**Sustentabilidade da Pesca Marinha no Extremo Sul do Brasil**: **uma modelagem econômico-ecológica aplicada**

Sustainability of Marine Fisheries in Southern Brazil: an applied ecological-economic modeling

**Cassius R. De Oliveira**

Doutor em Economia. Professor – PPGE-FURG. E-mail: oliveiracassius@yahoo.com.br

**Francisco S. Ramos**

Doutor em Economia. Professor – PIMES-UFPE. E-mail: ramosfs@gmail.com

Resumo

O objetivo deste trabalho é estimar a capacidade ótima sustentável para a pesca marítima no extremo sul do Brasil, levando em conta aspectos econômicos e ecológicos. O método utilizado foi um modelo de equilíbrio geral ecossistêmico, onde o ambiente é tratado com informação completa. Os resultados encontrados indicam que a captura ótima a ser trabalhada é de 30.000 toneladas/ano de pesca oceânica e de 480 toneladas/ano de elasmobrânquios e 9.000 toneladas de crustáceos e moluscos. Estes volumes gerariam uma receita bruta de aproximadamente R$ 850 milhões por ano. Com base nesta estimativa, constata-se que os níveis capturados nas últimas três décadas dos recursos pesqueiros avaliados são insustentáveis no longo prazo. Com relação às políticas públicas, o trabalho sugere a adoção de um modelo regulador com base em um sistema de cotas transferíveis, estabelecidas com base no volume ótimo de equilíbrio sustentável, bem como a diminuição gradativa dos subsídios, no intuito de permitir o funcionamento do livre mercado e também a estabilidade da atividade.

Palavras-Chave: Pesca Marítima - Brasil; Sustentabilidade; Modelagem Econômico-Ecológica.

*Abstract*

The objective of this study is to estimate the optimal sustainable capacity for sea fishing in southern Brazil, taking into account economic and ecological aspects. The method used was an ecosystem general equilibrium model, where the environment is treated with complete information. The results indicate that the optimal capture to be worked is 30,000 tons / year of ocean fisheries and 480 tons / year of elasmobranchs and based on this estimate, it appears that the levels captured the last three decades of the assessed fish stocks are unsustainable in the long term. With regard to public policy work suggests the adoption of a regulatory model based on a system of transferable quotas, established based on great volume of sustainable balance of extraction as well as the gradual reduction of subsidies in order allow the operation of the free market and the stability of the activity.

***Key words****:* Marine Fishery - Brazil; Sustainability; Economic and Ecological Modelling;

**1 INTRODUÇÃO**

O objetivo deste trabalho é estimar a captura máxima sustentável para a pesca marítima da costa do extremo sul do Brasil. Com base nos resultados encontrados, indica-se uma forma de política pública capaz de promover e gerir uma captura equilibrada a fim de manter esta atividade econômica estável ao longo do tempo.

Desde o início da pesca industrial de larga escala no mundo, por volta de 1950, o volume de captura anual triplicou, colocando o setor pesqueiro em destaque na economia de muitos países. Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO, em 2012 o setor envolveu diretamente 23 milhões de trabalhadores e gerou, na primeira comercialização, aproximadamente US$ 100 bilhões. Além disso, forneceu quase 20% das proteínas de origem animal consumidas no mesmo ano. Entretanto, para atender à crescente demanda mundial, o aumento do volume capturado ao longo das décadas implicou na sobrepesca e a pesca predatória de várias espécies economicamente importantes. Este efeito direto na sustentabilidade dos estoques de pescados são as principais causas da grande perda de biodiversidade que está ocorrendo atualmente nos oceanos e mares do planeta.

Ao analisar o problema pela ótica da teoria da Escolha Pública, com fundamentação na microeconomia, o problema da pesca é que ela ocorre em lugares de livre acesso, isto é, áreas comuns ou bens públicos. Segundo esta corrente de pensamento, o Estado, através do processo democrático das tomadas de decisões políticas, não consegue gerir verdadeiros bens públicos e, portanto, ocorre o problema da tragédia dos *commons*, ou seja, a sobre utilização dos recursos.

No Brasil, segundo a FAO (2011), a produção de pescado está por volta de 450 mil toneladas, aproximadamente 0,5% da captura mundial, gerando 1,4 milhões de empregos diretos e indiretos, e uma produção cujo valor bruto superou US$ 1,5 bilhões, em 2010. O percentual produzido no setor pesqueiro em relação ao PIB ainda é pequeno, porém, a sua importância como fornecedor de alimentos e empregos nas áreas litorâneas é considerável e relevante para o desenvolvimento socioeconômico do país. .

No Brasil, segundo relatório de Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva REVIZEE (2003), a maioria dos estoques pesqueiros de valor econômico relevante está no limite de exploração ou sobre-explorados.

O Rio Grande do Sul (RS), especificamente, tem um dos maiores estoques oceânico do país. Segundo o REVIZZE (2003), a área conhecida como litoral gaúcho é a mais rica em nutrientes básicos (carbono anexado pelas microalgas) do país. Porém, os problemas que o setor vem enfrentando nas últimas décadas indicam a necessidade de estudos que integrem o problema econômico à capacidade sustentável do ambiente. Em 1973, foram desembarcadas no RS mais de 105 mil toneladas (15% da captura nacional naquele ano).

A economia pesqueira no RS possui a particularidade de que todas as indústrias e 95% do desembarque oceânico ocorrem na cidade de Rio Grande, localizada no estuário da Laguna dos Patos, e que possui um dos maiores portos marítimos do país, o que facilita sobremaneira a movimentação de todo tipo de embarcações. No entanto, a captura vem caindo acentuadamente nas últimas décadas. Atualmente, segundo estimativas com base no Centro de Pesquisa e Gestão dos Recursos Pesqueiros Estuarinos e Lagunares - CEPERG/IBAMA (2011), a captura está em torno de 40 mil toneladas, volume semelhante ao pescado na década de 1960, quando a atividade era quase toda artesanal. Ressalta-se, neste contexto, a importância da regulamentação desta atividade, com base em uma quantidade máxima equilibrada, como forma de aliar produção com a preservação dos recursos marinhos, proporcionado a sustentabilidade do setor, ao longo do tempo, em suas diferentes dimensões.

Diante da problemática vigente na atividade da pesca no país, ressaltada pela sobrepesca de espécies economicamente importantes, e consequente perda de biodiversidade marinha, propõe-se, neste estudo, estimar um volume de captura máximo que seja compatível com a sustentabilidade do estoque pesqueiro marinho, bem como discutir políticas públicas e seus instrumentos de ação no controle da captura pesqueira no oceano atlântico brasileiro.

O conhecimento dos limites das pescarias e a discussão de ações objetivas em direção à pesca sustentável é condição essencial para cuidar da biodiversidade marinha.

Além dessa introdução, o artigo conta com mais quatro seções. Na seção dois é discutida a revisão teórica. A terceira seção retrata a metodologia empregada na análise. A quarta retrata os resultados encontrados. Por fim, na quinta seção, a conclusão com os principais resultados e discussões.

**2 REVISÃO TEÓRICA**

A presente seção contempla alguns dos principais aspectos que envolvem a atividade pesqueira. No primeiro momento destaca-se a necessidade de se trabalhar o recurso na perspectiva econômica e biológica. Por fim, destacam-se algumas políticas públicas que envolvem o setor, em particular o sistema de cotas de captura.

