

## Produção primária requerida para sustentar a captura dos principais estoques pesqueiros marinhos no Brasil

Milton Kampel<sup>1</sup>  
Gustavo Prouvot Ortiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{milton.kampel, gustavo.ortiz}@inpe.br

**Abstract.** Marine fisheries catch in Brazil has been declining for more than a decade due to over-exploitation of fish stocks, although there have been slight recoveries in a few years. To be sustainable, fisheries exploitation requires biomass compensation by solar powered primary production. Primary production required (PPR) estimates how much primary production is needed to replace the biomass of fisheries catch removed from marine ecosystems. In the present study, monthly satellite net primary production fields (PPL) were estimated and used to calculate the annual PPL rate and to infer total carbon fixed in a pixel-by-pixel basis for Brazil's Exclusive Economic Zone (ZEE). PPL was compared to PPR in the context of the five most commercially exploited species in Brazil. An index based on PPR/PPL ratio is used to verify if the five species are fished with PPR demands above (or below) its average net primary productivity (PPL). Basically, fishing is constrained by PPL limits. Fishing beyond primary production can occur, but marine ecosystems are already under overfishing and climate change pressures compromising their health. Catch data still require a few adjustments as well as the definition of the associated PPL areas. However, the present approach can provide useful information for researchers and support the formulation of public policies related to fisheries management that considers the variability and demands of marine ecosystem productivity.

**Palavras-chave:** primary production, marine fishing, Brazilian exclusive economic zone, produção primária, pesca marinha, zona econômica exclusiva brasileira.

### 1. Introdução

A radiação solar e disponibilidade de nutrientes controlam a produtividade primária oceânica (Chassot et al., 2010). O sensoriamento remoto da cor do oceano é uma ferramenta ideal para avaliar a produção primária em escala global e regional uma vez que oferece uma boa cobertura espacial e temporal fornecendo estimativas diárias de variáveis bio-ópticas de interesse como a biomassa fitoplanctônica (indexada pela concentração de clorofila), coeficiente de atenuação e radiação fotossinteticamente disponível (Dogliotti et al., 2014).

A produção pesqueira marinha é limitada e influenciada por vários fatores, mas a produção primária é fundamentalmente a mais importante (Pauly e Christensen, 1995). Segundo a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2006), 70% dos estoques pesqueiros mundiais já estão esgotados ou são sobreexplorados. Estudos mais recentes indicam que os limites da captura global sustentável já foram excedidos (Watson et al., 2014) e que a gestão das pescarias marinhas atravessa tempos turbulentos, no Brasil e no mundo (Castello, 2007).

Mesmo considerando a grande extensão do litoral brasileiro e de sua Zona Econômica Exclusiva (ZEE), as águas nacionais apresentam baixa concentração de nutrientes e, conseqüentemente, uma produtividade reduzida. Dessa maneira, as águas nacionais não oferecem condições para a existência de grandes estoques pesqueiros (Brasil, 2006). A produção pesqueira marinha brasileira passou de 294 mil t para 760 mil t entre 1965 e 1985. A partir de 1985, houve aumento do esforço de pesca, mas a produção pesqueira começou a diminuir, atingindo 435 mil t em 1990, oscilando a partir de então entre o mínimo de 419 mil t em 1995 e o máximo de 580 mil t em 2009. Este quadro indica um processo de exaustão dos estoques pesqueiros marinhos tradicionalmente explorados (Dias Neto, 2010).

O governo brasileiro faz uso de diversas medidas de ordenamento para o uso sustentável dos recursos pesqueiros, destacando-se aquelas voltadas para controlar o esforço de pesca,

proteger a época de reprodução e conservar as espécies (Viana, 2013). A administração dos recursos pesqueiros fundamenta-se em estudos sobre os padrões e níveis de exploração aos quais estão submetidos os estoques de pescado. Portanto, a coleta sistemática de informações não é um fim em si mesmo, mas uma etapa indispensável para subsidiar o processo de tomada de decisões políticas, por parte do governo ou do setor produtivo, e deve ser considerada como atividade prioritária (TCU, 2012).

Além de questões gerenciais, existem diversos fatores que podem afetar a abundância e captura de estoques pesqueiros marinhos, como a variabilidade ambiental e também, o esforço de pesca (Castello, 2008). Com a disponibilidade de dados *in situ* de captura e estimativas de produção primária líquida por satélite é possível avaliar, através da produção primária requerida (PPR), quanto da produtividade primária é capturada pela pesca ao longo do tempo, com alta resolução espacial. Neste trabalho examinamos a PPR na ZEE brasileira de modo a verificar se esta região oceânica é pescada com demandas de PPR acima (ou abaixo) de sua produtividade primária média.

