

Zoneamento Aquícola: análise de contexto e abordagens técnicas.



ISSN 2318-1400

Janeiro, 2015

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pesca e Aquicultura
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 10

Zoneamento Aquícola: análise de contexto e abordagens técnicas

*Jones Simon
Daniel Chaves Webber*

*Embrapa Pesca e Aquicultura
Palmas, TO
2015*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pesca e Aquicultura

Quadra 104 Sul, Av. LO 1, N. 34, Conj. 4, 1º e 2º pavimentos
CEP: 77020-020, Palmas, Tocantins, Brasil
Fone: (63) 3229.7800/ 3229.7850
www.embrapa.br/pesca-e-aquicultura

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Eric Arthur Bastos Routledge*
Secretário-Executivo: *Renata Melon Barroso*

Membros: *Alisson Moura Santos, Andrea Elena Pizarro Munoz, Milena Santos de Pinho, Giovanni Vitti Moro Hellen Kato, Jefferson Cristiano Christofoletti, Marcelo Könsgen Cunha e Marta Eichemberger Ummus.*

Diagramação: *Juliano Daudt Fontoura*

1ª edição

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pesca e Aquicultura

Simon, Jones

Zoneamento Aquícola: análise de contexto e abordagens técnicas / Jones Simon – Palmas : Embrapa Pesca e Aquicultura, 2015.

36 p. : il. color. (Documentos / Embrapa Pesca e Aquicultura, ISSN 2318-1400; 10).

1. Aquicultura. 2. Áreas Aquícolas. 3. Georreferenciamento. I. Simon, Jones. II. Webber, Daniel Chaves. III. Séries.

CDD 664.94

Autores

Jones Simon

Pesquisador em Agrometeorologia,
Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas/TO.
jones.simon@embrapa.br

Daniel Chaves Webber

Analista de Sistemas de Produção,
Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas/TO.
daniel.webber@embrapa.br

Apresentação

O zoneamento é uma ferramenta de grande aceitação e uso na sociedade moderna, utilizada largamente em estudos urbanos, de viabilidade e sustentabilidade de áreas agrícolas e ambientais. Objetivando garantir a expansão, viabilidade e sustentabilidade da aquicultura de forma ordenada, muitas abordagens ambientais, sociais e econômicas já foram aplicadas sem padronização.

Apesar dos aspectos técnicos de escolha de áreas aquícolas serem muitos e dependentes do ambiente em que se encontram (continental ou marinho), do sistema de cultivo (tanques-rede ou viveiros escavados) e das espécies permitidas para produção, algumas tecnologias e métodos são comuns nos estudos de zoneamento aquícola realizados.

Esta publicação apresenta diferentes abordagens metodológicas de estudos sobre zoneamento aquícola realizados no Brasil e no mundo sob um contexto histórico. Da mesma forma, são feitas as recomendações a respeito das atuais ferramentas, métodos e fatores que subsidiam a tomada de decisão deste instrumento estratégico para o desenvolvimento da aquicultura no Brasil.

Carlos Magno Campos da Rocha
Chefe Geral da Embrapa Pesca e Aquicultura

Sumário

Introdução.....	9
Zoneamento: conceitos e aplicações.....	11
Aquicultura: conceito e importância.....	12
Zoneamento Aquícola: critérios e configurações.....	16
Considerações Finais.....	28
Referências Bibliográficas.....	29

Zoneamento Aquícola: análise de contexto e abordagens técnicas

Jones Simon

Daniel Chaves Webber

Introdução

O zoneamento é uma ferramenta de grande aceitação e uso na sociedade moderna, utilizada largamente em estudos urbanos e viabilidade e sustentabilidade de áreas agrícolas e ambientais. O conceito de zoneamento exige uma ampla bagagem de conhecimento para seu completo entendimento. Seus princípios, quando aplicáveis a uma determinada área, requerem multidisciplinaridade, pois identificam as potencialidades específicas ou preferenciais de cada um dos subespaços ou subáreas do território em estudo (AB'SABER, 1987).