**2.1 Os recursos pesqueiros**

Os peixes marinhos selvagens são recursos naturais renováveis que são utilizados em larga escala para consumo. Neste caso, existem relações muito próximas entre as variáveis econômicas (renda, consumo e preços) e as variáveis ecológicas (dinâmica das populações, taxa de crescimento e capacidade ambiental). Esse tipo de recurso é utilizado como insumo nas indústrias. Entretanto, faz parte do ecossistema costeiro e marinho e tem sua oferta atrelada a fatores econômicos e ambientais.

Segundo *Nordhaus* e *Kokkemberg* (1999), o monitoramento da depreciação dos recursos naturais requer um melhor entendimento das inter-relações entre a dinâmica dos ecossistemas e as atividades econômicas.

Nos últimos anos tem-se reconhecido, cada vez mais, que o enfoque tradicional de ordenação pesqueira, que considera as espécies como sendo independentes, é insuficiente. A utilização sustentável dos recursos aquáticos vivos só pode ser conseguida se forem determinados e compreendidos os efeitos dos ecossistemas nos seres vivos e da pesca nos ecossistemas. Relevante, também, é ressaltar que pescadores fazem parte do ecossistema marinho, destacando a necessidade de conseguir seu bem-estar bem como a sustentabilidade dos ecossistemas (FAO, 2002).

Com base em *Tschirhart* (1998), os modelos econômicos têm sua lógica de funcionamento parecida com a de um ecossistema, ou seja, em uma economia competitiva os agentes ofertam e demandam mercadorias equilibrando os mercados em torno de um vetor de preço; nos ecossistemas, as espécies competem e se equilibram demandando biomassa de suas presas e ofertando biomassa para seus predadores. Quando a população de determinada espécie diminui, a energia (Kcal) que seus predadores despenderão na sua captura aumentará e a demanda diminuirá, fazendo sua população crescer novamente e restabelecer o equilíbrio e vice-versa. Essas semelhanças permitem criar uma metodologia que seja compatível com os dois ambientes teóricos (econômico e ecológico).

Seguindo a análise de *Backer* (1976), economistas e biólogos tendem a ganhar com os fundamentos da biologia teórica. A mescla de técnicas a que *Backer* se refere é a determinação simultânea de um vetor de preços que harmonize os insumos e produtos da economia e um vetor de preços em energia (kcal) que equilibre o ecossistema envolvido no processo extrativista. A racionalidade econômica pode ser adotada nos ecossistemas, ou seja, os predadores escolhem as presas minimizando o esforço para capturá-las.

Segundo *Tschirhart* (1998), modelos de equilíbrio geral econômico incluem muitos consumidores e firmas que ofertam e demandam produtos de acordo com os preços. Um ecossistema compreende muitos organismos que se estabilizam demandando e ofertando biomassa de acordo com a dificuldade na captura (equivalente ao preço pago). Tentam também encontrar padrões de substituição entre os insumos e explicar como as alterações na taxa do capital ou trabalho afetam a relação capital e trabalho das firmas. Em modelos ecossistêmicos, procura-se entender como mudanças no padrão ambiental afetam as relações entre presas e os predadores.

A sustentabilidade econômica é desejada também em relação aos ecossistemas, ou seja, a determinação de um padrão de extração sustentável que aumente a previsibilidade sobre a oferta de insumos que o setor pesqueiro vai dispor nos próximos períodos. A competição movimenta tanto um mercado como um ecossistema. Enquanto as firmas brigam por lucros e equilibram-se quando estes chegam a zero, em um ecossistema, a seleção natural ocorre a partir da competição e das adversidades do ambiente, ou seja, as espécies competem para consumir o máximo de biomassa ao menor gasto energético possível (custo de oportunidade) e as mais eficientes e mais adaptadas sobrevivem.

Segundo o modelo de *Tschirhart* (1998), cada espécie participa de uma rede de energia com suas presas e predadores e a estabilidade ocorre quando os fluxos de entrada e saída de biomassa são iguais, tornando o balanço da rede igual a zero[[1]](#footnote-1).

De acordo com *Finoff* e *Tschirhart* (2000), para integrar as análises econômica e ecológica é necessário identificar os pontos de contato: por exemplo, os humanos utilizam peixes; portanto, a variação dos estoques trará implicações na pesca. O setor pesqueiro é um exemplo de mercado que utiliza recursos naturais como um dos principais, senão o essencial insumo de produção. Segundo a FAO (2003), o Homem retira dos mares, através da pesca, aproximadamente 70 milhões de toneladas de pescado por ano. Portanto, para que tal setor seja sustentável e permaneça fornecendo benefícios para a população, deve-se conhecer o problema sob as óticas econômica e ambiental, para assim pensar-se em mecanismos de controle para que a atividade possa ser estável ao longo do tempo. Um dos principais mecanismos de gestão de recursos naturais é destacado a seguir.

### 2.2 Políticas públicas para o setor pesqueiro: O sistema de Cotas Individuais Transferíveis (CIT)

As políticas públicas devem levar em conta as informações sobre os ecossistemas e/ou a dinâmica das populações envolvidas. Políticas que desconsideram estas informações tendem a não ter sucesso. No caso dos subsídios temos uma distorção dos custos tornando os preços irreais além de alterar a pressão sobre os estoques para um nível além do sustentável.

A regulação através do sistema de CIT restringe a captura para tentar solucionar possíveis problemas causados pela pesca em áreas de livre acesso como a sobrepesca, sem causar problemas de ineficiência no esforço de produção. A noção básica do sistema de CIT é que cada barco, pescador ou empresa de pesca, recebe o direito de capturar uma quantidade pré-determinada por um período de tempo.

A quantidade total máxima permitida deve ser definida com base em estudos científicos, como proposto por este trabalho. Uma vez estabelecidas em toneladas, estas cotas devem ser divididas entre os pescadores. Independentemente de quantas cotas cada pescador possua, o somatório não ultrapassará o estabelecido como ótimo sustentável. No sistema CIT a eficiência dos pescadores é privilegiada, já que as cotas podem ser vendidas, compradas ou alugadas entre eles. Os mais eficientes, ou seja, os que capturam com um custo menor, podem comprar ou alugar as cotas dos pescadores menos eficientes. Depois que o mercado determinar o preço das CIT, pescadores que têm os custos superiores à receita individual podem vender as CIT para os que conseguem obter lucros, por serem mais eficientes.

Conforme *Maloney* e *Pearse* (1979), o preço de mercado das CIT é determinado formalmente da seguinte maneira:

Suponha que o pescador *i* possui a cota *Qi*, e a sua captura seja *Hi*.

Logo:

 (1)

O lucro dos pescadores é por:  (2)

onde *p* é o preço do pescado, *H* é a quantidade capturada da espécie *i*, *c* é o custo por esforço, E é o esforço de pesca. Além disto, tem-se que:

 (3)

onde *q* é o coeficiente de capturabilidade e *X* é o estoque de peixes.

Portanto:  (4)

Temos também que:  (5)

de modo que podemos reescrever o lucro do pescador da forma a seguir:

 (6)

Assumindo que a pesca é competitiva, os pescadores maximizam a seguinte função:

 (7)

Os pescadores podem vender ou comprar suas cotas. Admita que o preço de mercado de uma cota seja *m*. Logo, os pescadores obtêm lucro se e somente se:

 (8)

Consequentemente, a equação a seguir:  (9)

determina a demanda dos pescadores por cotas como sendo *Di= Di(m,X).*

No entanto, para que o sistema de cotas individuais possa ser regulamentado pelos órgãos governamentais e distribuídos para os pescadores e logo após implementado um mercado de trocas, a questão é definir um patamar máximo de captura, para que assim se possa manter a estabilidade da atividade no tempo. Um exercício deste limite máximo de captura para o extremo sul do Brasil foi realizado com base na seguinte metodologia.