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1 Dados de Produção Primária e Carbono Fixado

Estimativas da produção primária líquida (PPL) foram obtidas a partir do modelo *Carbon-based Productivity Model* (CbPM) (Westberry et al., 2008), para o período 2003-2014. Este modelo considera não somente a concentração de clorofila-*a* (Cla), mas a razão Cla/C, onde C corresponde à biomassa de carbono fitoplanctônico. Usa-se uma relação entre os coeficientes de retroespalhamento total das partículas com o retroespalhamento apenas das partículas não fitoplanctônicas como proxy de C. O modelo CbPM integra verticalmente a coluna de água utilizando dados do sensor *MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS/Aqua) para reconstruir o perfil de luz submarina a partir de uma base de dados climatológicos de nutrientes e da resposta fisiológica do fitoplâncton ao longo do perfil vertical. Os dados de PPL foram obtidos do portal *Ocean Productivity* da Universidade do Oregon, EUA (<http://www.science.oregonstate.edu/ocean.productivity/index.php>). Os valores de PPL em unidades de mgC/m<sup>2</sup>dia foram integrados mensalmente em mgC/m<sup>2</sup>. Estimativas anuais acumuladas foram calculadas pela soma dos valores mensais. Os valores anuais foram integrados para estimar o total de carbono fixado em cada pixel (*Carbono fixado = PPL \* área do pixel m<sup>2</sup>*) e na ZEE (Mton).

### 2.2 Produção Primária Requerida

Pauly e Christensen (1995) desenvolveram um modelo onde, a partir da captura registrada de uma determinada espécie, é possível estimar qual seria a quantidade de carbono fixada pela PPL para compensar (ou quantidade necessária para gerar) o estoque de carbono removido pela pesca. Esta quantidade de carbono denominada Produção Primária Requerida é estimada pela seguinte equação (Watson et al., 2014; Pauly e Christensen, 1995):

$$PPR = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{CR} * \left( \frac{1}{TE} \right)^{(TL_i-1)}$$

Onde  $C_i$  é a captura da espécie  $i$ ,  $CR$  é a taxa de conversão do peso líquido em Carbono,  $TE$  é a eficiência de transferência entre níveis tróficos,  $TL$  é o nível trófico da espécie  $i$  e  $n$  é o número de espécies capturadas na região de estudo. De acordo com Pauly e Christensen (1995), o  $CR$  médio estimado para espécies marinhas é de 9:1 e a  $TE$  de 10%. Os níveis tróficos específicos das espécies brasileiras foram obtidos da base de dados *Fishbase*

([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)). Os dados de captura foram obtidos da base *FishStatj* da FAO (<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>).

### 3. Resultados e Discussão

Os recursos pesqueiros compreendem as espécies de peixes, moluscos e crustáceos, entre outras, que são exploradas economicamente pela pesca, e uma grande diversidade de espécies exploradas caracteriza a pesca marinha. Os dados de captura da pesca marinha no Brasil apresentam valores máximos em meados da década de 1980 (>700.000 ton) e posterior declínio para cerca de 400.000 ton (Figura 1). Atualmente, a captura marinha encontra-se em torno de 500.000 ton de pescados.

