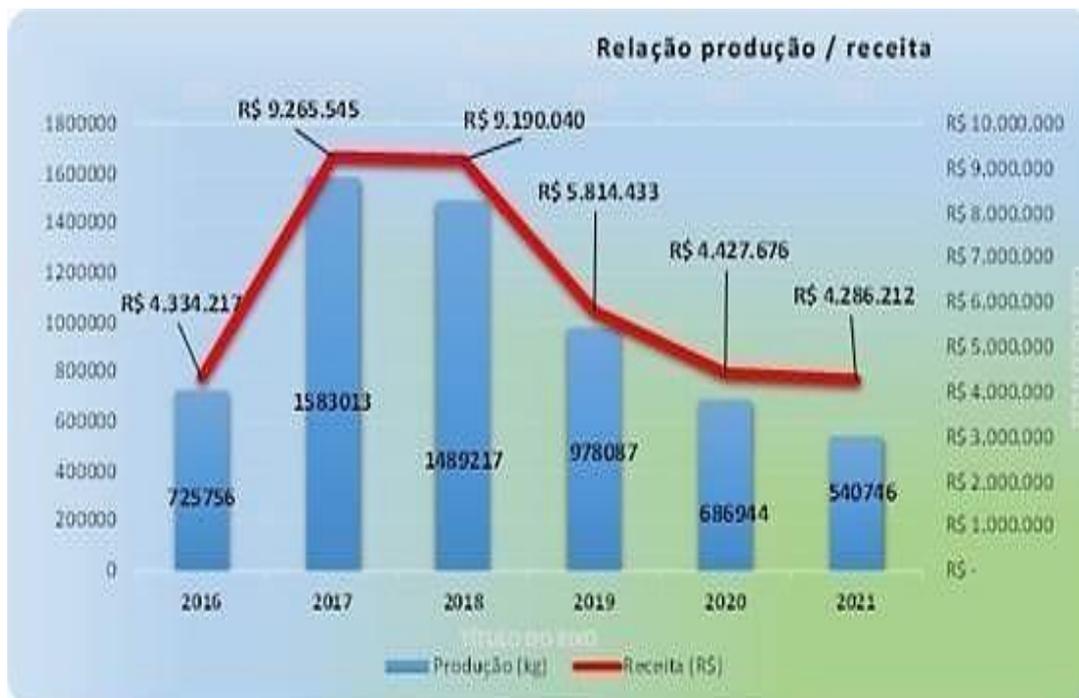
Figura 3 - Demonstração da inversão de posição do mercado G (Grande), em relação ao mercado P (Pequeno) após 2018



### Da Receita

A receita total produzida no período foi de R\$ 37.318.123,00 com destaque para os anos de 2017 e 2018, com R\$ 9.265.545,00 e R\$ 9.190.040,00, respectivamente, enquanto o ano de 2021 apresentou o menor resultado do período, com R\$ 4.286.212,00 de receita produzida (Tabela 1). A Figura 4 apresenta a relação entre volume produzido e receita.

Figura 4 - Relação entre produção e receita verificada no período amostral



O resultado total referente ao período amostral apresentou um valor positivo de R\$ 7.687.833,00, obtido pela diferença entre o somatório das despesas realizadas e a soma das receitas (Tabela 1), observando-se lucro em todos os anos analisados.

Tabela 1 - Resultado das operações financeiras anuais e total no período amostral

Ano	Produção (kg)	Despesa (R\$)	Receita (R\$)	Lucro (R\$)
2016	725.756	2.654.624,00	4.334.217,00	1.679.593,00
2017	1.583.013	7.790.880,00	9.265.545,00	1.474.665,00
2018	1.489.217	8.704.637,00	9.190.040,00	485.403,00
2019	978.087	5.669.444,00	5.814.433,00	144.989,00
2020	686.944	3.032.652,00	4.427.676,00	1.395.024,00
2021	540.746	1.778.052,00	4.286.212,00	2.508.160,00
TOTAL	6.003.762	29.630.289,00	37.318.123,00	7.687.833,00

Por fim, sobre a lucratividade, é importante observar o resultado dos anos de 2020 e 2021 (Figura 5). Quando se comparam os principais itens que estabelecem relações entre si, observou-se que as produções totais decresceram, teoricamente em função da Covid-19.

Figura 5 - Análise comparativa dos resultados obtidos no período amostral, entre produção e o resultado entre a receita e a despesa



A Tabela 2 mostra o resultado por unidade de esforço, por embarcação/ano, no período de 2016 a 2021. O número de embarcações foi reduzido de 30 (2017) para 10 (2020) no período de estudo. Entretanto, os resultados mostram situações distintas a cada ano, provavelmente fruto de exigências mercadológicas de novos produtos que se apresentam para o consumo em suas variadas formas, que não faz parte da presente análise, mas também, e como já mencionado, pelo impacto causado na atividade em virtude da pandemia de Covid-19, como fator provável da redução da produção e, conseqüentemente, das operações de pesca. Enquanto a maior produção por unidade de esforço foi 2020, quando atuaram apenas 10 embarcações, com 68.694,35 kg/embarcação/ano, e a menor produção foi em 2021, quando atuaram 14 embarcações, com 38.624,71 kg/embarcação/ano, verificou-se que a lucratividade mostra resultados totalmente inversos. Ou seja, em 2020 o lucro foi de apenas R\$ 6.590,42/embarcação/ano, enquanto em 2021 o lucro foi de R\$ 179.154,26/embarcação/ano. O resultado de uma maior produção por unidade física em 2020 pode indicar que o menor esforço de pesca beneficiou as embarcações

que continuaram na atividade. Entretanto, em função da pandemia e das restrições impostas pelo isolamento humano, o mercado não absorveu a produção por falta de comercialização e consumidor. A média da receita anual por embarcação foi de R\$ 268.614,00.

Tabela 2 – Produção, despesa, receita e lucro por unidade de esforço, por embarcação/ano, de 2016 a 2021

Ano	Nº de Embarcações	Produção (kg)	Resultado por embarcação/ano		
			Despesa (R\$)	Receita (R\$)	Lucro (R\$)
2016	18	40.319,78	147.479,11	240.789,84	93.310,73
2017	30	52.767,09	259.696,01	308.851,50	49.155,50
2018	26	57.277,57	334.793,73	353.463,07	18.669,34
2019	22	44.458,50	257.701,99	264.292,41	6.590,42
2020	10	68.694,35	303.265,25	442.767,61	139.502,36
2021	14	38.624,71	127.003,71	306.157,97	179.154,26

## Análise e Abordagem Bioeconômica

O objetivo de modelar uma determinada pescaria é reproduzir as condições bioeconômicas nas quais ela ocorre, realizando projeções para simular estratégias de gestão, a partir da situação atual que melhor descreve um cenário, e avançar para o futuro com a finalidade de analisar o comportamento da pescaria sob diferentes condições, particularmente diferentes situações de manejo, que possam ajudar no processo de gestão de forma compartilhada entre o setor produtivo e os órgãos competentes. Também, proporcionar aos armadores de pesca importantes ferramentas de simulações entre despesas, receitas e lucros relacionados às operações de pesca, fazendo com que haja uma troca de experiências e conhecimentos. As condições da simulação bioeconômica utilizadas na presente análise estão especificadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Parâmetros biológicos, econômicos e de avaliação do estoque da Albacora laje (*Thunnus albacares*) e Albacora bandolim (*Thunnus obesus*) utilizados na análise bioeconômica para a frota de cardume associado em Areia Branca/RN

