Identificação de zonas de pesca potenciais do Dourado (*Coryphaena hippurus*) na costa sudeste brasileira

Lucas Barbedo de Freitas[1]
Milton Kampel[1]
Antonio Olinto Ávila-da-Silva[2]
Juliana Kolling[2]

[1]Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{milton,lucasbf}@dsr.inpe.br

[2]Instituto de Pesca
Av. Bartolomeu de Gusmão, 192 - 11030-500 - Santos - SP, Brasil
aolinto@pesca.sp.gov.br, juliana_kolling@yahoo.com.br

Abstract. This study aimed at understanding the relation between *C. hippurus* fisheries and the marine environment through the analysis of landing data and the oceanographic variables of sea surface winds, sea surface temperature, chlorophyll concentration and bathymetry, using tools of Geographic Information System. A Potential fishing Map with areas of highest probability of success in fishing this resource was obtained from the values of weight given to de oceanographic data related to each occurrence of capture. This letter was drawn from the technical of "Analytical hierarchical process" that is based in a ranking of the variables in order of its importance.

Palavras-chave: potential fishing map, GIS, remote sensing, *Coryphanea hippurus*, carta de pesca, geoprocessamento, sensoriamento remoto.

1. Introdução

A pesca no estado de São Paulo tem seus principais portos de desembarque nos municípios de Santos, Guarujá, Cananéia e Ubatuba. Em Santos e Guarujá, onde se concentram as frotas de médio e grande porte, são descarregadas anualmente cerca de 70% da produção pesqueira do Estado. Cananéia e Ubatuba recebem aproximadamente 11 e 9% das capturas descarregadas. No ano 2005 foram descarregados no estado 23.8 mil t de pescado (Ávila-da-Silva *et al.* 2007). Nos anos 2008 e 2009 a produção pesqueira marinha do Estado foi de, respectivamente, 30,9 e 27,6 mil t (fonte Instituto de Pesca).

A pesca oceânica é uma alternativa para à pesca na região costeira, tradicionalmente explorada por diversas frotas (Carneiro *et al.* 2000) e cujos estoques encontram-se plenamente explotados ou em estado de sobre pesca (MMA, 2006). A pesca oceânica é uma solução para os recursos de alimentares por fornecer proteína de alta qualidade, e social por sustentar toda uma cadeia econômica de exploração do recurso. Porem,demanda maior custo e uma otimização dos esforços com a captura, como mão de obra e gastos com combustíveis. Alem da pronunciada crise nos estoques indicarem que a atual exploração é insustentável, uma das evidencias é declínio na idade de predadores de topo no oceano, aumentando assim a necessidade de diminuir o desperdício de recursos pesqueiro como a pesca acidental de recursos Pauly et at. (1998).

Pescadores se utilizam de métodos mentais para encontrar o pescado, como identificação de mudanças na coloração da água, olfato, reflexo da luz da lua e identificação de borbulhas. Porem é papel de uma pesquisa responsável identificar ferramentas auxiliares para que a comunidade pesqueira tenha em mão a tecnologia atual em seu benefício. O sensoriamento remoto é útil na medida em que fornece informações ambientais, globais e de boa resolução espacial e temporal de interesse, como indicadores de áreas favoráveis à captura de

determinados recursos e podendo promover rastreio e características qualitativas e quantitativas de seus ambientes preferenciais como apresentado por Block et al. (1998).

A capacidade dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) na incorporação e correlação entre os dados e no auxilio a tomada de decisão dão um caráter fundamental ao o uso do SIG para gerenciar atividades pesqueiras, pela sua capacidade de integrar e organizar a informação de grande número, obtidas por medidas *in situ* e via plataformas orbitais. De acordo com Chandran et al (2009) o uso de cartas de pesca com localização de potenciais zonas de pesca demonstram grande aumento na captura por unidade de esforço de pesca (CPUE), o que resulta em eficiência e menor gasto com a logística.

O *Coryphanea hippurus*, conhecido como Dourado, é uma espécie pelágica de forte relação com a superfície, ocorre em diversas localidades do oceano atlântico principalmente em águas tropicais e sub-tropicais limitados em águas quentes de no minimo 20ºC, Oxenford (1999), trata-se de um predador de topo de cadeia alimentar selecionando suas presas pelo visual.