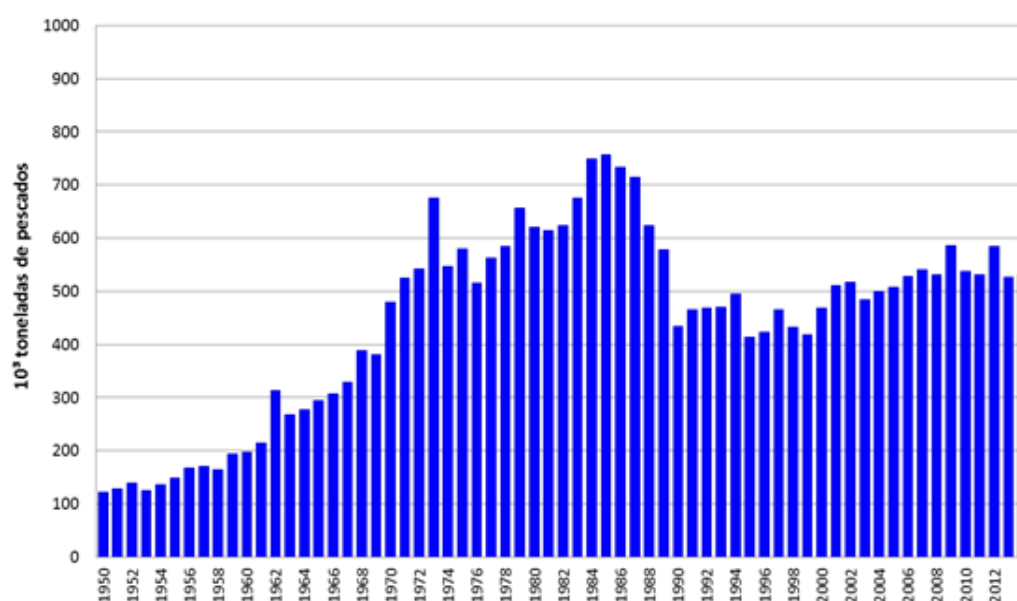


Figura 1. Série histórica da produção da pesca extrativa marinha no Brasil entre 1950 e 2014 (Fonte: <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>).

O maior esforço nacional no levantamento da situação dos estoques pesqueiros marinhos ocorreu entre 1995 e 2005, com o desenvolvimento do Programa Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE). De modo geral, a conclusão foi que os principais recursos já explorados não permitiam aumento de produção com o aumento do esforço de pesca, pois a maioria já se encontrava plenamente explorada ou sobreexplorada. Por outro lado, alguns estoques promissores demandariam estudos adicionais para o dimensionamento de seu potencial, necessitando provavelmente de estratégias conservativas de ordenamento pesqueiro (Viana, 2013). A situação dos principais estoques pesqueiros do país requer a adoção de medidas de ordenamento para assegurar o uso sustentável e o aumento da produção pesqueira nacional, o que nos próximos anos deverá ocorrer principalmente como consequência do aumento da produção oriunda da aquicultura (Brasil, 2008).

A produção primária fitoplanctônica é a base da teia trófica marinha e, portanto, fornece um serviço ecossistêmico de suporte (i.e., pesca). A PPL anual foi calculada para o período de 2003 a 2014 (Figura 2). Notam-se valores maiores que 200 gC/m<sup>2</sup> em quase toda a ZEE brasileira, atingindo valores máximos (> 450 gC/m<sup>2</sup>) na região da foz do Rio Amazonas. Com o cálculo da área de cada pixel, foi estimado o total de carbono fixado anualmente pela PPL (Figura 3). Na ZEE brasileira são observados valores maiores que 15.000 toneladas de carbono fixados anualmente, atingindo valores máximos (> 30.000 toneladas) na região da costa norte. A série temporal de carbono fixado pela PPL integrada na ZEE brasileira (Figura



4) é variável ao longo do tempo, com valores máximos (> 900Mton) em 2005 e 2006 e valores mínimos (< 750Mton) em 2010 e 2011.