**3 METODOLOGIA**

A presente seção contempla o modelo de equilíbrio geral bioeconômico de forma generalizado. Logo após, demonstra-se a adaptação deste modelo para a costa do extremo sul do Brasil. Por fim, são apresentados os dados utilizados na análise.

**3.1 O modelo de equilíbrio geral econômico-ecológico**

Um ecossistema contém *m* espécies, sendo que as maiores e menos numerosas são predadoras das menores e mais numerosas. Se os membros da espécie *i* são predadores da espécie *j*, então *j>i,* ou seja, presas ofertam biomassa para os predadores.

Cada organismo procede como se maximizasse uma rede de energia, onde o balanço energético (kcal) de cada rede é obtido pela diferença entre os fluxos de entrada e saída de energia via presas e predadores.

Cada espécie tem o seu mercado de oferta e de demanda de biomassa. Portanto, podem existir no máximo  mercados ativos, já que o Sol oferta energia direta e indireta para todos e não demanda energia.

A hipótese é que cada organismo atua como se maximizasse sua rede de energia, onde o balanço energético da rede é dado pela diferença entre os fluxos de entrada e de saída desta.

O modelo tem como base a teoria das redes alimentares. Cada rede comporta a espécie principal, suas presas e seus predadores. A união de todas elas forma um sistema de equações que representa o ecossistema em questão. Os diferentes organismos do ecossistema maximizam suas redes alimentares levando em conta a quantidade de suas presas, de seus predadores e do preço energético pago para caçar.

A expressão a seguir representa uma rede de energia para um organismo representativo *i*:

 (10)

onde: *e* é a unidade de energia (kcal) por unidade de biomassa (kg ou toneladas). X é a demanda e Y é a oferta.

A expressão acima é composta pelos seguintes termos:

*  é a energia vinda do Sol e significa a energia solar *e0*incorporada pela espécie *i* menos a energia gasta por *i* para incorporar a energia solar *eio.* Todo esse termo vezes a biomassa incorporada por *i* vinda da espécie 0. Como (0) representa o Sol, *Xi0* é a biomassa incorporada pelas algas no processo de fotossíntese.
*  é o somatório das demandas de *i* pelas espécies *j* e mostra as transferências de energia vindo das presas; *uij* <1 é o desperdício, ou fracassos no processo de captura; *ej*é a energia incorporada, por uma unidade de biomassa, pela espécie *i* vindo da espécie *j;* *eij* é a energia gasta por *i* para localizar e capturar *j*.
*  é o somatório das ofertas de biomassa de *i* para seus predadores *k = 1+i,... ,m* .
* é a perda de energia que as espécies têm com suas atividades vitais básicas. Este termo reflete a dificuldade ou perda de energia com reprodução, digestão e defesa do território. Como o termo é negativo, quanto maior a dificuldade que o ambiente impõem à vida, menor será a energia acumulada pela rede, admitindo o mesmo esforço.
* **** é o metabolismo basal.
* Atividade econômica: Perturbação no modelo

## 3.2 Modelando o ecossistema marinho do extremo sul do Brasil

No Brasil, o estado do Rio Grande do Sul (RS), especificamente, tem um dos maiores estoques oceânico de pescado do país. Segundo o REVIZZE (2002), a área costeira e oceânica conhecida como litoral gaúcho[[2]](#footnote-2) é a mais rica em nutrientes básicos de todo o país. Porém, os problemas que o setor pesqueiro vem enfrentando nas últimas décadas indicam a necessidade de estudos que integrem o problema econômico desta atividade à capacidade sustentável do ambiente.

A economia pesqueira no Estado possui a particularidade de que todas as indústrias e 95% do desembarque oceânico ocorrem na cidade de Rio Grande, localizada no estuário da Laguna dos Patos, e que possui um dos maiores portos marítimos do país, o que facilita sobremaneira a movimentação de todo tipo de embarcações.

O gráfico 01 mostra a trajetória de desembarque de pescado em Rio Grande. Como se pode visualizar, desde 1973 aos anos recentes os desembarques vem apresentando uma trajetória descendente, percorrendo ciclos de aproximadamente 7 anos. Em 1973 foram desembarcadas no RS mais de 105 mil toneladas (15% da captura nacional nesse ano), chegando em 2011 num patamar em torno de apenas 30 mil toneladas.

**Gráfico 01: desembarque de pescado no Rio Grande do Sul 1945-2011**

Fonte: Ceperg/Ibama (2011).

A captura artesanal no estado do Rio Grande do Sul, em 2011, de 4,8 mil toneladas, está menor do que no início da série, onde registrou cerca das 11 mil toneladas no ano de 1945. Além disso, a variedade de espécies oferecidas está diminuindo, remanescendo principalmente cardumes de espécies anteriormente consideradas de segunda e terceira linha. O tamanho médio dos exemplares também está menor. (CEPERG/IBAMA, 2011).

**3.2.1 O modelo**

#### Na constituição do modelo, as espécies de pescados e organismos vivos do ecossistema do mar do extremo sul do Brasil foram agregadas em grandes grupos: (1) algas; (2) crustáceos e moluscos (polvos, lulas e camarões), representados pelo símbolo (CM); (3) peixes teleósteos (tainha, corvina, pescada, pescadinha, etc.); (4) tubarões; e (5) mamíferos pequenos (leões, lobos e elefantes marinhos, focas, golfinhos e botos), representados pelo símbolo (MMP).

Neste modelo, o ecossistema é formado por presas e predadores. Alguns grupos assumem papéis duplos, como os peixes e os CM. No nosso exemplo, o sol fornece a energia inicial do sistema para que o plâncton realize o processo de fotossíntese e inicie a cadeia calórica; peixes e CM alimentam-se desse plâncton, incorporando parte dessa energia através da biomassa consumida, sendo que os peixes alimentam-se também de CM. Peixes e CM fornecem biomassa para os tubarões e para os MMP, que estão no topo da cadeia alimentar e não têm predadores no nosso exemplo.

As redes são formadas pelas demandas de biomassa da espécie a qual a rede representa, bem como as suas ofertas de biomassa. Além disso, as redes incorporam um termo que representa a degradação ambiental e outro que indica o metabolismo da espécie central. As redes são as seguintes:

 (11)

 (12)

 (13)

 (14)

 (15)

A rede 3 (*R3*), equação 12, representa os peixes e é a central do modelo. Os primeiros dois termos positivos representam as demandas dos peixes para com suas presas: algas e CM. Os próximos quatro termos são as ofertas de biomassa dos peixes para seus predadores tubarões e MMP. São dois termos para cada predador porque os peixes ofertam para cada um deles com base nas demandas por algas e CM. O sétimo e o oitavo termo mostram as dificuldades do ambiente separadamente para a captura das duas presas, e o último termo é o metabolismo basal. As outras redes seguem a mesma lógica.

Dadas as populações iniciais e os parâmetros de oferta e de distribuição, as demandas de curto prazo são encontradas. Os valores de curto prazo alimentam o sistema de redes e com isso o equilíbrio de longo prazo é encontrado.

 (16)

 (17)

 (18)

 (19)

 (20)

 (21)

 (22)

A última expressão mostra a equivalência necessária para o equilíbrio de curto prazo. O termo do lado esquerdo é a população de MMP multiplicada pela demanda de biomassa por peixes. O primeiro termo do lado direito é população de peixes multiplicada pelo parâmetro da oferta de biomassa aos MMP com base no que os peixes demandam de CM, e o segundo termo do lado direito é a população de peixes multiplicada pela oferta com base no que demandam de algas. As outras equações seguem a mesma lógica.