Maximum Sustainable Yield (MSY)	86.833 t (72.210 t – 106.440 t)
B <sub>MSY</sub> (Modelo de FOX)	451.080 t (Mediana)
	545.184 t (95% LCI)
	843.543 t (95% UCI)
Taxa de aumento da biomassa ( <i>r</i> )	0,084
F/F <sub>MSY</sub>	1,00 (0,63 – 1,35)
Aumento máximo do esforço/ano	5%
Capturabilidade inicial ( <i>q</i> )	1,00
Capital inicial ( <i>K</i> )	R\$ 1.327.312,00
Lucro líquido para aumento do capital	10%
Custo por unidade de esforço	R\$ 150.000,00
Aumento por unidade de esforço (embarcação)	2% (1,02)
Preço por unidade de captura (kg)	R\$ 12,00
Aumento por unidade de captura	2% (1,02)
Tau ( $\tau$ ) – Capturabilidade X Tempo	2% (1,02)
h – Capturabilidade X Capital	5% (1,05)
Unidade de tempo simulado	25 anos

As albacoras laje (70%) e bandolim (25%) compõem, aproximadamente, 95% das capturas dessa frota e modalidade. No modelo, estes dados foram tabulados por afinidades conceituais, partindo-se de simulações com base em decisões que podem ser tomadas pelos armadores de pesca conforme o nível de capturabilidade da modalidade e o número de unidades temporárias nas quais o modelo será projetado. A Tabela 3 apresenta o resultado da simulação bioeconômica para essas espécies para um período 25 anos (*Time*), a mortalidade por pesca (*F*), o esforço de pesca (*E*), a capturabilidade (*q*) e o lucro líquido (*net*), conforme parâmetros descritos no Quadro 1.

Tabela 3 - Simulação bioeconômica para a Albacora laje (*Thunnus albacares*) e Albacora Bandolim (*Thunnus obesus*), para a frota de cardume associado em Areia Branca/RN, considerando a relação entre o período *Time* (25 anos), a mortalidade por pesca *F*, o esforço de pesca *E*, a capturabilidade *q* e o lucro líquido *net*

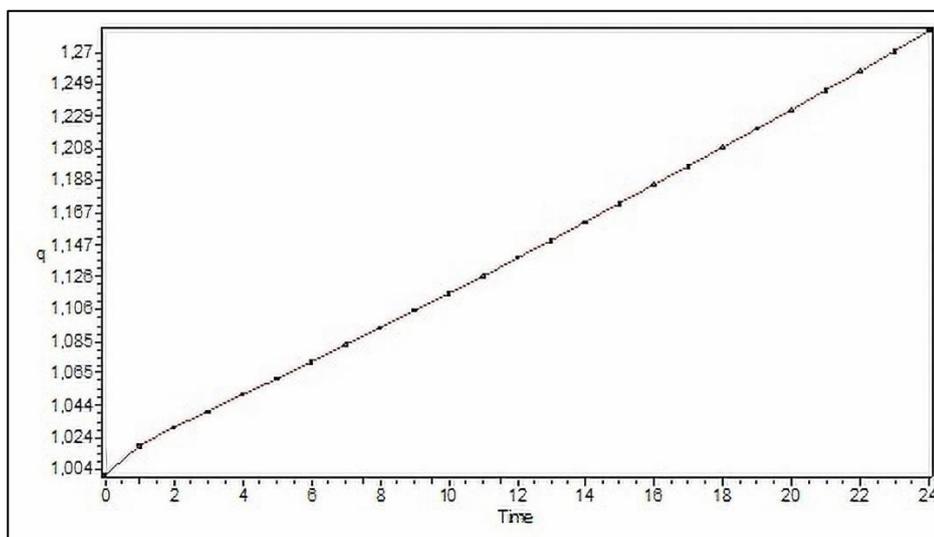
<b>Time (25 anos)</b>	<b>Mortalidade por Pesca (F)</b>	<b>Esforço de Pesca (E)</b>	<b>Capturabilidade (q)</b>	<b>Lucro Líquido (net) (R\$)</b>
0	1,00000	1,00000	1,00000	522.695,16
1	1,06282206	1,05000000	1,01221149	409.106,85
2	1,12868523	1,10250000	1,02375077	258.610,12
3	1,197879081	1,15762500	1,03477299	146.134,93
4	1,27085878	1,21550625	1,04553866	51.285,04
5	1,34794413	1,27628156	1,05614950	-33.046,66
6	1,20511605	1,12981632	1,06664492	-76.434,90
7	0,85586232	0,79458119	1,07712381	-54.373,14
8	0,60760464	0,55858238	1,08776193	-12.147,36
9	0,55635111	0,50640635	1,09862586	35.629,81
10	0,59007756	0,53172667	1,10973851	100.131,08
11	0,62595005	0,55831300	1,12114540	170.224,40
12	0,66410498	0,58622865	1,13284292	233.361,25
13	0,70465830	0,61554008	1,14478053	282.361,25
14	0,74771544	0,64631709	1,15688640	312.274,83
15	0,79338793	0,67863294	1,16909729	324.361,20
16	0,84180423	0,71256459	1,18137253	320.842,73
17	0,89311249	0,74819282	1,19369295	303.949,82
18	0,94747904	0,78560246	1,20605406	275.440,88
19	1,00508590	0,82488258	1,21845936	236.664,65
20	1,06612889	0,86612671	1,23091562	188.809,97
21	1,13081638	0,90943305	1,24343005	133.180,74
22	1,19936863	0,95490470	1,25600872	71.429,49
23	1,27201753	1,00264993	1,26865568	5.704,52
24	1,31161151	1,02359892	1,28137250	-56.262,22

A tendência, com a obtenção de lucro líquido (*net*), foi atuar para ampliar a capturabilidade e aumentar o esforço de pesca. A simulação definiu um baixo crescimento da biomassa (*r*), um esforço de pesca excessivo e, conseqüentemente, o aumento na mortalidade por pesca, que levou a uma redução nas capturas, com forte diminuição da biomassa do estoque disponível para a pesca. O resultado foi um prejuízo a partir do 5º ano da simulação e levou à diminuição do esforço de pesca (*E*) e da mortalidade por pesca (*F*), a partir do 7º ano, o que provavelmente provoca a saída da atividade de unidades físicas de esforço em número de embarcações. A redução do esforço de pesca em aproximadamente 50% ( $E = 0,50640635$ ) e da mortalidade por pesca em aproximadamente 45% ( $F = 0,55635111$ ) promove uma recuperação do estoque disponível para a pesca e, conseqüentemente, a retomada de lucro a partir do 9º ano, que estimula novamente o aumento de *E* e *F*, ainda que de forma lenta, mas que novamente gerará prejuízo a partir do 24º ano, repetindo-se o ciclo vicioso de entrada e saída de embarcações da atividade pelo fator econômico e prejuízo gerado pela queda nas capturas, considerando sempre a tendência de manter crescente a capturabilidade “*q*”.