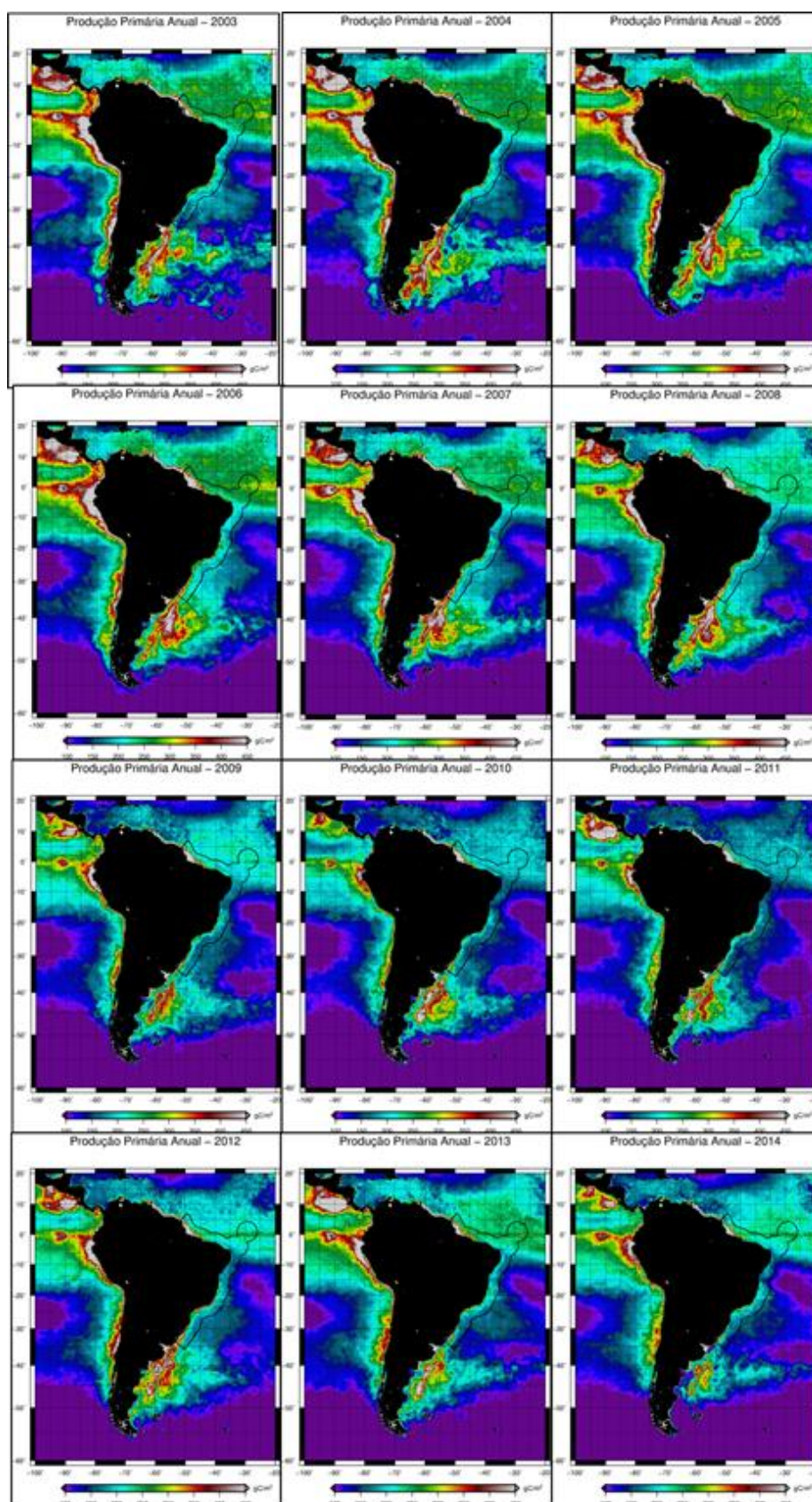


Figura 2. Mapas da produção primária líquida anual estimada por satélite na Zona Econômica Exclusiva brasileira (polígono delimitado pela linha preta) entre 2003 e 2014.