O objetivo principal do processo de zoneamento é realizar divisões e classificações do espaço, baseadas em fatores ecológicos, econômicos e sociais e, através do cruzamento dessas três ordens de fatores, identificar diferentes zonas em regiões, com sua problemática específica, que serão objeto de propostas e diretrizes (IBGE, 1986).

Segundo o Decreto 4895/2003 de 25 de novembro de 2003, entende-se por "Aquicultura", a produção de organismos com habitat predominantemente aquático, em cativeiro, em qualquer um de seus estágios de desenvolvimento, bem como o cultivo ou criação de organismos cujo ciclo de vida, em condições naturais, ocorre total

ou parcialmente em meio aquático. De acordo com o Ministério da Pesca e Aquicultura, o potencial do Brasil para o desenvolvimento da aquicultura é imenso, constituído por 8.400 km de costa marítima, 5,5 milhões de hectares de reservatórios de água doce, aproximadamente 12% da água doce disponível no planeta, clima extremamente favorável para o crescimento de organismos cultivados, terras disponíveis e ainda relativamente baratas na maior parte do país, mão-de-obra abundante e crescente demanda por pescado no mercado. Desde então, os diversos segmentos do setor (piscicultura, carcinicultura, malacocultura e outros) têm se desenvolvido de forma bastante acelerada.

Em 2003, o governo brasileiro ampliou os planos para a oferta de peixes cultivados em cativeiro a partir da criação da Secretaria de Pesca e Aquicultura, a qual foi transformada em Ministério pelo então presidente Luís Inácio Lula da Silva, em 2009. A projeção para 2020 é que o Brasil seja o quinto maior produtor mundial de pescados. Entre as demandas prioritárias de órgãos como EMBRAPA e MPA merece destaque o desenvolvimento do Zoneamento Aquícola, uma ferramenta que garantirá a expansão, viabilidade e sustentabilidade da Aquicultura nacional de forma organizada.

Um estudo dessa importância e grandeza, numa área de conhecimento tão complexa e incipiente como a aquicultura brasileira, demanda cuidados e especificidades, evitando-se equívocos na seleção dos parâmetros que serão utilizados na delimitação das áreas aptas ao desenvolvimento do setor em águas da união ou reservatórios particulares de grande porte.

Zoneamento: conceitos e aplicações

O zoneamento é uma ferramenta de grande aceitação e uso na sociedade moderna, empregado largamente em estudos urbanos e de viabilidade e sustentabilidade de áreas agrícolas e ambientais. A Carta dos Andes (1958) apud ROSA (1996) trazia um conceito preliminar de “zoneamento” como sendo o instrumento básico da organização de um território, baseado em suas características físicas e sua produtividade.

Carneiro e Coelho (1987) conceituaram “zoneamento” como um instrumento para ordenação de subespaços, sendo resultado de um conjunto de interações e atitudes que, contrastantes à dinâmica dos processos naturais e sociais, permitem a obtenção de princípios e parâmetros relativos à sua utilização.

O modelo de zoneamento para ordenação de um território depende de seus objetivos e do tipo de indicadores e interações utilizadas na análise. O zoneamento permite identificar os usos atuais, orientar a ocupação de paisagens produtivas ociosas e, eventualmente, dividir territórios para facilitar o dimensionamento ambiental das políticas de desenvolvimento (ROSA, 1996).

Existem vários tipos de zoneamentos (SILVA & SANTOS, 2004), dentre eles: o Zoneamento Ecológico-Econômico, o Zoneamento Agroecológico e o Zoneamento Urbano que são exemplos de ordenamento territorial e o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (amplamente utilizado pelos técnicos e produtores para plantio da safra e também para assegurar a cobertura de seguros agrícolas), e ainda, o Zoneamento Geoambiental e o Edafoclimático ainda não previstos na legislação Brasileira (BATISTELLA, 2007). Muitos trabalhos desta natureza se fazem necessários para outras áreas do conhecimento, visando o ordenamento e a seleção dos melhores locais para sua ocupação.