A simulação indica que, provavelmente, um ponto de equilíbrio pode ser alcançado no 15º ano, com um lucro líquido por embarcação de cerca de R\$ 325.000,00/ano, o que implica em uma redução de 32% no esforço de pesca ( $E = 0,67863294$ ) e de 20% na mortalidade por pesca ( $F = 0,79338793$ ), frente aos níveis atualmente exercidos pela frota de cardume associado no estoque de atuns e afins. As Figuras de 6 a 15 mostram com mais detalhes o resultado da análise bioeconômica, como segue:

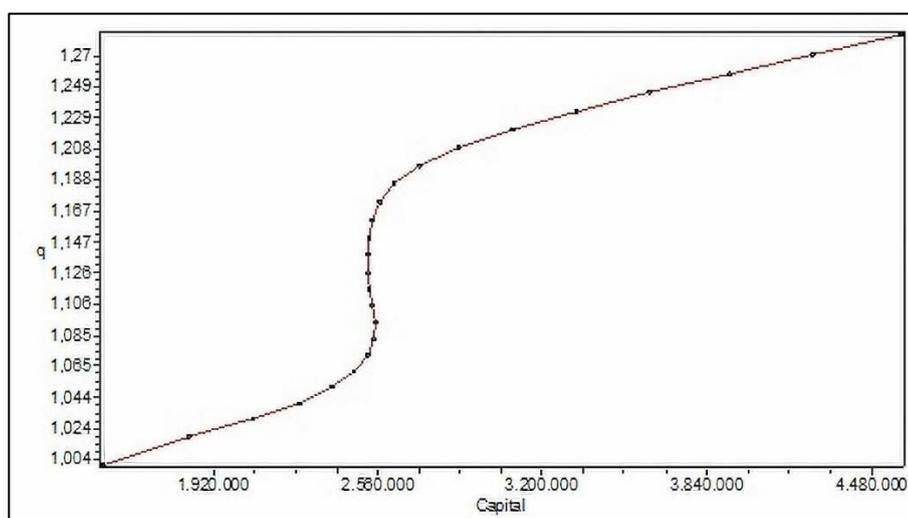
A Figura 6 apresenta a relação entre o período de simulação e a capturabilidade  $q$ . Como já exposto, a simulação considerou um aumento constante no coeficiente de capturabilidade de 2% ao ano referente ao tempo/período de simulação de 25 anos e de 5% referente ao investimento em tecnologias diversas para aumentar o poder de captura referente ao capital obtido com o lucro líquido.

Figura 6 - Relação entre o período de simulação e a capturabilidade  $q$  (q-Time)



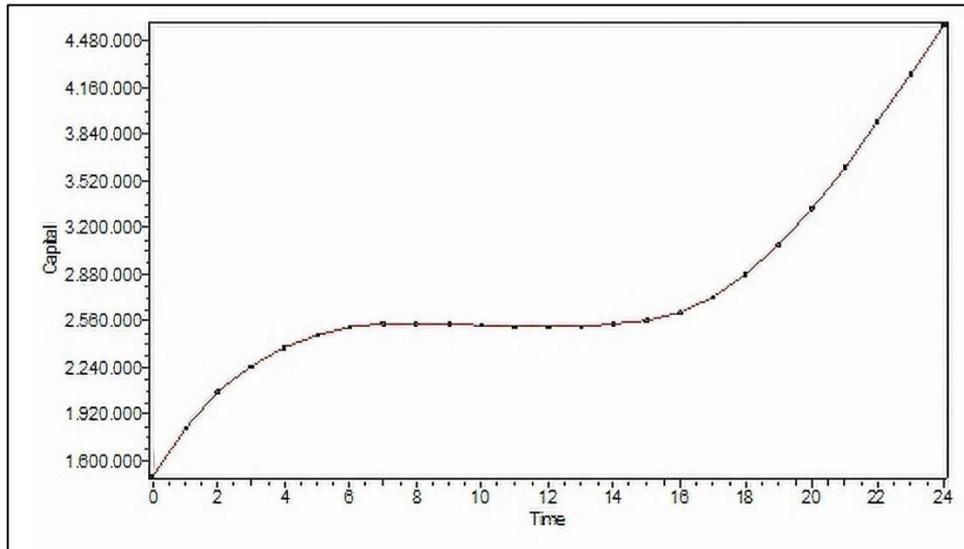
A Figura 7 apresenta a relação entre o capital (R\$) e a capturabilidade  $q$  e indica a tendência de manter crescente o poder de captura ( $q$ ), ainda que as taxas de investimentos se estabilizem ou sejam levemente decrescente. Neste caso, o valor refere-se à soma de investimentos realizados pela frota, e não pela embarcação.

Figura 7 - Relação entre o capital  $K$  e a capturabilidade  $q$  (q-Capital)



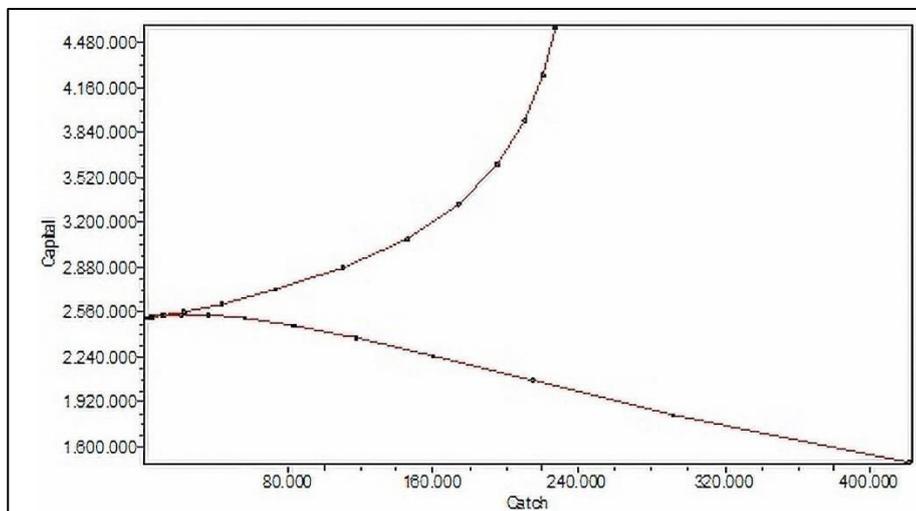
A Figura 8 apresenta o resultado da simulação entre o tempo (período de 25 anos) e o capital (R\$). Demonstra uma estabilidade no capital disponível para as operações de pesca por cerca de 10 anos, entre o 6º e o 16º anos, provavelmente pela manutenção de um menor número de unidades de esforço de pesca (embarcações) que se mantiverem na atividade. O aumento de capital a partir do 16º ano pode indicar a entrada de novas unidades de esforço e, conseqüentemente, capital. O valor também é expresso para toda a frota.

Figura 8 - Resultado da simulação entre o tempo (período de 25 anos) e o capital  $K$  (Time-Capital)



A Figura 9 apresenta o resultado da simulação entre a captura (kg) e o capital (R\$). A simulação inicial demonstra altos investimentos para a obtenção de capturas medianas, provavelmente em virtude de baixo investimento em capturabilidade. O excessivo esforço de pesca faz com que haja queda nas capturas e, conseqüentemente, redução do capital disponível para as operações de pesca. A curva parece demonstrar um volume de capital da ordem de R\$ 2.500.000,00 (dois milhões e quinhentos mil reais) ao ano para satisfazer a necessidade dos investimentos necessários e manter a tendência crescente de aumento na capturabilidade. O aumento nas capturas pode ocorrer com redução do capital, desde que haja investimentos na capturabilidade.