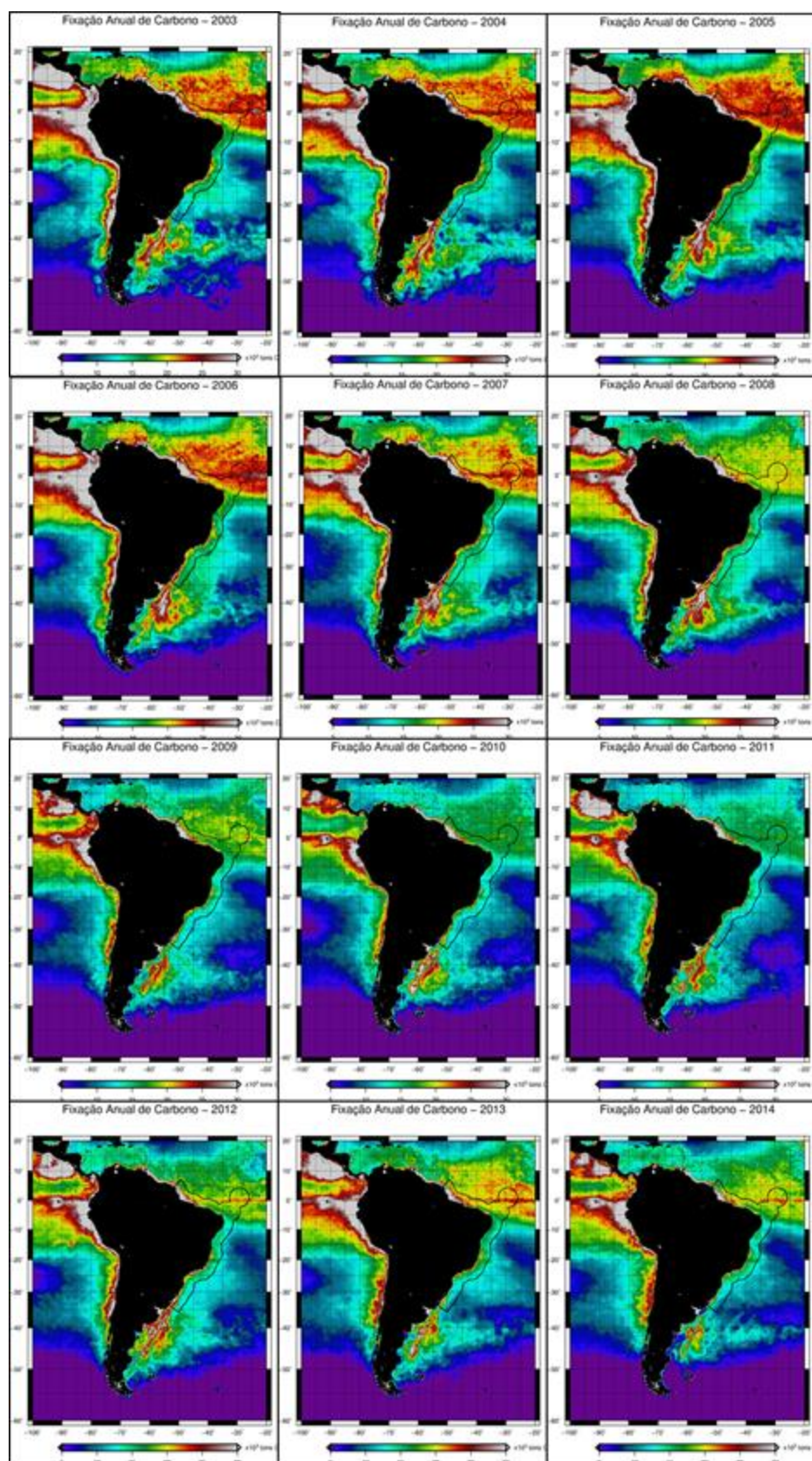


Figura 3. Mapas de estimativa de carbono fixado anualmente na Zona Econômica Exclusiva brasileira (polígono delimitado pela linha preta) entre 2003 e 2014.



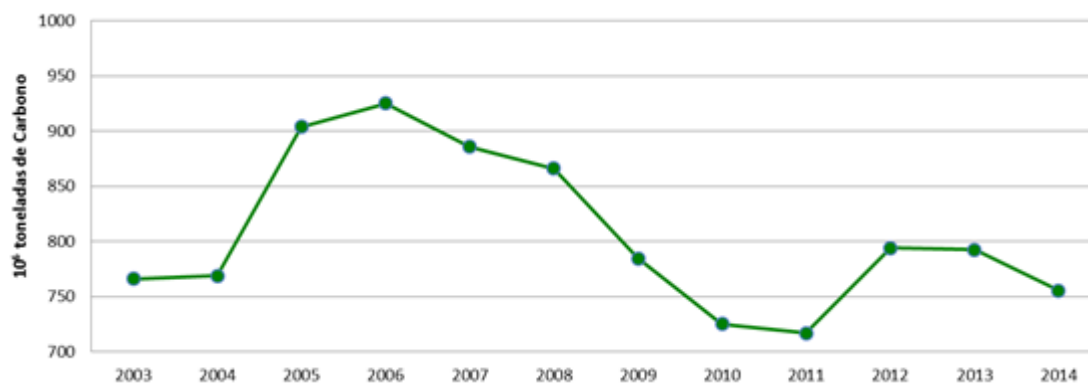


Figura 4. Série temporal do total integrado de carbono fixado pela produção primária líquida na Zona Econômica Exclusiva brasileira entre 2003 e 2014.

No Brasil, as espécies mais exploradas comercialmente pela atividade pesqueira são a sardinha-verdadeira, corvina, bonito-listrado, pescada-amarela e a tainha. A Tabela 1 apresenta a captura anual destas cinco principais espécies entre 2004-2011 e seus respectivos níveis tróficos. Cabe observar que não há registro publicado de captura em 2006.