A realização de esforço de pesca para o *C. hippurus* tem empecilhos econômicos, pois se trata de um peixe pelágico com grande poder de natação e migração. Este trabalho então visa em estabelecer relações entre capturas e variáveis ambientais e assim identificar zonas de potencial concentração desse recurso com auxilio de um SIG com o uso da técnica *Analitical Hierarchical process*.

2. Metodologia de Trabalho

2. 1 Região de Estudo

A área de estudo compreende a região da costa sudeste do Atlântico e áreas mais profundas adjacentes dentro das latitudes 18º-30°S e longitudes 49°-32°W. As feições de maior relevância para esse estudo são a plataforma continental e a Corrente do Brasil, caracterizada por águas quentes, oligotróficas e pobres em nutrientes. O processo de ressurgência tem fundamental importância para a região de Cabo Frio devido ao aporte de nutrientes oriundo de águas mais profundas a camada eufótica propiciando um acréscimo de nutrientes e aumento na concentração de clorofila na superfície do mar (CSM). A plataforma continental também tem influencia no aporte de nutrientes de maiores profundidades devido ao padrão de vórtices e meandros em função do regime da corrente do Brasil, Campos et al. (1999).

2.1. Clorofila na superfície do mar

Os dados de CSM são obtidos pelo site oceancolor.gsf.nasa.gov., global, de resolução espacial de 4 km e formato HDF em composites de médias mensais de janeiro de 2008 a dezembro de 2009. Obtida pelo satélite Aqua e seu sensor MODIS, o algoritmo consiste numa relação logarítmica ente as radiâncias de 490 nm e 555 nm e correções atmosféricas, que se associa a abundancia do pigmento clorofila na porção superficial do mar contida no fitoplâncton.

2.2. Temperatura na superfície do mar

A Temperatura na superfície do mar (TSM) do projeto Pathfinder versão 5 é obtido por uma reanalise dos dados dos sensores AVHRR em varias plataformas NOAA (NOAA 7, 9, 11, 14, 16, 17 e 18) essa TSM é desenvolvida pela University of Miami's Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science (RSMAS) e pela NOAA. Os dados usado nesse estudo é a média mensal de temperatura via satélite com mascaramento de nuvens e uma resolução espacial de 4 km, obtidas no formato HDF para todo o globo. A escolha do Pathfinder foi pela disponibilidade dos dados em longa série temporal e por essa ter sido validada e usada

largamente e em estudos oceanográficos, como se trata de um dado interpolado e adquirido por vários satélites não há o problema de cobertura de nuvens.

2.4. Vento na superfície do mar

Os dados de vento na superfície do mar (VSM) usados são do satélite *QuikSCAT*. O sensor *SeaWinds* a bordo do *QuikSCAT* é um radar de microondas que mensura o vento próximo a superfície do mar (direção e magnitude) sobre todas as condições de tempo ou de nuvens. O *SeaWinds* é um escaterometro e tem uma faixa de imageamento de 1800 km cobrindo 90% da superfície da Terra em um dia. O VSM é calculado usando o principio de retro espalhamento do sinal enviado pelo instrumento em resposta a ondas capilares na superfície do oceano as quais são resposta do vento. A resolução espacial dos dados são 0.25° e medem com precisão os ventos entre 0-25 m/s e representa o vento a 10 metros acima da superfície marinha. Os dados são disponíveis no site da PODAAC. Embora o *QuikSCAT* começa sua atividade em 1997 e parou de funcionar no final de 2009 sua cobertura espacial, temporal e precisão são melhores que outros escaterômetros como o abordo do *Metop* que estão em funcionamento.

2.5. Batimetria

A batimetria usada é de fonte do ETOPO1 da NOAA ao qual tem cobertura global e resolução de 1 arc-minuto e integra topografia do continente e batimetria oceânica. Os dados são disponíveis no site www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html. O ETOPO1 é um modelo númerico de terreno que integra batimetria e topografia obtido por diversas fontes com datum WGS-84 Amante et al. (2009).