Figura 9 - Resultado da simulação entre a captura  $C$  e o capital  $K$  (Catch-Capital)



Os resultados da simulação para o período de tempo definido (25 anos) e a mortalidade por pesca  $F$  e o esforço de pesca  $E$  estão apresentados nas Figuras 10 e 11, respectivamente. Verifica-se a mesma tendência entre  $F$  e  $E$  indicando, provavelmente, que o aumento acima do  $F_{MSY}$  (mortalidade por pesca para se atingir o rendimento máximo sustentável) e de  $F/F_{MSY}$  induz à drástica redução, através da saída da atividade de unidades de esforço (embarcações) e, após um período de aproximadamente 4 anos (entre o 9º e o 13º anos), a obtenção de lucro e a recuperação da biomassa do estoque leva ao aumento de  $E$  e permite suave aumento de  $F$ .

Figura 10 - Resultado da simulação para o período de tempo definido (25 anos) e a mortalidade por pesca  $F$  (Time- $F$ )

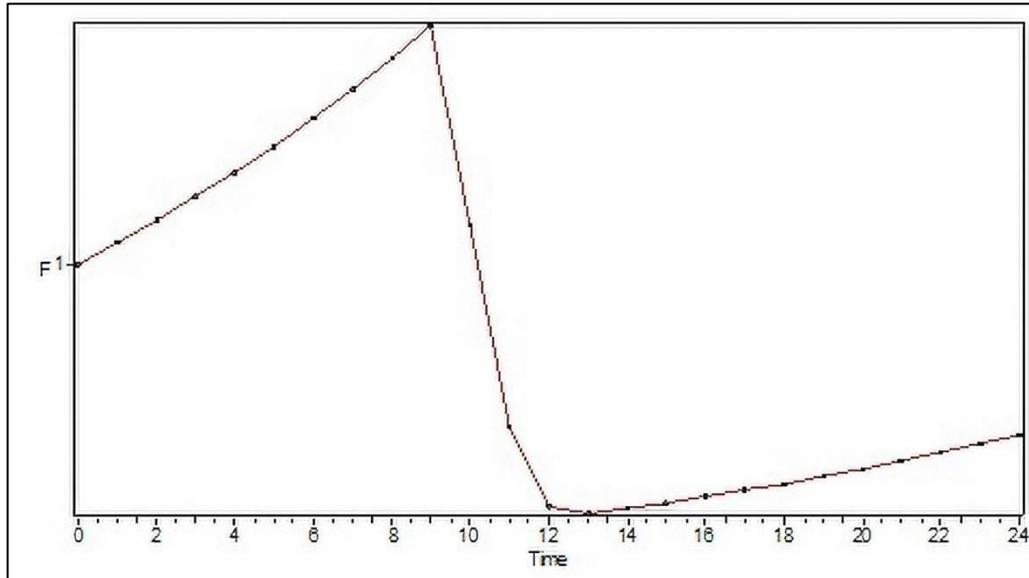
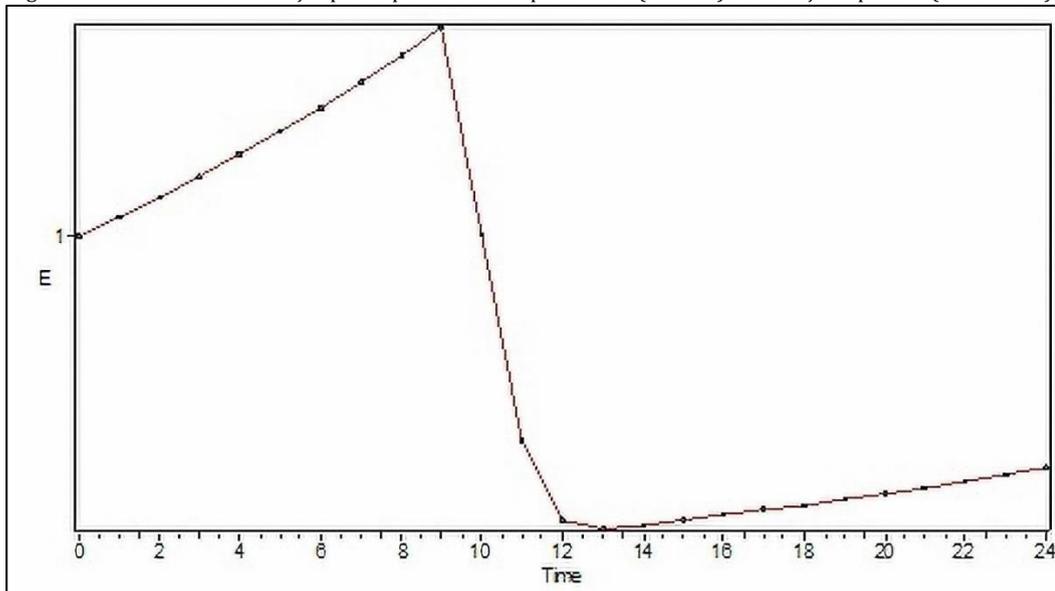


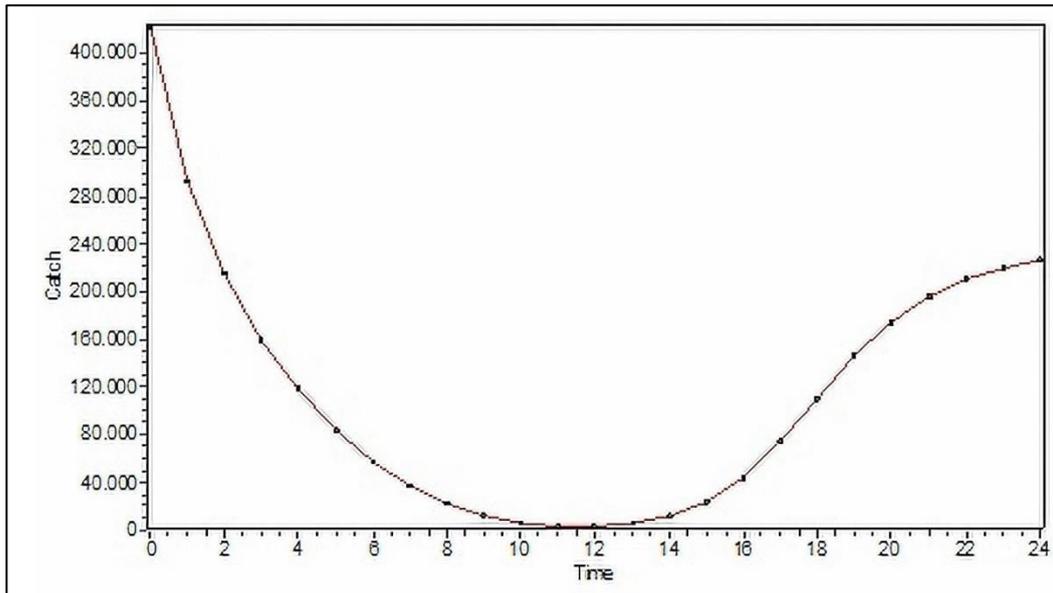
Figura 11 - Resultado da simulação para o período de tempo definido (25 anos) e o esforço de pesca  $E$  (Time-Effort)