Tabela 1. Captura anual (toneladas) das cinco espécies mais exploradas pela atividade pesqueira no Brasil. TL indica o nível trófico de cada espécie. (Fonte: SEAP/IBAMA – MPA).

Espécie	TL	2004	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Sardinha-verdadeira	3,1	53.421,0	42.656,5	55.939,5	74.630,0	83.286,5	62.133,9	75.122,5
Corvina	3,1	36.584,5	36.448,5	44.053,5	41.479,0	45.750,0	43.191,3	43.369,7
Bonito-listrado	4,4	25.024,5	24.248,0	24.390,0	20.845,0	23.307,0	20.639,7	30.563,3
Pescada-amarela	4,1	21.257,5	20.778,0	20.411,9	20.039,0	22.102,0	20.878,6	21.074,2
Tainha	2,1	13.929,0	16.554,0	21.890,2	17.152,0	18.918,0	17.866,1	18.045,9

A partir dos dados de captura anual e nível trófico de cada espécie calcularam-se os respectivos valores de Produção Primária Requerida. Para cada ano as PPRs de cada espécie foram somadas para obtenção da PPR anual, que foi então comparada à PPL total na ZEE brasileira através da razão PPR/PPL (Figura 5). A PPL varia espacialmente de lugar para lugar e existe uma variabilidade interanual menor que 5% (Watson et al., 2014) sugerindo que os valores médios são representativos. É possível observar o maior valor calculado da PPR em 2011, com mais de 13M ton de carbono. Ou seja, foi necessário que a PPL fixasse mais de 13M de ton de carbono somente para suportar a biomassa de pescados retirada do oceano na ZEE brasileira.

O aumento observado na demanda pela PPR na ZEE brasileira durante o período de estudo também foi identificado em outras regiões oceânicas e inclui um foco em níveis tróficos superiores (Swartz et al., 2010, Watson et al., 2014). A expansão e a intensificação dos níveis de exploração são preocupantes em relação à oferta futura de proteína marinha (Srinivasan et al., 2010), rentabilidade da indústria (Tremblay-Boyer et al., 2011) e biodiversidade marinha global (Mouillot et al., 2011).

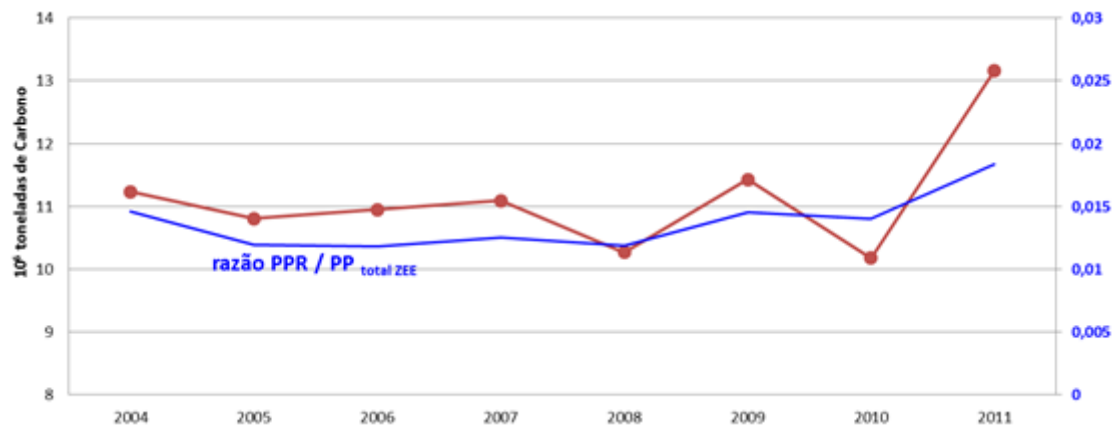


Figura 5. Série temporal da produção primária requerida (PPR) para as cinco espécies mais exploradas comercialmente pela atividade pesqueira no Brasil (em vermelho) e da razão anual entre a PPR e a produção primária líquida (PPL) integrada estimada por satélite (em azul) na Zona Econômica Exclusiva brasileira.