2.6. Dados de Captura e Esforço Pesqueiro

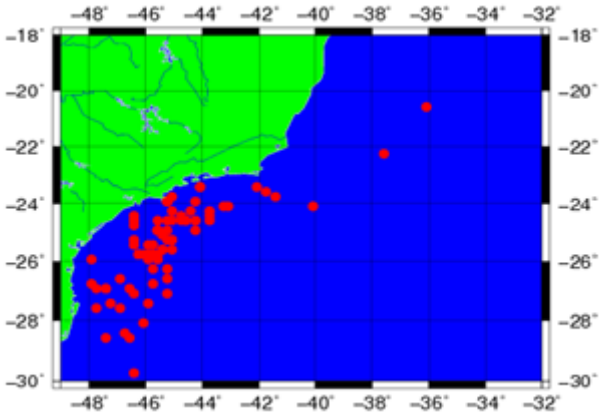

Figura 1. Costa Sudeste do Brasil e geolocalizações das capturas de *Coryphaena hippurus* (pontos vermelhos) entre janeiro de 2008 e dezembro de 2009 registradas pelo Instituto de Pesca da Agencia Paulista de Tecnologia dos Agronegócios.

Os dados de captura de *C. hippurus* e do esforço empregado para sua pesca foram obtidos pelo Programa de Monitoramento da Atividade Pesqueira do Instituto de Pesca por método censitário (FAO, 1999) através da aplicação entrevista estruturada (Bounce et al., 2000) a pescadores e mestres das embarcações na ocasião dos desembarques de pescado. Informações complementares foram obtidas em mapas de bordo preenchidas pelos mestres de pesca.

Foram utilizadas informações georeferenciadas de captura em peso e esforço (dias efetivos de pesca) de numero de viagens pesqueiras da frota de espinhel de superfície costeiro realizadas no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2009. Para a análise utilizou-se como medida de abundância relativa à captura por unidade de esforço (CPUE) obtida pela razão

entre quantidade capturada por dias de pesca (kg/dias) e as localidades onde foram recolhidos os espinhéis de superfície (Figura 1).

2.7. Método

Parâmetros biofísicos como TSM e CSM, batimetria e vento podem revelar características importantes sobre o abundancia e distribuição de recursos pesqueiros e assim definindo seus habitats, aos quais devido à condição dinâmica do oceano é freqüentemente alterado por parâmetros como balanço térmico, vento, turbulência, oxigênio dissolvido e disponibilidade de nutrientes.

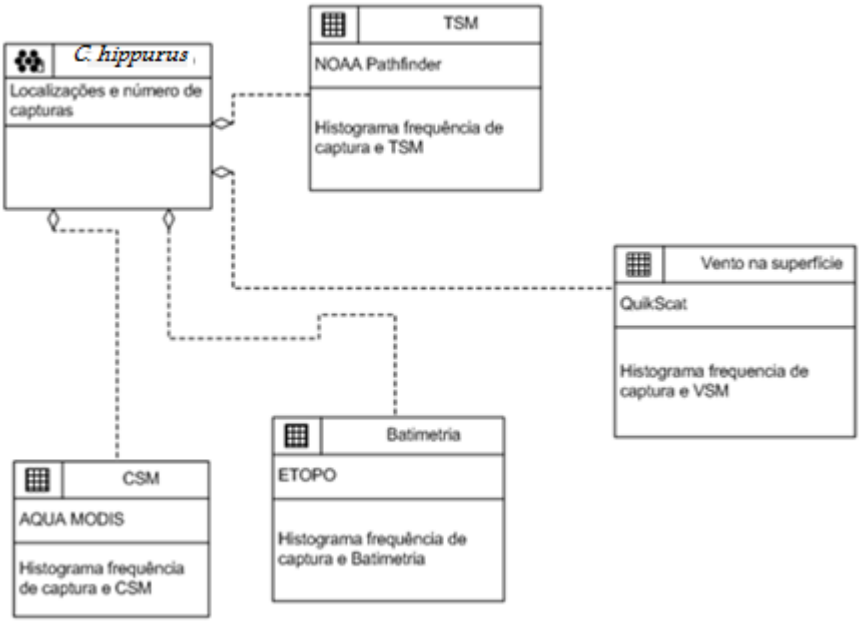

Figura 2. Diagrama OMT-G para criação de histogramas relacionando CPUE e coletas de variáveis oceanográficas de sensoriamento remoto em áreas coincidente temporalmente e espacialmente dentro de uma área de Box de 20 km.

Assim, parte do trabalho consiste em discretizar as TSM, CSM, VSM e batimetria associados ás capturas do *C. hippurus* para toda a série temporal dos dados de pesca. Para cada data e localidade da captura foram usados recortes de 20 km², centrados nas posições e dias aos quais foram recolhidos os espinheis de superfície, dessa maneira teremos valores ambientais coerentes espacialmente e temporalmente com cada registro de CPUE.