A Figura 12 apresenta o resultado da simulação para o período de tempo definido (25 anos) e a captura (kg). Provavelmente indica que um excessivo esforço de pesca  $E$ , que resulta em uma alta mortalidade por pesca  $F$ , pode levar o estoque ao colapso e, inclusive, levar à total

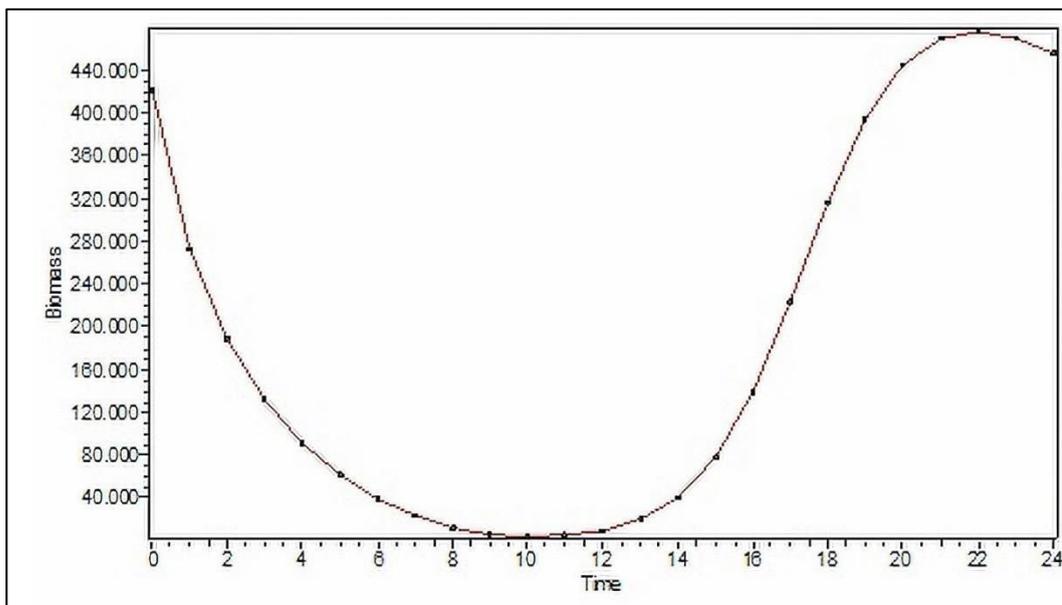
paralisação da atividade pesqueira, sem capturas. A recuperação e retomada das operações de pesca é possível, com redução do esforço  $E$  e da mortalidade por pesca  $F$ .

Figura 12 - Resultado da simulação para o período de tempo definido (25 anos) e a captura  $C$  (Time-Catch)



A Figura 13 apresenta o resultado da simulação entre o período de tempo definido (25 anos) e a biomassa ( $t$ ). A exemplo da Figura 12, e levando em consideração os resultados já apresentados referentes ao esforço de pesca  $E$ , mortalidade por pesca  $F$  e lucro líquido  $net$ , parece indicar que mantidas as condições atuais pode levar o estoque ao colapso e a recuperação dos estoques e a retomada das operações de pesca somente serão possíveis com a redução de  $E$  e de  $F$ .

Figura 13 - Resultado da simulação entre o período de tempo definido (25 anos) e a biomassa  $B$  (Time-Biomass)



As Figuras 14 e 15 apresentam os resultados das simulações entre as capturas e a mortalidade por pesca  $F$  e o esforço de pesca  $E$ , respectivamente. Demonstram um início de

atividade com altas capturas que drasticamente se reduzem pelo excesso de pressão sobre a biomassa do estoque, recuperando-se apenas quando  $F$  e  $E$  forem reduzidos, com aumento das capturas e leve aumento de  $F$  e  $E$  em virtude de recuperação biológica e econômica. A interceptação da curva das capturas (vermelha) com a curva de  $F$  (Figura 14) e  $E$  (Figura 15) (verdes) parece indicar que a captura máxima sustentável estaria em torno de 200 t, que pode indicar uma mortalidade por pesca e esforço de pesca ótimos.

Figura 14 - Resultados das simulações entre as capturas  $C$  e a mortalidade por pesca  $F$  (F-Catch)

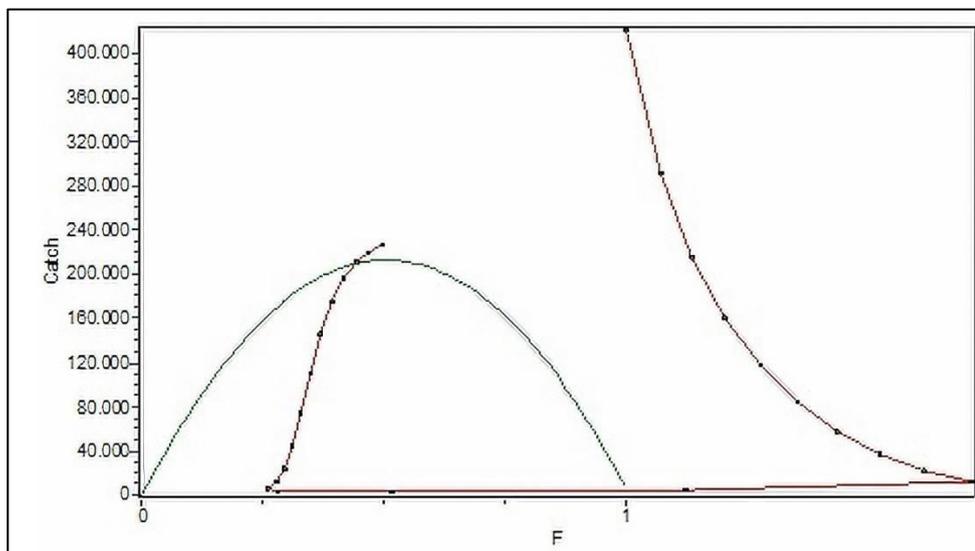
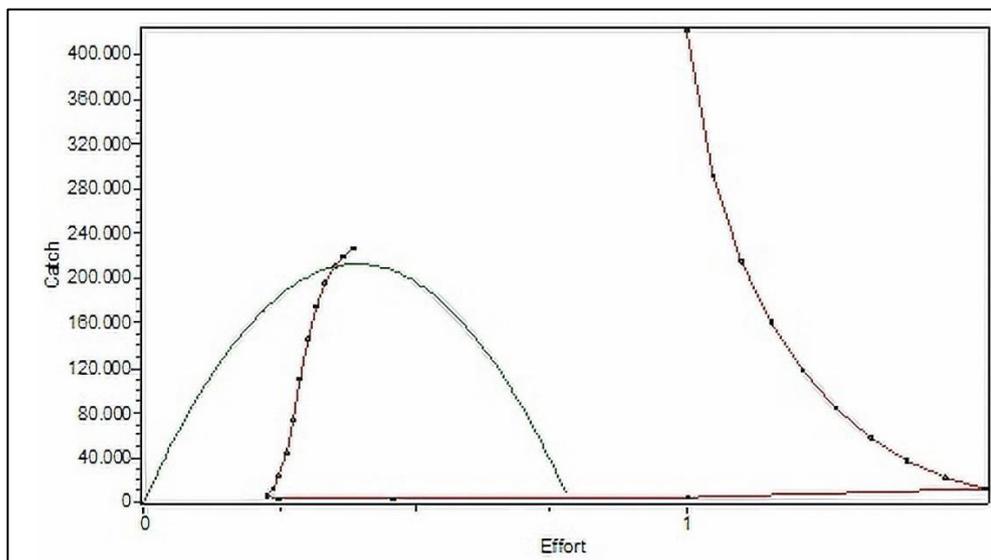