#### 4. Conclusões

Foram utilizados dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento para estimar o total de carbono fixado na ZEE brasileira e comparar à PPR referente às principais espécies capturadas no país. Os resultados ainda devem ser melhor discutidos, fazendo-se os ajustes necessários na série de dados de captura e na definição das respectivas áreas para estimativa da PPL. Entretanto, a abordagem por inteligência espacial é promissora e pode auxiliar os gestores e pesquisadores a compreenderem melhor a variabilidade da produtividade do ecossistema marinho, inata e frequentemente limitada. Para trabalhos futuros, sugere-se o ajuste de um modelo regional de PPL por satélite, a inclusão de todas as espécies capturadas para estimar a PPR total da região de interesse e a análise de correlações espaço-temporais da variabilidade de captura de determinada espécie e o total de carbono fixado pela PPL nesta região.

#### Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pelo projeto CRN3094 do *Inter-American Institute for Global Change Research* (IAI) que é apoiado pela *US National Science Foundation* (Grant GEO-1128040). Ortiz, GP é bolsista de mestrado CNPq (processo 131243/2016-0).

#### Referências Bibliográficas

- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Programa REVIZEE: avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na Zona Econômica Exclusiva do Brasil** – Relatório Executivo. Brasília: MMA, 2006. 303 p.
- \_\_\_\_\_. Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca. **Mais Pesca e Aquicultura: Plano de Desenvolvimento Sustentável**. Brasília: SEAP, 2008. 24 p.
- Castello, J.P. Gestão sustentável dos recursos pesqueiros, isto é realmente possível? **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 2, p. 47-52, 2007.
- Castello, L. Re-pensando o estudo e o manejo da pesca no Brasil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 3, n. 1, p. 17-22, 2008.
- Chassot, E., Bonhommeau, S., Dulvy, N.K. et al. Global Marine primary production constrains fisheries catches. **Ecology Letters**, v. 13, p. 495 – 505, 2010.
- Dias Neto, J. **Gestão do uso dos recursos pesqueiros marinhos no Brasil**. Brasília: Ibama, 2003. 242 p.
- Dogliotti, A.I., Lutz, V.A., Segura, V. Estimation of primary production in the southern Argentine continental shelf and shelf-break regions using field and remote sensing data. **Remote Sensing of Environment**, v. 140, p. 497-508, 2014.
- FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA)**. Electronic Publishing Policy and Support Branch – Communication Division – FAO, 2006. 180p.
- Mouillot, D., Albouy, C., Guilhaumon, F. et al. Protected and threatened components of fish biodiversity in the Mediterranean Sea. **Current Biology**, v. 21, p. 1044 – 1050, 2011.

- Pauly, D., Christensen, V. Primary production required to sustain global fisheries. **Nature**, v. 374, p. 255 – 257, 1995.
- Srinivasan, U.T., Cheung, W.W.L., Watson, R., Sumaila, U.R. Food security implications of global marine catch losses due to overfishing. **Journal of Bioeconomics**, v. 12, p. 183 – 200, 2010.
- Swartz, W., Sala, E., Tracey, S., Watson, R., Pauly, D. The spatial expansion and ecological footprint of fisheries (1950 to present). **PLoS ONE**, v. 5, e15143, 6p, 2010.
- TCU – TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Relatório de Levantamento de Auditoria TC nº 034.633/2011-1**. Avaliação da internalização, nas políticas públicas nacionais, dos objetivos e compromissos assumidos pelo país em decorrência da Conferência Rio-92, análise no âmbito da Agenda 21 e das convenções sobre Mudança do Clima, Diversidade Biológica e Combate a Desertificação: estudo de caso sobre a gestão dos usos sustentável dos recursos pesqueiros, determinações e recomendações. Brasília: TCU, 2012. 76 p.
- Tremblay-Boyer, L., Gascuel, D., Watson, R., Christensen, V., Pauly, D. Effects of industrial fisheries on the biomass of the world's oceans: 1950-2006. **Marine Ecology Progress Series**, v. 442, p. 169 – 185, 2011.
- Viana, J.P. Recursos pesqueiros do Brasil: situação dos estoques, da gestão, e sugestões para o futuro. **Boletim regional, urbano e ambiental**, v. 7, p. 45-59, 2013.
- Watson, R., Zeller, D., Pauly, D. Primary productivity demands of global fishing fleets. **Fish and Fisheries**, v. 15, p. 231-241, 2014.
- Westberry, T., Behrenfeld, M.J., Siegel, D.A., Boss, E. Carbon-based primary productivity modeling with vertically resolved photoacclimation, **Global Biogeochemical Cycles**, v. 22, n.2, GB2024, 18p., 2008.