Por meio de histogramas obtidos para os valores ambientais em relação à CPUE poderemos aferir com maior precisão sobre o padrão de influencia que cada variável ambiental exerce sobre a captura do *C. hippurus* (Figura 2), definindo assim pontos ótimos para a CPUE.

Com auxilio dos histogramas classificamos os mapas de CSM, TSM, VSM e batimetria, na primeira quinzena de janeiro de 2009, resultando mapas de classes com valores de 1 a 9, sendo que os valores eram colocados por faixas relacionadas os respectivos histogramas. Por exemplo, para intervalos de temperaturas de 20° a 20.5° temos um valor de CPUE associado no histograma (TSM e CPUE), então no mapa de TSM da primeira quinzena de janeiro de 2009, para a mesma faixa de temperatura (20° a 20.5°) um valor era atribuído de acordo com a CPUE, maiores capturas obtinham valor 9 e menores 1 (Figura 3).

A técnica AHP é um método para identificar como cada fator individual colabora para a freqüência ou nível de um parâmetro principal, traçando uma lógica de comparação pareada entre os fatores e determinando pesos para cada fator em relação ao parâmetro principal ao

qual se quer tomar uma decisão. Para nosso estudo relacionamos em pares a TSM, CSM, VSM e batimetria, estabelecendo relações de importância para cada par, para entender a sua relação lógica na captura do recurso pesqueiro *C. hippurus*, assim como resultado obtemos pesos para as variáveis de entrada do AHP.

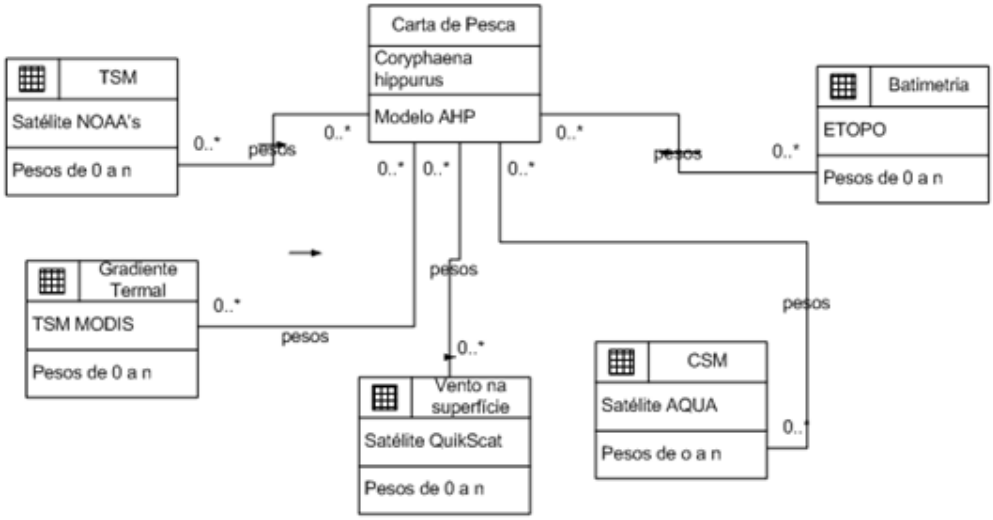

Figura 3. Sistema para criação da carta de pesca

Para uma avaliação preliminar da técnica AHP com os coeficientes aqui estipulados, a carta de pesca de 1° quinzena de janeiro de 2009 foi plotada com as capturas do *C. hippurus* neste período. A primeira quinzena de janeiro foi usada, pois esta dentro do período de maior captura dos grandes pelágicos e marca o meio da serie temporal dos dados de pesca, para assim obter uma avaliação preliminar da efetividade da carta de pesca.

3. Resultados e discussão

Critério	Peso		Critério	
batimetria	5	Melhor	gradetermal	<=>
modis	3	Algo Melhor	batimetria	<=>
noaa	3	Algo Melhor	batimetria	<=>
batimetria	4	Moderadamente Melhor	vento	<=>
modis	7	Muito Melhor	gradetermal	<=>
noaa	7	Muito Melhor	gradetermal	<=>
vento	1	Igual	gradetermal	<=>
modis	1	Igual	noaa	<=>
modis	7	Muito Melhor	vento	<=>
noaa	7	Muito Melhor	vento	<=>

Razão de Consistência 0.016

Figura 4. Pesos e critérios usados no modelo AHP para a produção da carta de pesca do Dourado e a razão de consistência das relações obtidas pelo GIS Spring.