Figura 15 - Resultados das simulações entre as capturas  $C$  e o esforço de pesca  $E$  (Effort-Catch)



## DISCUSSÃO

O estudo dos recursos naturais renováveis do ponto de vista econômico, cuja produção e os produtos gerados têm um valor comercial inerente, tem sido tema de interesse nas principais nações pesqueiras do mundo, mas ainda é pouco explorado no Brasil, cenário destacado por Mattos (2007), e implica a coordenação de agentes de desenvolvimento local para a

sustentabilidade da atividade e a superação de obstáculos, em conjunto com a necessidade de intervenções governamentais para salvaguardar o recurso e a economia local (emprego e renda). No desenvolvimento da atividade de pesca de cardume associado em Areia Branca verificou-se que o mercado moldou as condicionantes econômicas referentes à receita gerada, no processo de classificação do produto comercializado

As constantes mudanças, principalmente socioeconômicas, ocorridas no cenário mundial e as práticas sustentáveis são formas de uma atividade econômica se manter no mercado, preservando os recursos e aumentando a criação de valores ao desenvolvimento sustentável, como estratégia e vantagem competitiva de permanência no mercado (Kfoury *et al.*, 2017). Devido ao elevado valor das unidades populacionais de atuns, estas estão sujeitas a uma elevada pressão de pesca e há uma preocupação crescente sobre (i) os riscos de não atingir os objetivos de pesca e de conservação, (ii) a capacidade de implementar planos de recuperação para unidades populacionais esgotadas e (iii) proteção eficaz para aqueles que são vulneráveis à sobrepesca (Pons *et al.*, 2017 *apud* Tidd *et al.*, 2018). Atuns e espécies afins representam espécies icônicas que são importantes para muitas nações em todo o mundo, não só para o emprego ou o retorno econômico da pesca, mas é social e culturalmente integrante das comunidades costeiras locais, bem como para o ecossistema (Tidd *et al.*, 2018).

Neste contexto surge a bioeconomia, conceitualizada como a “*produção a partir de recursos biológicos renováveis da terra, água e mar, assim como dos resíduos de processos produtivos de transformação e sua conversão em alimentos, rações, produtos de base biológica e bioenergia, incluindo a agricultura, produção florestal, pesqueira, alimentar e de celulose, assim como segmentos das indústrias químicas, biotecnológicas e de energia*” (European Commission, 2012, p. 3). A partir desses conceitos, e dos estudos que deram suporte à construção de modelos bioeconômicos desde a década de 1950 (ex. Gordon (1954), Schaefer (1954), Smith (1969), Quirk e Smith (1970)), os processos evoluíram no desenvolvimento de modelos que permite, de acordo com García *et al.* (2020), a simulação de sistema de pesca sob uma abordagem de estratégia de gestão para conduzir uma avaliação dos impactos bioeconômicos nas regras de controle de capturas, sob o arcabouço de Avaliação de Estratégias de Gestão (Management Strategy Evaluation - MSE). Entretanto, estudos recentes sugerem introduzir métodos de avaliação integrada nas pescarias para avaliar as atividades e políticas de pesca para melhorar gerir os recursos aquáticos, uma vez que se deve considerar a natureza interligada da economia e da ecologia no sector pesqueiro, conduzindo a modelos econômico-ecológicos que combinam informações e resultados de cada disciplina em um único modelo coeso (Failler *et al.*, 2022). Esses autores mencionam diversas estratégias de gestão para análise de pescarias diversas desenvolvidas e utilizadas em estudos diversos, que combinam aspectos relevantes dos sistemas sociais, econômicos e ambientais, a exemplo dos modelos de gestão baseadas no ecossistema ou a abordagem ecossistêmica aplicada à gestão pesqueira. Entretanto, alertam que uma das deficiências destas abordagens é que muitos modelos funcionam isoladamente e o fluxo dinâmico de retorno (*feedback*) do sistema ecológico para os sistemas socioeconômicos pode não ser totalmente capturado.

Portanto, uma questão básica que um modelo bioeconômico deve responder é que qualquer pescaria tem repercussão, positiva ou negativa, no contexto social e econômico da atividade pesqueira, o qual deve conduzir à gestão e avaliação local dessa pescaria, pois a introdução de uma atividade pesqueira é um fator de perturbação na dinâmica do ecossistema e um modelo deve incorporar o interesse econômico em explorar essa atividade, limitado por fatores ecológicos, objetivando evitar a sobrexplotação (Facó, 1988). Portanto, para se obter uma pescaria ordenada, de acordo com Bas (1987), o fator homem (pescador) deve ser considerado como um elemento a mais do ecossistema e em qualquer caso perturbador na mesma medida que pode uma alteração do meio ambiente ou, com mais frequência, como a competição – interação – equilibrada entre os diversos componentes da biocenose. Quirk e Smith (1970) destacaram que estudos sobre a bioeconomia de pescarias diversas devem tratar com a dinâmica dos estoques, as externalidades na produção, a relação entre homem (pescador) e seu ambiente natural, controle social da regulamentação, investimentos públicos e a importância econômica dos

direitos de propriedade.

Operações de pesca sempre foram consideradas atividades de alto risco econômico e a baixa lucratividade parece ser o fator limitante para o aumento do esforço de pesca. A receita gerada da pesca não é usualmente uma boa medida do seu custo de oportunidade, mas é apenas a quantia necessária para mantê-los trabalhando pois, conforme Mattos (2008), pode-se observar e compreender que cada unidade produtiva – embarcação – é mais uma geradora de esforço do que uma produtora de pescado, uma vez que ninguém consegue controlar o sucesso de uma unidade de esforço aplicada.

A análise procedida na frota analisada sugere diferentes estratégias nas operações de pesca e o desenvolvimento dessas estratégias visa, em princípio, reduzir custos, porém muitas vezes pouco percebidas e entendidas neste sentido. A principal dificuldade enfrentada para a coleta de informações econômicas está diretamente relacionada com os inerentes sigilos financeiros e contábeis existentes em empresas privadas. Por exemplo, falta um melhor entendimento sobre os custos de trabalho das empresas de pesca, as estratégias para desempenhar a atividade pesqueira, bem como o valor da primeira comercialização da produção, o qual encerra a operação de pesca, no cais. Este último item, em particular, muitas vezes não é identificado, principalmente quando a própria empresa processa, beneficia e comercializa sua produção.