#### 3.3 Apresentação dos dados

Para dados ecológicos, as fontes foram: o relatório final do REVIZEE-SUL (2003), *Haimovick* (1997 e 2001), *Tschirhart* (2000), *Tschirhart e Finnoff* (2000) para alguns parâmetros ecossistêmicos. Relatórios anuais de 1945-2002 do CEPERG (Cento de Pesca de Rio Grande) e IBAMA-RSforam utilizados para obtenção dos dados sobre capturas, desembarque, arte de pesca e espécies capturadas. O Quadro 1 a seguir mostra as variáveis do modelo.

**Quadro 1:Variáveis dos modelos de equilíbrio geral econômico-ecológico**

|  |  |
| --- | --- |
| **Variáveis do ecossistema** | |
| ***X10*** | Demanda de sol pelas algas |
| ***X21*** | Demanda de algas pelos CM |
| ***X31*** | Demanda de algas pelos peixes |
| ***X42*** | Demanda de CM por tubarões |
| ***X43*** | Demanda de peixes por tubarões |
| ***X53*** | Demanda de peixes pelos MMP |
| ***e10*** | Preço (energia) que a alga paga para capturar a energia do sol |
| ***e21*** | Preço (energia) que os CM pagam para capturar as algas |
| ***e31*** | Preço (energia) que os peixes pagam para capturar as algas |
| ***e42*** | Preço (energia) que os tubarões pagam para capturar os CM |
| ***e43*** | Preço (energia) que os tubarões pagam para capturar os peixes |
| ***e53*** | Preço (energia) que os MMP pagam para capturar os peixes |
| ***R1*** | Rede de energia das algas |
| ***R2*** | Rede de energia dos CM |
| ***R3*** | Rede de energia dos peixes |
| ***R4*** | Rede de energia dos tubarões |
| ***R5*** | Rede de energia dos MMP |
| ***M1*** | Alcance da capacidade das algas |
| ***M2*** | Alcance da capacidade dos CM |
| ***M3*** | Alcance da capacidade dos peixes |
| ***M4*** | Alcance da capacidade dos tubarões |
| ***M5*** | Alcance da capacidade dos MMP |

### Fonte: Elaboração própria.

### O Quadro 2, na página seguinte, mostra os parâmetros do modelo econômico-ecológico.

Os parâmetros de reprodução e estoques presentes no ecossistema gaúcho foram calculados pelo relatório REVIZEE (2003) e por *Haimovich* (1997 e 2001). Os parâmetros de oferta, gasto energético e metabólico, energia incorporada e os parâmetros da fotossíntese foram calculados por *Tschirhart* (2000) para o ecossistema das ilhas Aleutas. Como não se dispõe desse tipo de dados para o RS, os dados que foram calculados para as ilhas Aleutas, foram adaptados para os gêneros de animais encontrados também no RS. As exceções foram os tubarões, que se utilizou valores maiores do que para os outros peixes (o dobro), por não possuírem capacidade de dormir e boiar, tornando o gasto energético, a dificuldade de sobreviver e a vontade de demandar biomassa bem maior que as outras espécies de peixes (OLIVEIRA, 2004). O alcance da capacidade ambiental é calculado endogenamente pelo modelo de equilíbrio econômico-ecológico. No modelo, foram simulados diversos cenários plausíveis com base nas capturas, ou seja, há quatro décadas atrás, quando se iniciaram as intensas atividades pesqueiras no RS, se os estoques fossem iguais ou superiores a 300.000 toneladas de peixes, dificilmente a queda da trajetória das capturas teria sido tão proeminente nos períodos posteriores. Por outro lado, se os estoques fossem inferiores a 100.000 toneladas, a queda seria ainda maior. Portanto, foram adotados dois valores plausíveis dentro desses limites: 150.000 e 250.000 toneladas.

### Quadro 2: Parâmetros do modelo de equilíbrio geral econômico-ecológico

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| P | Nome | Valor | Pmt | Nome | Valor |
| ***e0*** | energia incorporada do sol | 1000 | ***γ1*** | dificuldade por presa | 2 |
| ***e1*** | energia incorporada das algas | 500 | ***γ2*** | dificuldade por presa | 2 |
| ***e2*** | energia incorporada dos CM | 300 | ***γ31*** | dificuldade por presa | 2 |
| ***e3*** | energia incorporada dos peixes | 300 | ***γ32*** | dificuldade por presa | 2 |
| ***e4*** | energia incorporada dos tubarões | 10 | ***γ42*** | dificuldade por presa | 2 |
| ***e5*** | energia incorporada dos MMP | 10 | ***γ43*** | dificuldade por presa | 2 |
| ***p*** | mercado solar | 0,25 | ***γ52*** | dificuldade por presa | 2 |
| ***Q*** | mercado solar | 0,25 | ***γ53*** | dificuldade por presa | 2 |
| ***T*** | ajuste do tempo | 0,28 | ***λ1*** | gasto em respiração das algas | 150 |
| ***δ12*** | oferta de algas para CM | 0.7 | ***λ 2*** | gasto em respiração dos CM | 0.6 |
| ***δ13*** | oferta de algas para os peixes | 1,5 | ***λ 3*** | gasto em respiração dos peixes | 0,3 |
| ***δ23*** | oferta dos CM para os peixes | 6 | ***λ 4*** | gasto em respiração dos tubarões | 0,4 |
| ***δ24*** | oferta dos CM para os tubarões | 3 | ***λ 5*** | gasto em respiração dos MMP | 0,4 |
| ***δ34*** | oferta dos peixes para os tubarões | 4 | ***η1*** | taxa de reprodução das algas | 0,3 |
| ***δ35*** | oferta dos peixes para os MMP | 4 | ***η 2*** | taxa de reprodução dos CM | 0,3 |
| ***β1*** | metabolismo basal das algas | 130 | ***η 3*** | taxa de reprodução dos peixes | 0,36 |
| ***β2*** | metabolismo basal dos CM | 3319 | ***η 4*** | taxa de reprodução dos tubarões | 0,03 |
| ***β3*** | metabolismo basal dos peixes | 2100 | ***η 5*** | taxa de reprodução dos MMP | 0,003 |
| ***β4*** | metabolismo basal dos tubarões | 4000 |  |  |  |
| ***β5*** | metabolismo basal dos MMP | 540 |  |  |  |

Fonte: elaborado pelo autor.

Os parâmetros de reprodução e estoques presentes no ecossistema gaúcho foram calculados pelo relatório REVIZEE (2003) e por *Haimovich* (1997 e 2001). Os parâmetros de oferta, gasto energético e metabólico, energia incorporada e os parâmetros da fotossíntese foram calculados por *Tschirhart* (2000) para o ecossistema das ilhas Aleutas. Como não se dispõe desse tipo de dados para o RS, os dados que foram calculados para as ilhas Aleutas, foram adaptados para os gêneros de animais encontrados também no RS. As exceções foram os tubarões, que se utilizou valores maiores do que para os outros peixes (o dobro), por não possuírem capacidade de dormir e boiar, tornando o gasto energético, a dificuldade de sobreviver e a vontade de demandar biomassa bem maior que as outras espécies de peixes (OLIVEIRA, 2004). O alcance da capacidade ambiental é calculado endogenamente pelo modelo de equilíbrio econômico-ecológico. No modelo, foram simulados diversos cenários plausíveis com base nas capturas, ou seja, há quatro décadas atrás, quando se iniciaram as intensas atividades pesqueiras no RS, se os estoques fossem iguais ou superiores a 300.000 toneladas de peixes, dificilmente a queda da trajetória das capturas teria sido tão proeminente nos períodos posteriores. Por outro lado, se os estoques fossem inferiores a 100.000 toneladas, a queda seria ainda maior. Portanto, foram adotados dois valores plausíveis dentro desses limites: 150.000 e 250.000 toneladas.