A TSM associada com a CSM são parâmetros constantemente usados para indicar potencial pesqueiro, Laurs (1984). A clorofila revela o recurso alimentar da produção primaria, assim corresponde a fonte de alimento para toda cadeia alimentar, ao qual esta associada à presença das presas do *C. hippurus*. A TSM é um parâmetro deve indicar

ambientes preferências, pois há a necessidade do *C. hippurus* regular a sua temperatura corporal com o ambiente. Desta maneira, devido a sua larga utilização para indicativos a pesca e sua importância fisiológica da TSM, e na questão de atrativo de cardumes da CSM, esses dois parâmetros obtiveram os maiores pesos no modelo AHP (Figura 4). A TSM e CSM em relação à CPUE analisada nos histogramas revelam que o *C. hippurus* é mais freqüentemente capturado em águas quentes e oligotrófícas, revelando uma grande dependência com a Corrente do Brasil (Figura 5).

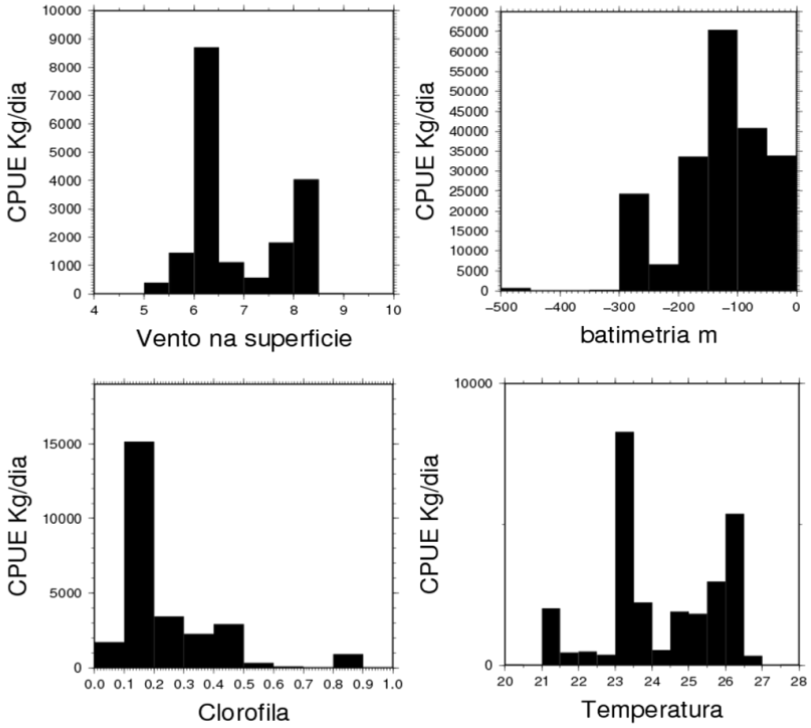

Figura 5. Histograma relacionando VSM , batimetria, concentração de clorofila e TSM com CPUE do *C. hippurus*.

O VSM obteve papel secundário no processo, sendo que ele tem papel fundamental na formação das correntes superficiais e ondas, bombeamento de nutrientes na superfície do mar e também é importante, pois a frota pesqueira depende de boas condições de tempo (ventos e ondulação) para obterem uma maior eficiência ou mesmo saírem dos portos, conforme ilustrado no histograma da Figura 6.

De acordo com os histogramas relacionando a CPUE e as variáveis ambientais obtivemos mapas de classes de importância de 1 a 9 (Figura 6). Usamos mapas, correspondente a primeira quinzena de janeiro de 2009. Com base nas geolocalizações das capturas para o mesmo período dos mapas classificados, cruzamos o modelo obtido pela AHP (Equação 1) com boa razão de consistência 0.016. Assim temos uma estimativa da eficiência da carta de pesca para a primeira quinzena de janeiro de 2009 com as capturas (Figura 7).

$$Potencial_pesqueiro = TSM * peso_{tsm} + CSM * peso_{csm} + Batimetria * peso_{batimetria} + VSM * peso_{vsm} \quad (1)$$

Com resultado principal, a maior parte dos pontos de captura ocorreu nas regiões de alto potencial de captura da carta de pesca. Demonstrado a efetividade da técnica AHP no desenvolvimento de cartas de pesca. Sendo que, há ainda necessidade de maiores estatísticas

para avaliar melhor a efetividade e obter maior *feed back* para a produção das cartas, assim pesando melhor as variáveis CSM, TSM, VSM e batimetria selecionando melhor os valores atribuídos para cada classe.