Mattos (2008), no caso da pesca de pequena escala no Estado de Pernambuco, identificou que, se cada operação de pesca deve cobrir, pelo menos, os custos comuns obrigatórios de cada barco que são compostos por elementos heterogêneos, tais como remuneração, armação e lucro; se um percentual é partilhado entre o armador e a tripulação; e se nesta produção capitalista a distribuição é baseada na ideologia tríplice de custos comuns, parte do armador e parte da tripulação; o sistema permite a reprodução de parte dos custos fixos e variáveis. O processo de decisão do pescador elaborado por Franquesa e Guillén (2002), de acordo com os mecanismos desenvolvidos pelos pescadores do mar Mediterrâneo Norte-ocidental e baseado nos trabalhos prévios desenvolvidos por Leonart *et al.* (1999), mostra que o mercado suporta esse mecanismo, e as receitas totais, se forem positivas, são convertidas em esforço de pesca para a próxima unidade de tempo, mas não para aumentar a capturabilidade. Neste sentido, a teoria econômica, de acordo com Tidd *et al.* (2018), sugere que os pescadores fazem as suas escolhas estratégicas com base nas alterações nos níveis de biomassa das unidades populacionais, nos regulamentos de gestão (controles do esforço), nos preços de mercado e nos custos de combustível.

Entretanto, é importante compreender a relação entre investimento e aumento do esforço de pesca, de acordo com a suposição econômica na qual a maximização do valor real forçará a completa destruição do estoque pesqueiro, caso o valor de captura desse estoque até a sua depleção for maior que o valor de capturas sustentáveis durante todo o futuro. Talvez a suposição seja justamente de que essa ação não seja fisicamente possível, porque o aumento do esforço não implica somente no aumento do número de anzóis, por exemplo, mas no aumento de todos os custos intrínsecos de captura, que é o custo de promover um esforço para obter uma produção de pescado. Para García *et al.* (2020), o comportamento do armador de pesca, como decisão para a realização das operações de pesca, é adotado e aplicado como função das receitas totais para auxiliar no entendimento da estrutura econômica da pesca. Além disso, a ênfase está nos custos fixos (indiretos) e variáveis (diretos) das operações de pesca, e outros custos em que os armadores podem incorrer, e sua análise depende de encontrar ou não alguma relação com a receita total.

No caso da frota de cardume associado de Areia Branca (RN), no período em estudo observou-se uma forte variação na produção anual das embarcações acompanhadas pela quantidade de embarcações atuantes e as viagens de pesca, nos anos de 2016 e 2017, com taxa de crescimento anual de 1,22/a vezes em relação ao ano anterior, entretanto com taxas de crescimento negativo a partir de 2018 até 2021 (Seixas, 2022). Essa tendência corrobora com as oscilações dos dados de custos de produção, das capturas, das receitas e dos lucros, além de confirmar a simulação bioeconômica em um horizonte de 25 anos, demonstrando que existe

uma direta relação entre a oscilação do esforço de pesca e a correspondente mortalidade de pesca gerada, inversamente proporcional ao volume de captura e as receitas. Este fato pode estar relacionado com as estratégias nas operações de pesca, que gera eficiência ou ineficiência, se cada unidade gerada de esforço for analisada individualmente.

A eficiência técnica seja uma condição necessária, não é suficiente para a maximização do lucro, enquanto a produtividade, que afeta diretamente a eficiência, não é o único fator a afetar a performance econômica, pois a rentabilidade pode mudar independentemente da eficiência técnica do produtor (Pascoe *et al.*, 2023). O aumento do esforço de pesca e da mortalidade por pesca exerce uma pressão negativa na biomassa do estoque, cujos resultados são capturas e receitas menores, o que ocasiona prejuízos (receitas negativas) e o colapso das pescarias, pela diminuição na biomassa do estoque disponível à pesca. Há necessidade, portanto, de maior consciência dos armadores sobre o rendimento econômico líquido, ampliando o conhecimento e entendimento da diferença em meio à relação entre o rendimento e o esforço de pesca, as capturas por unidade de esforço e as capturas por unidade de custo ou, que é o mesmo, quais são os rendimentos unitários líquidos. Deve-se considerar, ainda, que os resultados das pescarias são indicativos de investimentos futuros em capturabilidade e, portanto, existem outras externalidades que devem ser analisadas.

A análise da produtividade relaciona o nível de produção com os níveis de insumos como uma medida técnica de desempenho. As diferenças nestas medidas entre unidades produtivas ao longo do tempo refletem mudanças na eficiência técnica. Isto é, até que ponto os insumos são utilizados por um pescador/embarcação individual para produzir resultados relativamente a outros (Pascoe *et al.*, 2023). Vale destacar, entretanto, externalidades decorrentes de políticas macroeconômicas que põem em risco de colapso da pesca ou de variações significativas no valor dos produtos pesqueiros, apesar da impossibilidade em alcançar e analisar todas as fontes de incerteza, mas cada processo precisa ser mais bem compreendido, por exemplo, como os estoques e os ecossistemas flutuam juntamente com os preços variáveis do pescado que afetam as receitas em resposta às medidas de gestão (Tidd *et al.*, 2018).

Na medida em que o controle da atividade pesqueira é muito difícil, ainda existem muitas relações informais e comerciais no processo operacional da pesca realmente desconhecidas, pois as relações econômicas podem estar ocultas para além das negociações pessoais, e a base entre receitas e despesas é definida internamente nesse sistema de pesca. De uma forma geral, parece que a relação econômica é fortemente influenciada pelo mercado e a rentabilidade é baixa para atender investimentos, ou reinvestimentos, necessários para manter a frota nas melhores condições de operação e para melhorar o sistema pesqueiro. São, entretanto, suficientes para continuar pescando e mostram oscilações ao longo dos anos, fruto da relação inversamente proporcional entre, por um lado, o esforço de pesca e mortalidade por pesca e, por outro, as capturas e receitas, cujo resultado, o lucro, é base para a continuidade das operações de pesca.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda que a análise da produtividade proporcione um meio potencial para relacionar as alterações nas capturas e no esforço com as alterações no desempenho econômico, não está claro qual é o entendimento do armador sobre as oportunidades e possibilidades da produção pesqueira. Aparentemente, os recursos pesqueiros estão sendo utilizados comercialmente no limite para garantir um esforço de pesca que retornará um valor igual ao custo de exploração desses recursos. Como se pode ver, a análise bioeconômica da frota de cardume associado sediada em Areia Branca/RN mostra uma tendência, com a obtenção de lucro, em ampliar a capturabilidade e aumentar o esforço de pesca. Verifica-se um esforço de pesca excessivo e, conseqüentemente, uma alta mortalidade por pesca, que leva a uma redução nas capturas, com forte diminuição da biomassa do estoque disponível para a pesca. O resultado é um prejuízo que provavelmente ocasiona a redução do esforço de pesca pela saída da atividade de unidades de

esforço em número de embarcações, redução esta que pode atingir metade da frota em atuação analisada.

Entretanto, a redução da mortalidade por pesca promove uma recuperação do estoque disponível para a pesca e conseqüentemente lucro, estimulando o retorno das embarcações, quer aquelas que já atuavam ou outras novas na modalidade, acarretando no aumento do esforço de pesca e da mortalidade por pesca, repetindo-se o ciclo vicioso de entrada e saída de embarcações da atividade pelo fator econômico, em virtude das oscilações nas capturas que são geradoras de receitas e lucros, considerando sempre a tendência de manter crescente a capturabilidade.

A simulação indica que, provavelmente, um ponto de equilíbrio pode ser alcançado no 15º ano, com um lucro líquido por embarcação de cerca de R\$ 325.000,00/ano, somente possível de atingir com uma redução de 32% no esforço de pesca, em número de embarcações, e de 20% na mortalidade por pesca, que pode significar a possibilidade de aumentar investimentos na capturabilidade, frente aos níveis atualmente exercidos pela frota de cardume associado no estoque de atuns e afins.