No caso dos crustáceos e moluscos, suas capturas atingem o patamar de 9.000 toneladas, a do período seguinte diminui significativamente. Isso deve-se ao fato de que os estoques iniciais não podem superar 70.000 toneladas. Se assim fosse, a máxima captura não provocaria muitos efeitos nos estoques. Por outro lado, se fossem inferior a 9.000 toneladas, as espécies estariam extintas. Novamente, se adotou valores iniciais dentro desses limites. Os tubarões reproduzem-se muito lentamente. Logo, a máxima captura de 7.300 toneladas realizadas no Estado só poderia ser sustentável se o estoque total de peixes fosse superior a 400.000 toneladas. Portanto, os limites não devem ser menores de 7.300 toneladas nem maiores do que 25.000 toneladas, o que permite mesmo com o crescimento zero, pelo menos 3 períodos com esse nível de captura. O que dificulta um pouco a análise é o fato desta espécie ser migratória.

Um aspecto importante dos modelos de equilíbrio geral é que, depois de estabelecidas as proporções, os valores iniciais perdem um pouco a importância. Variações bastante razoáveis nos montantes iniciais não alteram as trajetórias a partir do décimo quinto período, o que prova a robustez do modelo.

O estoque máximo de carbono agregado pelo processo de fotossíntese foi estimado por *Brandini* (2001), em sua parte no relatório REVIZEE.

Os períodos das séries representam um ano, que por conveniência, foi adotado como o tempo necessário para a reprodução das espécies, sendo que nenhuma se reproduz mais de uma vez nesse período.

A ideia geral do modelo de equilíbrio geral econômico-ecológico é equilibrar as trajetórias das espécies (as capturadas e as não capturadas) envolvidas no ecossistema onde ocorre a pesca, para depois fazer perturbações com níveis diversos de capturas e de degradação ambiental. Nestas perturbações avalia-se a inserção da atividade pesqueira sobre os estoques, e com base nestas estimativas chega-se a um valor aproximado dos níveis ótimos de captura, bem como de geração de riqueza, estáveis para a pesca marítima do extremo sul do Brasil. Todas as estimativas foram realizadas com base no software GAMS (General Algebraic Modeling System).

**4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.**

A presente seção contempla as simulações do modelo de equilíbrio geral econômico-ecológico e a apresentação de alguns cenários sobre os estoques pesqueiros da costa do extremo sul do Brasil.

Na sequência, são apresentados o cenário 1 – onde é simulada uma situação em que há o equilíbrio entre os estoques pesqueiros vigentes considerando ausência da atividade pesqueira na região em análise; e o cenário 2 – onde considera-se a mesma situação de equilíbrio apresentada no cenário 1, porém, com a presença da atividade da pesca. Fazendo assim, estima-se, com o uso da modelagem de equilíbrio geral econômico-ecológico, um volume de captura ótima sustentável para a pesca marítima no extremos sul do Brasil, e analisa-se alternativa de gestão da pesca nesta região, como forma de conviver com uma atividade pesqueira sustentável nos curto, médio e longo prazos.

**Cenário 1: Situação de equilíbrio sem a atividade pesqueira**

Neste primeiro cenário, retratado no Gráfico 2, as biomassas de algas e fitoplânctons[[3]](#footnote-3) convergem para a capacidade máxima do ambiente com 9.3 milhões de toneladas. Os vegetais marinhos dependem principalmente do sol para realizar fotossíntese e agregar carbono; porém, as baixas temperaturas e a mistura de água doce atuam como fertilizantes para o ambiente, o que torna mais rica a parte do oceano Atlântico que banha o RS.A trajetória da população de peixes oscila entre 140.000 e 190.000 toneladas em ciclos de 4 a 5 anos. A série apresenta também suaves ciclos de aproximadamente 8 anos. Isso ocorre porque os peixes funcionam como centro de gravidade dos ecossistemas marinhos, porque são presas e predadores de muitas espécies de animais e vegetais.

**Gráfico 2: Equilíbrio das populações sem a atividade pesqueira**

Fonte: elaborado pelo autor.

As populações de peixes têm um comportamento contrário das populações de crustáceos e moluscos, que são seus principais fornecedores de biomassa. Os crustáceos e moluscos, somados, devem oscilar entre 35.000 e 45.000 toneladas, percorrendo ciclos bem definidos de 4 anos, porque dependem exclusivamente das algas, que quase não variam suas populações.

As espécies de tubarões não oscilam, porque se alimentam tanto de peixes como de moluscos e crustáceos. Como a população destes dois tem uma variação inversa, isso permite aos tubarões manterem suas populações totalmente estáveis. A biomassa estável de tubarões em ambiente equilibrado para as condições do extremo sul do Brasil é de aproximadamente 15.000 toneladas.

A seguir simula-se o ambiente com a inserção da atividade pesqueira.

**Cenário 2: Situação de equilíbrio com a inserção atividade pesqueira**

A interferência da atividade pesqueira é simulada em três subcenários, com os seguintes níveis de capturas:

**Quadro 3: Níveis de pesca estabelecidos para as simulações de sustentabilidade[[4]](#footnote-4)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Nível de pesca** | **Quantidade capturada em toneladas (t)** | | |
| Peixes | Crustáceos e Moluscos (CM) | Tubarões |
| Médio | 20.000 | 3.000 | 200 |
| Alto | 30.000 | 5.000 | 480 |
| Muito alto | 50.000 a 70.000 | 9.000 a 15.000 | 480 a 2.400 |

Fonte: elaboração própria.

Conforme pode-se observar no Gráfico 4, um nível médio de captura não desestabiliza o ecossistema e mantém os estoque próximos ao nível original. Neste cenário, o nível de extração pode ser maior.

**Gráfico 4:Trajetória das populações com nível médio de esforço de pesca**

Fonte: elaborado pelo autor.

Ao considerar o nível alto de captura, destacado no Gráfico 05, constatou-se que a máxima captura sustentável encontrada foi de 30.000 toneladas de peixes ósseos, o que geraria ao setor uma receita bruta média, a valores de primeira comercialização[[5]](#footnote-5), de R$ 36 Milhões e 480 toneladas de elasmobrânquios, que gerariam por volta de R$ 750 Mil anualmente. Para os crustáceos e moluscos o máximo sustentável é de 9.000 toneladas por ano, cujo valor na primeira venda, seria de aproximadamente R$ 27 Milhões. Porém, esse volume inclui uma combinação na captura de polvos, lulas, moluscos bivalves, camarões e siris. Contudo, as pescarias somadas gerariam ao setor uma receita bruta média, na primeira comercialização, de R$ 63,75 Milhões, aproximadamente e em valores em Reais de 2016.

Se tomarmos como base os valores da última venda no varejo, os valores sobem drasticamente e a receita com os peixes ósseos sobe para R$ 450 Milhões, os elasmobrânquio gerariam aproximadamente R$ 7,2 Milhões e os crustáceos e moluscos até R$ 360 Milhões anualmente. Somadas chegariam a R$ 817 Milhões, aproximadamente 10% do PIB do município do Rio Grande, somente em termos de comparação.