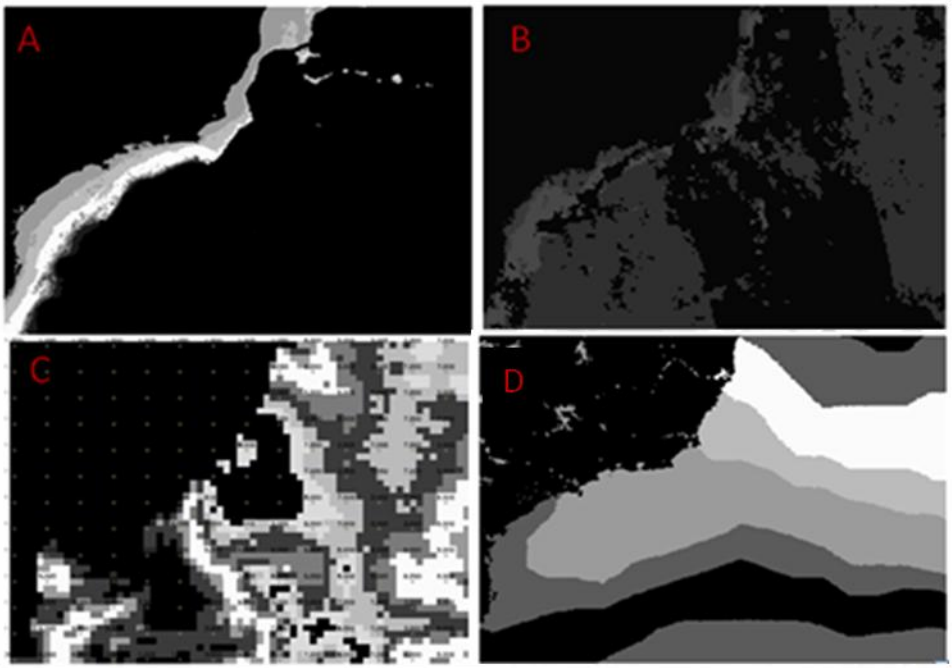

Figura 6. Classificação das variáveis ambientais em relação ao maior potencial de captura do Dourado (níveis de cinzas mais claros tem maior potencial), “A” batimetria, “B” clorofila, “C” vento e “D” temperatura.

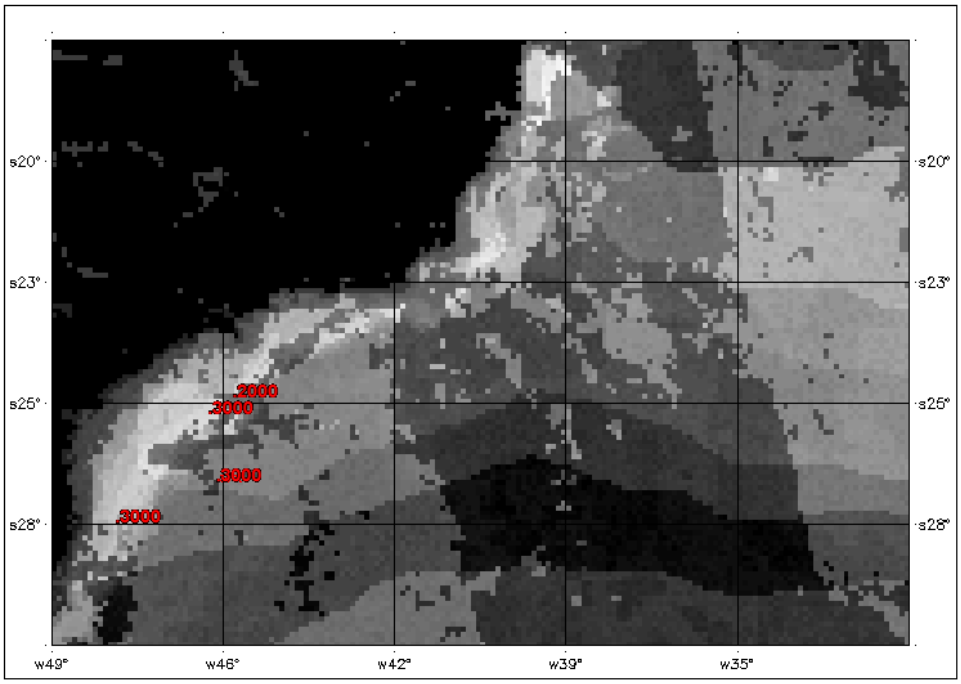

Figura 7. Carta de pesca para o *C. hippurus* da primeira quinzena de janeiro de 2009, obtida pelo método AHP, e geolocalização das capturas ocorridas no mesmo periodo com suas respectivas quantidades pescadas em quilogramas.