Tendo como fator limitante dados e informações econômicas confiáveis, e na tentativa de alcançar os objetivos necessários de coletas das informações, aproximando-se, ainda mais, do setor produtivo, devem ser criados protocolos de intenção para permitir ao setor produtivo um processo de gestão conjunta e compartilhada, assegurando sigilo nas estratégias de pesca empregadas pela empresa/armador de pesca. A finalidade é garantir maior transparência nas relações econômicas e comerciais dentro do setor pesqueiro, para assegurar que os benefícios da pesca sejam distribuídos de maneira mais equitativa entre todos os envolvidos, principalmente na construção e implementação de políticas públicas à regulamentação dos trabalhadores da pesca, garantindo uma remuneração justa e condições de trabalho seguras. Por fim, cabe destacar, a necessidade de garantir o incentivo ao desenvolvimento de tecnologias e práticas sustentáveis para melhorar a rentabilidade e a sustentabilidade em longo prazo da atividade pesqueira.

## REFERÊNCIAS

Bas, C. Las facetas biológicas y económicas de la pesca y su integración. In: *The Economics of Fishing*, C. Bas and R. Løstado (Org.). *Investigación Pesquera*, v. 51, n. 2, p1-5, 1987.

Brasil. *Portaria Interministerial No 59-A, de 09/11/2018. Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Poder Executivo, Brasília, DF. 9 nov. 2018. Edição: 220-A, Seção: 1 - Extra. Pág. 1. Disponível em <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/aquicultura-e-pesca/legislacao/atum/portaria-interministerial-sg-pr-mma-no-59-a-de-09-11-2018.pdf/view>>. Acesso em 20 fevereiro de 2020.

ESALQ. Assessoria de Comunicação. *Depreciação, um item a se considerar*. Universidade de São Paulo – USP, 2019. <http://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/gerenciamento/depreciacao-um-itemimportante-a-se-considerar-87142n.aspx>. Acesso em 06/06/19.

European Commission. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. Bruxelas: European Commission, 2012. 9p. Disponível em: <[http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/official-strategy\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/official-strategy_en.pdf)> Acesso em: 19 jul. 2024

Facó, J. L. D. *Mathematical programming solutions for fishery management*. NATO ASI Series – Mathematical Models for Decision Support. G. Mitra (ed.). F48:197-205, 1988.

Failler, P.; Pan, H. & Akbari, N. Integrated Social-Economic-Ecological Modeling for Fisheries: The ECOST Model. *Frontiers in Marine Science*, doi: 10.3389/fmars.2021.704371, 2022.

Franquesa, R. & Guillén, J. *Fishermen decision*. In: First Intermediate Report of the Project of Bio-economic Modelling of Mediterranean Fisheries (BEMMFISH), under the V Framework Programme of the European Union, and co-ordinated by the Institut de Ciències del Mar (ICM-CSIC). Document 1.3.7, p. 83-93, 2002.

Freire, J. *Pesca y ecosistemas marinos: alternativas viables a la gestión insostenible de las pesquerías*. *El Ecologista*, invierno 2000/2001. p. 46-50, 2000.

Fréon, P. & Dagorn, L. Review of fish associative behaviour: Toward a generalisation of the meeting point hypothesis. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 10(2):183-207, doi:10.1023/A:1016666108540, 2000.

García, D.; Prelezo, R.; Sánchez, S.; Andrés, M.; Urtizberea, A. & Carmona, I. *Technical manual for FLBEIA: a R package to conduct Bio-Economic Impact assessments using FLR (version 1.15)*, Azti/Tecnalia, 2020.

Gordon, H. S. The economic theory of a common property resource: the fishery. *J. Pol. Econ.*, Vol. 62, No. 2, pp. 124-142, Chicago, 1954.

Kfourri, T.; Costa, R. S. & Fernandes, R. G. Sustentabilidade Econômico-Ambiental na Pesca Artesanal: Um estudo de caso na Praia da Armação - Florianópolis – SC - Brasil. *R. gest. sust. ambient.*, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 328 – 350, doi: 10.19177/rgsa.v6e22017328-350, 2017.

Lleonart, J.; Maynou, F.; Recasens, L. & Franquesa, R. A Bioeconomic Model for Mediterranean Fisheries, the Hake off Catalonia (Western Mediterranean) as a Case Study. *Scientia Marina* 67 (S1), doi: 10.3989/scimar.2003.67s1337, 2003.

Lleonart, J.; Salat, J. & Franquesa, R. *The problems of fisheries management in the Mediterranean*. Catalonia as a case study. 1st International Congress on Maritime Technological Innovations and Research, Barcelona, 1999.

Marruh Filho, S. *Crise e sustentabilidade no uso dos recursos pesqueiros*. Dissertação de Mestrado. UnB/CDS. 99 p, 2001.

Mattos, S. M. G. Informações econômicas sobre a pesca de linha-de-mão e rede-de-emalhar no Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Eng. Pesca*, v.3, n.1, 2008.

Mattos, S.M.G. Contribuição dos modelos bio-econômicos para a gestão participativa e o ordenamento da pesca artesanal e de pequena escala. *Rev. Bras. Eng. Pesca* 2[2], pp 52-68, 2007.

Pascoe, S.; Curtotti, R.; Hoshino, E.; McWhinnie, S. & Schrobback, P. Use of catch and effort data to monitor trends in economic performance in fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 81, 97–107 DOI: 10.1093/icesjms/fsad180, 2023.

Pons, M. *et al.* Effects of biological, economic and management factors on tuna and billfish stock status. *Fish Fish* 18, 1–21 (2017).

Quirk, J.P. & Smith, V.L. Dynamic economic models of fishing. In A. D. Scott (ed.), *Economics of fisheries management*. A Symposium. Univ. of British Columbia, Institute of Animal Resource Ecology, Vancouver, 1970.

- Schaeffer, M.B. Some aspects of the dynamics of populations important for the management of the commercial marine fisheries. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 1(2):25-26, 1954.
- Schroeder, F.A. & Castello, J.P. "Cardume associado": Nova modalidade de pesca de atuns no sul do Brasil - descrição e comparação. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 2 (1): 66-74, 2007.
- Seijo, J.C.; Defeo, O. & Salas, S. *Fisheries Bioeconomics*. FAO Fish. Tech. Pap., 368, 108 p, 1998.
- Seixas, V.M. *Levantamento e Aplicação de Sensoriamento Remoto na Pesca de Atuns em Cardumes Associados no Atlântico Sul Equatorial*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, UFERSA, Mossoró, 2022.
- Silva, G.B. *Dinâmica populacional e pesca de atuns em cardumes associados no Atlântico Oeste Equatorial*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, UFC. Fortaleza, 2013.
- Silva, G.B.; Hazin, H.G.; Hazin, F.H.V. & Travassos, P. The Tuna Fisheries on 'Associated School' in Brazil: Description and Trends. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 75(7): 1924-1934, 2019.
- Smith, V. L. On models of commercial fishing. *J. Pol. Econ.*, 77:181-198, 1969.
- Tidd, A.; Blanchard, J.L.; Kell, L. & Watson, R.A. Predicting global tuna vulnerabilities with spatial, economic, biological and climatic considerations. *Scientific Reports*, 8:10572, doi:10.1038/s41598-018-28805-z, 2018.