**Gráfico 5: Trajetória das populações com nível alto de esforço de pesca**

Fonte: elaborado pelo autor.

No terceiro subcenário, levando em consideração o nível de captura muito alto, os ciclos da dinâmica populacional se expandem consideravelmente e os estoques se reduzem drasticamente. Isso indica que o nível de captura está além do limite sustentado pelo ambiente. O Gráfico 6 mostra o que ocorre com os estoque com um nível muito alto de esforço de pesca.

**Gráfico 6: Trajetória das populações com nível muito alto de esforço de pesca**

Fonte: elaborado pelo autor.

Neste caso, se a captura anual for maior do que 30.000 toneladas, o estoque de peixes ósseos converge para o esgotamento em aproximadamente 40 anos e se o nível de exploração de crustáceos e moluscos forem acima de 9.000 toneladas ao ano, essas espécies se esgotam em aproximadamente 30 anos. Já para os Elasmobrânquios, aproximadamente 480 toneladas por ano, seria o limite máximo de esforço de pesca suportável, caso a captura atinja níveis mais elevados as espécies correm o sério risco de serem extintas em 30 anos.

Os valores destacados nas simulações,, a partir de tendências temporais, devem ser somados a outras informações sobre a atividade pesqueira da região para auxiliar na gestão sustentada do setor. Uma vez que seja possível estabelecer um cenário real de captura máxima de estoques de pescados, é possível trabalhar com planejamento mais eficaz para que a pesca possa ser realizada de forma sustentável, tanto em sua dimensão biológica, que considera a não sobrepesca e esgotamento dos estoques, como também em sua dimensão social, econômica e ambiental, ou seja, mantendo emprego no setor, gerando renda pela formação de preços competitivos no mercado e evitando a perda da biodiversidade marinha.

A partir da literatura internacional, destaca-se, por último, o sistema de Cotas Individuais Transferíveis (CIT) como uma das alternativas para a manutenção dos estoques pesqueiros estáveis e assim, a permanência da atividade econômica ao longo do tempo. Porém, este modelo de sistema exige a determinação de uma cota máxima para captura para ser operacionalizado. A lógica considera que, a partir deste volume capturável, deve-se pensar em um mecanismo de distribuição inicial, bem como, no funcionamento do mercado deste tipo de CIT.

Importante ressaltar que neste sistema de CIT, a característica de “transferibilidade” das costas promete um ajuste de preços pelo próprio mercado, o que implica a menor participação do Governo na economia da pesca, fato este muito criticado pelos atores preocupados com a sustentabilidade dos estoques pesqueiros no mundo, e por conseguinte no Brasil, diante das políticas públicas que tradicionalmente estimulam a captura sem o devido planejamento, como é o caso da concessão de subsídios à pescas (ABDALLAH & SUMAILA, 2007). Estes autores demonstram que no Brasil subsídios à pesca foram concedidos desde os anos de 1960 e, após um *boom* de produção estimulado por esta política num primeiro momento, contribuíram, efetivamente,, em meados dos anos 1980, para uma tendência decrescente do volume capturado, ao longo dos anos, chegando aos anos 2000 com volumes capturados bem abaixo do período auge da produção, mesmo com a permanência da aplicação de subsídios para estimular a atividade no país. Concluem, assim, na ineficácia da política pública de concessão de subsídios à pesca, como forma de aumentar a produção, não se preocupando com a manutenção dos estoques.

Assim, retomando ao uso do sistema de CIT, algumas espécies economicamente importantes no mercado mundial são protegidas, quanto à sua sobrevivência, sob a gestão deste sistema, aplicado por países que possuem dados biológicos de estoques e dinâmica de populações de forma organizada e quantificada, condição crucial para aumentar a precisão na determinação da captura máxima sustentável a ser determinada. Exemplos desta experiência são retratadas por autores como Anderson (1994), Gauvin (1994), McCay (1994, 1995), Sharp (2005), com destaque para a experiência vivida pela Nova Zelândia, em que Griffith (2008) relata a introdução do sistema de CIT na Nova Zelândia, para 97 espécies, desde meados dos anos 1980, com a meta de resolver o problema da sobrepesca evidenciada pela atividade do país, e ao mesmo tempo, melhorar o desempenho econômico da atividade, da indústria de pescados, e também, atuar na gestão sustentável da pesca;

Reforça-se, no entanto, que independentemente do sistema de operacionalização da CIT, da necessidade de distribuição inicial destas cotas, bem como da regulamentação do mercado para comercializar tais cotas, a questão anterior é: que volume de captura máxima deve ser considerado?

Retomando à simulação estimada nesta pesquisa, por exemplo, analisa-se que para níveis de esforço alto de captura na atividade pesqueira da região extremo sul do Brasil, os estoques de pescados capturáveis na região se manteriam em patamares estáveis ao longo do tempo, e o que poderia garantir a manutenção da geração de renda e de empregos, nos municípios litorâneos, em destaque Rio Grande e Pelotas, além de garantir um fornecimento de alimento para muitos outros estados brasileiros, bem como para outros países.

**5 CONCLUSÃO**

O objetivo deste trabalho foi estimar a captura máxima sustentável para a pesca marítima da costa do extremo sul do Brasil e, a partir de então, sugerir uma política pública capaz de promover e gerir uma captura equilibrada de pescarias na região em análise, a fim de manter esta atividade econômica estável ao longo do tempo. Utilizou-se nesta pesquisa a modelagem de equilíbrio geral ecossistêmico, uma estrutura de modelo que utiliza variáveis ecológica e econômica do ambiente marinho e das espécies de pescado capturadas na região.

Conforme os resultados obtidos no modelo com informação completa sobre o ecossistema, para que os estoques permaneça estável, a captura total de peixes no RS não pode superar as 30 mil toneladas anuais. As capturas de crustáceos e moluscos, somadas não pode superar as 9 mil toneladas. Já a captura de elasmobrânquios (tubarões...), que já atingiu 8,2 mil toneladas, não poderia ter ultrapassado as 500 toneladas anuais, já que a taxa de reprodução deste tipo de peixe é bem menor do que as espécies com maior taxa de reprodução.

Caso esses níveis fossem adotados como referência, a receita bruta obtida com a pesca no estado do RS, adotando o preço de varejo, seria de aproximadamente R$ 850.000.000,00 por ano, o que representaria 10% do PIB do município do Rio Grande, local onde ocorrem 95% dos desembarques provenientes da pesca marítima.

O trabalho sugere a implantação do sistema CIT com base nestes valores de referência, associada à diminuição da intervenção do governo neste mercado, principalmente no que diz respeito a subsídios.

Em síntese, para que toda a atividade econômica envolvida com a pesca seja mantida em um nível sustentável, o que aumenta sobremaneira a previsibilidade do setor, que inclui: Empregos nas fábricas, embarcações e distribuição, impostos, renda além do efeito encadeamento nos setores fornecedores de insumos; é preciso que se “mergulhe” literalmente no entendimento do impacto da atividade pesqueira na população alvo da captura e em todo o ecossistema que ela está presente.

**6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABDALLAH, P.R. *Atividade Pesqueira no Brasil: Política e Evolução.* São Paulo. Tese (Doutorado em Economia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1998.

ABDALLAH, P.R.; SUMAILA, U.R. An historical account of Brazilian public policy on fisheries subsidies. *Marine Policy*, (31): 444–450, 2007.