4. Conclusões

O Geoprocessamento se mostra útil para a gestão de recursos vivos em atividades como a pesca. Outros dados podem ser importantes para a elaboração de cartas de pesca, como tipo de fundo, bombeamento de Ekman, transparência da água, gradiente termal e salinidade. A técnica AHP se mostrou uma ferramenta de bom potencial para elaboração de cartas de pesca.

A carta de pesca visa não apenas aumentar a captura e diminuir custos da pesca, tem uma importância para gestão da pesca evitando desperdício e sobre pesca e conseqüente esgotamento dos recursos.

Referências Bibliográficas

Amante, C.; Eakins, B. W.; ***ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis****. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24, 19 p., 2009*

Ávila-da-Silva, A. O.; Carneiro, M. H.; Mendonça, J. T.; Servo, G. J. M.; Bastos, G. C. C.; Batista, P. A. 2007 Produção Pesqueira Marinha do Estado de São Paulo no Ano 2005. Série Relatórios Técnicos, São Paulo, 26:1-44.

Block, B.; A.; Dewar H.; Farwell, C.; Prince, E. D. A new satellite technology for tracking the movements of Atlantic bluefin tuna. **Ecology,** v. 95, p. 9384–9389, 1998

Bunce, L; Townsley, P.;, Pomeroy, R.; Pollnac, R. **Socioeconomic Manual For Coral Reef Management**. Townsville, Australia: Australian Institute of Marine Science, 2000, p. 251.

Campos , E. D. J.; Velhote, D.; Silveira., I. C. A. Shelf break upwelling driven by Brazil Current cyclonic meanders, ***Geophyscial Research. Letters****, n. 27, n. 6, p.* 751-754, 2000.

Carneiro, M. H., Fagundes, L., Ávila-da-Silva, A. O. e Souza, M. R. 2000. Ambientes marinhos explorados pelas frotas pesqueiras de Santos e Guarujá (SP). In: *Anais do V Simpósio Brasileiro de Ecossistemas*, Vitória, 10-15 out., 2000. Publ. ACIESP **109**(1):83-91

Chandran, R. V.; Jeyaram, A.; Jayaraman, V.; Manoj, S.; Rajitha,K..; Mukherjee, C. K.. Prioritization of satellite-derived potential fishery grounds: an analytical hierarchical approach-based model using spatial and non-spatial data. **International Journal of Remote Sensing,** v. 30, n. 17, p. 4479 – 4491, 2009

Emery, W. J.; Thomas, A.C.; Collins, M. J.; Crawford, W. R., and Mackas, D. L. 1986. An objective method for computing advective surface velocities from sequential infrared satellite images**. Journal Geophysical. Research**, v. 91, p. 12865–12878. 1986

FAO. **Guidelines for the routine collection of capture fishery data**. Rome: FAO Fisheries Technical Paper. Rome. 1999 n. 382, p. 113.

Kolling, J. A.. Crop Análise da Pesca dop Dourado (Coryphaena hippurus) no Estado de São Paulo, no período de 1990 a 2006. 2008. 90 p. Monografia (Graduação em Oceanografia)- Centro Universitário Mont Serrat, Santos.

Laurs, R. M.; Fielder, P. C; Montgomery , D. R. Albacore tuna catch distribuition relative to enviromental features observed from satellite. **Deep Sea Research**. V. 31 p. 1085-1099. 1984.

MMA. **Avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na Zona Econômica Exclusiva do Brasil: Relatório Executivo**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental, 2006, p. 280.

Oxenford, H. A. Biology of the dolphinfish (Coryphaena hippurus) in the western central Atlantic: a review. **Scientia Marina**, v. 63 p. 277-301, 1999.

Pauly, D.; Christensen V.; Dalsgaard, J.; Froese, R.; Torres Jr, T. Fishing Down Marine Food Webs. **Science,** v. 279, p. 860-86 , 1998.