ADEODATO, Sérgio. Espiões de Cardumes. *Revista Época*. Rio de Janeiro, ano III, no 150, pág. 59-60, 2001.

AGNELLO, R.J.; DONNELLEY, L.P. Externalities and Property Rights in the Fisheries. *Land Economics*. Vol. 52, pág. 518-529, 1976.

ANDERSON, G.L. An economic analysis of highgrading in ITQ fisheries regulation programs. *Marine Resource Economic,* **9**: 209–26. 1994.

ANDERSON, G.L. *The Economics of Fisheries Management*. London: The Johns Hopkins University Press, 1986.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO CRÉDITO RURAL DO BRASIL. Rio de Janeiro, 2002.

ARROW, K. J.; DEBREU, G. Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy. *Econometrica*, p. 265-290, 1954.

ASCHE, F.; BERNARD, P. *Global Market for Fish Products in ACP-EU Fisheries Research Report*. Brussels, 2000.

BACKER, G.S. Altruism, Egoism and Genetic Fitness. *Journal of Economic Literature*, p. 817-826,1976.

BAUMOL, W.; OATES, W. *The Theory of Environmental Policy.* Second Edition. Cambridge: University Press, 1988.

BERTALANFFY, V. *A Quantitative Theory of Organic Grow*. Hum. Biol. 10 (2): 181-213.

BOYCE, W.; DIPRIMA, R. *Equações Diferenciais Elementares e Problemas de Valores de Contorno*. Sexta Edição. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

BRANDÃO, A.S.P. *Análise Matemática: um texto para economistas.* 2º ed. Rio de Janeiro: IPEA, 1992.

BRASIL. *Boletim de Estatística Pesqueira do Estado da Paraíba.* Paraíba: IBAMA, vol. 1, n° 1, 1996.

BRASIL. *Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina do Nordeste.* Tamandaré: CEPENE-MMA, novembro de 2000.

BRASIL. Ministério da Marinha. *Relatório final de atividades da secretaria executiva do setor pesqueiro – SEGESPE:**1996/98.* Brasília, 1998.

BRASIL. *Ministério do Desenvolvimento Agrário.* Secretaria da Agricultura familiar. Programa nacional de fortalecimento da agricultura familiar - PRONAF.Disponível em: <http://www.pronaf.gov/credito/consulta\_produto1.asp> Acesso em: 05 fev. 2002.

BROMLEY, W.D. *Testing for Common Versus Private Property: Comment. J. Environmental Economics Management*, vol 21, pág. 92-96, 1991.

CANALES; PONCE. *Informe Técnico: Determinación de la talla crítica del recurso culengue y proposición de una talla mínima de extración.* Ministério de Economia, Fomento y Reconstruccíon. Subsecretaría de Pesca. Santiago,1995.

CASTELLO, J.P. and Moller, O. *On the relationship between rainfall and shrimp production in the estuary of the Patos Lagoon (Rio Grande do Sul, Brazil).* Atlântica, 67-74, 1978.

CASTELLO, J.P.; Haimovici, M.; Odebrecht, C. and Vooren, C. M. *The continental shelf and slope.* p. 171-178 In Seeliger, U.; Odebrecht, C. and J. P. Castello (eds). Subtropical Convergence Environments. The coast and sea in the Southwestern Atlantic. Springer, 308 p. 1997.

CASTELLO, L. *A method to estimate abundance of Arapaima gigas (Cuvier). Proceedings of the International Conference on Putting Fishers' Knowledge to Work.* Vancouver, Canada, August 27-30, Fisheries Centre Research Report, 2001.

CASTRO, B.M.; MIRANDA. L.B. *Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4º N and 34º S, coastal segment (4 W).* The Sea, 11209-251. 1998.

CHAO, L.N.; PEREIRA. L.E.; Vieira. J.P. *Estuarine fish community of the Patos lagoon, Brazil.* A baseline study. Chap. 20, 429-450 In A. Yañez-Arancibia (Ed.). 1985.

CIOTTI, A.M., ODEBRECHT, C.; FILLMAN, G.; MOLLER, O.O.Jr. *Freshwater outflow and subtropical convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf.* Cont. Shel Res. 15 (14): 1737-56. 1995.

CLARK. WC., *Bioeconomic Modelling and Fisheries Management*. Vancouver: John Wiley & Sons Press, 1985.

CORNES, R.; SANDLER, T. *On Commons and Tragedies*. University of Canberra, 1960.

COSTEAU, J. *In Segredos do Mar*. Segunda edição. Lisboa: Lisgráfica, 1978.

DAILY, G.C. *Nature’s Services.* Washington: D.C. Island Press, 1997.

DUPONT, D. *Privatization and Regulation of Capacity in a Multi-Product Fishery: A Purse from a Sow's Ear?* Department of Economics Working Paper, Brock University, Ontario, 1999.

FAO, Relatório anual sobre a pesca e aqüicultura no Mundo, Ed FAO. 2000. Disponível em: <http://[www.fao.org](http://www.fao.org)> Acesso em 21 nov. 2001.

FAO, Relatório anual sobre a pesca e aqüicultura no Mundo, Ed FAO. 2001. Disponível em: <http://[www.fao.org](http://www.fao.org)> Acesso em 12 out. 2002.

FAO, Relatório anual sobre a pesca e aqüicultura no Mundo, Ed FAO. 2002. Disponível em: <http://[www.fao.org](http://www.fao.org)> Acesso em 10 jun. 2003.

FAO, Relatório anual sobre a pesca e aqüicultura no Mundo, Ed FAO. 2003. Disponível em: <http://[www.fao.org](http://www.fao.org)> Acesso em 20 mar 2004.

FAO, Relatório anual sobre a pesca sustentável. 2001, Heickjivic. Disponível em: <http://[www.fao.org](http://www.fao.org)r> Acesso em 13 nov. 2002.

FAO, Relatório anual sobre a pesca sustentável. 2002, Heickjivic. Disponível em: <http://[www.fao.org](http://www.fao.org)> Acesso em 15 mai. 2003.

FINNOFF, D.; TSCHIRHART, J. *Toward Merging Economics and Ecology. University of Wyoming*, USEPA Research, 2000.

FISH. *Community ecology in estuaries and coastal lagoons: Towards an ecosystem integration.* 654 p. 2000.

GAUVIN, J.R. The south Atlantic wreckfish fishery: a prelimi- nary evaluation of the conservation effects of a working ITQ system. In: Gimbel KL (Ed). Limiting access to marine fish- eries: keeping the focus on conservation. Washington, DC: Center for Marine Conservation and World Wildlife Fund. 1994.

GORDON, H.S. *The economic theory of a common property resource: the fishery*. *J. Polit. Econ*. 62:124-142.1954.

GRIFFITH, D.R. The ecological implications of individual fishing quotas and harvest cooperatives. Frontiers in Ecology and the Environment. Number 6. The Ecological Society of America. Disponível em: [www.frontiersinecology.org](http://www.frontiersinecology.org). 2008.

HAIMOVICI, M. *Demersal and benthos teleosts.* In: Subtropical Convergence Environments: the Coastal and Sea in the Southwestern Atlantic, (129-135). Seeliger, U.; Oderbretch, C. and Castello, J.P. (eds) Springer, 1997.

HAIMOVICI, M. *Present state and perspectives for the southern Brazil shelf demersal fisheries.* Fisheries Management and Ecology, 5(4): 277-290. 1998.

HAIMOVICI, M. *Recursos Pesqueiros Demersais da Região Sul. Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva (Revizee).* Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar (FEMAR), 81 p. 1997.

HAIMOVICI, M.; MENDONÇA, J.T. *Descartes da fauna acompanhante na pesca de arrasto de tangones dirigida a linguados e camarões na plataforma continental do sul do Brasil.* Atlântica, 18:161-177. 1996.

HAIMOVICI, M.; CASTELLO, J.P.; VOOREN, C.M. *Pescarias.* Em: Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil. eds. Seeliger, U.; Oderbretch, C. & Castello, J. P. tradução editora Ecoscientia, 205-219. 1998.

HAIMOVICI, M.; MIRANDA, L.W.; FISHER, L.G.; OLIVEIRA, C.L.; SILVA, V. *A pesca demersal de plataforma no litoral do Rio Grande do Sul*, 1991-2001.

HANDS, A. *Fundamentos Econômicos da Dinâmica da Pesca em Pernambuco*. vol. 32, n° especial, Fortaleza: REN, pág. 569-591. Novembro de 2001.

HENNIG; FERRAZ. *Biologia Geral*. 14° edição, Porto Alegre: Mercado Aberto, 1984.

IBAMA/ CEPERG - BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Relatórios do desembarque da pesca artesanal e industrial no Rio Grande do Sul*. Rio Grande: IBAMA, 1945-2011.

ISSARD, W.; LIOSSATOS, P. *Spatial Dynamics and Optimal Space-Time Development.* North-Holland Publishing Company. New York, 1979.

KALIKOSKI, D.C. and VASCONCELLOS, M. In press *Fishers knowledge role in the management of artisanal fisheries in the estuary of Patos lagoon, southern Brazil. Proceedings on the International Conference on Putting Fishers' Knowledge to Work.* Canadá: Vancouver, p. 27-31. August de 2001.

KRUG, L.C.; HAIMOVICI, M. *Análise da pesca de enchova pomatomus saltatrix no sul do Brasil.* Rio Grande: Atlântica, 13(1): 119-130. 1991.

LACAZE, J.C. *A Poluição dos Mares*. Lisboa: BBCC- Instituto Piaget, 1996.

LEONTIEF, W. Environmental repercussions and the economic structure; an input.output approach. *Review of Economics and Statistics*, 1970.

MATRIZ INSUMO PRODUTO. 2001, Brasil. Disponível em: <http://[www.fee.tche.br](http://www.fee.tche.br)> Acesso em 13 nov. 2002.

McCAY B.J. ITQ case study: Atlantic surf clam and ocean quahog fishery. In: Gimbel KL (Ed). *Limiting access to marine fisheries: keeping the focus on conservation*. Washington, DC: Center for Marine Conservation and World Wildlife Fund.  1994.

McCAY, B.J. Social and ecological implications of ITQs: an overview. *Ocean Coast Manage* **28**: 3–22.  1995.

NORDHAUS, W.D.; KOKKELENBERG, E.C. *Nature’s Numbers.* Washington: D.C. National Academy Press, 1999.

OLIVEIRA, C. *Equilíbrio Econômico Ecológico da Pesca Marítima no Rio Grande do Sul – Brasil*. Recife, 175p. Tese (Doutorado – PIMES-UFPE). 2004.

PERES, B.M. e HAIMOVICI, M. *A pesca dirigida ao Cherne Poveiro* (Polyprion americanus Polyprionidae), Atlântica, p. 141-161. 1998.

PERES, J.A.A.; PEZZUTO, P.R. *Análise da dinâmica da pesca de arrasto no sudeste e sul do Brasil entre 1997 e 1999, a partir dos desembarques realizados no porto de Itajaí.* vol 5. Notas Técnicas da FACIMAR, 2001. p. 61-64.

PERES, J.A.A.; ANDRADE, H.A.; PEZZUTO, P.R.; RODRIGUES-RIBEIRO, M.; SCHWINGEL, P.R.; WAHRLICH, R. *Análise da pescaria do peixe-sapo no Sudeste e Sul do Brasil – Ano 2001.* Convênio Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento –Universidade do Vale do Itajaí (MAPA/SARC/DPA 03/2001). Itajaí: Relatório Final, 2002.

PERES, J.A.A.; Wahrlich, R.; Pezzuto, P. R.; Schwingel, P. R.; Lopes, F. R. A. e Rodrigues-Ribeiro M. *Deep-sea fishery off southern Brazil: Recent trends of the Brazilian Fishing Industry.* NAFO Science Council Research Document 01/117:1-21, 2001.

PONTRYAGIN, L. S.; BOLTYANSKII V. S.; GAMKRELIDZE R. V.; MISCHENKO E. F. *The Mathematical Theory of Optimal Processes,* trad. angl., Wiley Interscience, Nova Iorque, 1962.

RANDAL, A. *Resource Economics: Na Economic Approach to Natural Resource and Environmental Policy*. Grid Publishing inc, Columbus, Ohio, 1981.

REVIZEE. *Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva.* Relatório técnico. FURG – 2003.

RUTHERFORD, F. Thomas. Economic Equilibrium Modeling with GAMS “*An Introduction to GAMS/ MCP and GAMS/ MPSGE”.* 1998, EUA. Disponível em: <http://[www.gams.com](http://www.gams.com)> Acesso em 10 mar. 2003.

SANDLER, T.; SMITH, V.K. Intertemporal and Intergenerational Pareto Efficiency*. Journal of Environmental Economics and Management*. p. 151-159, 1976.

SANDLER, T.; SMITH, V.K. Intertemporal and Intergenerational Pareto Revisited. *Journal of Environmental Economics and Management.* p. 252-257, 1977.

SANTOS, Eurico. *Nossos Peixes Marinhos*. Rio de Janeiro: Editora Villa Rica, 1992.

SEIJO, C.; DEFEO, O.; SALAS, S. *Bioeconomia Pesquera: Teoría, Modelación y Manejo*. Roma: FAO- Documento Técnico de Pesca, 1997.

SHARP, B.M.H. ITQs and beyond in New Zealand fisheries. In: Leal DR (Ed). *Evolving property rights in marine fisheries*. Oxford, UK: Rowman and Littlefield Publishers Inc. 2005.

SPPILMAN, M. *Peixes Marinhos do Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto Aqualung, 2000.

TSCHIRHART, J. General Equilibrium of an Ecosystem. *Journal of Theoretical Biology*, vol. 203, p. 13-32. 1998.

1. Se uma rede está com déficit de energia, significa que se as presas diminuíram, a espécie terá a população diminuída; se o balanço for positivo, significa que está sobrando energia, dada a relação da espécie com suas presas e predadores, a população aumentará até que o balanço seja igual a zero. [↑](#footnote-ref-1)
2. Geograficamente, o litoral do extremo sul do Brasil, tipicamente gaúcho coincide ao sul com a fronteira política do RS, o Uruguai, e ao norte estende-se até o cabo de Santa Marta, no sul do estado de Santa Catarina. [↑](#footnote-ref-2)
3. Foi reduzida por uma questão de escala. [↑](#footnote-ref-3)
4. Os níveis de pesca foram estabelecidos aleatoriamente com valores razoáveis e próximos do que vem sendo capturados nas últimas décadas. [↑](#footnote-ref-4)
5. Os valores dos preços médios de primeira comercialização foram retirados do relatório CEPERG (2011) e atualizados para Janeiro de 2016. Já os preços ao varejo foram retirados dos relatórios divulgados pelo Centro de Estudos em Economia e Meio Ambiente – CEEMA (2010), atualizados também para Janeiro de 2016. [↑](#footnote-ref-5)