Uma nova variação da ferramenta, importante para alguns estudos, mas incipiente na padronização de variáveis e parâmetros, é o Zoneamento Aquícola, buscado nos últimos anos, quando os reservatórios de usinas hidroelétricas, e também reservatórios de grande escala para abastecimento e irrigação, passaram a ser utilizados como alternativa na implantação de tanques rede para fomentar o trabalho e renda da população, seja ela, ribeirinha impactada pela instalação das usinas em áreas públicas ou de empreendedores em reservatórios particulares. A busca por áreas aptas e produtivas para o desenvolvimento da piscicultura em tanques rede obriga a realização de estudos que delimitem os múltiplos usos dessas enormes massas de água, bem como as áreas mais aptas para cada uso.

Aquicultura: conceito e importância

O conceito de aquicultura foi muito discutido no passado, pois não havia consenso científico sobre sua definição. Buscando a padronização científica foi publicado o Decreto 4895/2003 de 25 de novembro de 2003, que define que “Aquicultura é a produção de organismos com habitat predominantemente aquático, em cativeiro, em qualquer um de seus estágios de desenvolvimento” e “também é o cultivo ou criação de organismos cujo ciclo de vida, em condições naturais, ocorre total ou parcialmente em meio aquático” (BRASIL, 2003).

Nas últimas décadas o consumo de peixes e derivados tem aumentado consideravelmente, elevando os níveis de produção da pesca extrativista, que já se encontra em seu limite, e da produção aquícola. Segundo Freitas (2010), estima-se que cerca de um bilhão de pessoas em todo o mundo têm nos pescados suas fontes principais de proteína animal, fazendo desse a quinta *commodity* mundial. Somente no ano de 2008, cerca de 115 milhões de toneladas de peixes foram utilizados para consumo humano (fresco, congelado, em conserva, marinado e defumado), enquanto 27 milhões de toneladas foram utilizadas para outros fins (rações, cosméticos, óleos, etc..).

Impulsionada pela demanda de pescados, a produção mundial de peixes obteve um crescimento de aproximadamente 30% de 1998 a 2008, passando de 123 milhões para 159 milhões de toneladas (FAO, 2008). Tal incremento deve-se principalmente a participação da produção piscícola, que em 1998 representava apenas 29,5% da produção total mundial, alcançando 43% da participação após uma década. Enquanto a pesca extrativista diminuiu seu crescimento em meados da década de oitenta, o setor piscícola manteve uma taxa média anual de crescimento de 8,7% ao redor do mundo.

Destacam-se como principais produtores de peixe a China, a Índia e o Peru, com respectivamente 18%, 4,37% e 4,29%, sendo que apenas o Peru tem na pesca extrativista marítima seu maior referencial produtivo, devido a fatores naturais que propiciam tal potencial. A China liderou o cenário mundial com uma produção de mais de 29 milhões de toneladas em 2008, sendo 90% dessa produção oriunda da aquicultura. No mesmo ano, a Índia apresentou uma produção de quase sete milhões de toneladas de pescados, sendo 55% desta proveniente de recursos hídricos continentais (FAO, 2008).

Apesar de possuir enorme potencial para a produtividade pesqueira, o Brasil ainda produz pouco pescado, atingindo 1,24 milhões de toneladas em 2009, sendo apenas 34% proveniente da aquicultura, o que coloca o Brasil entre os 15 maiores produtores mundiais. A situação do país já foi pior: em 2001, a produção era de 847 mil ton. e o Brasil se posicionava como o 27º maior produtor mundial. Economicamente, o Brasil vem apresentando déficits no mercado internacional de pescados nos últimos anos, isto é, a economia do país tem gasto mais com pescados importados do que ganha com a exportação de pescados nativos. Apesar disso, o Brasil está muito aquém de seu potencial produtivo, que, segundo estimativas do MPA e da FAO, pode atingir até vinte milhões de toneladas anuais, atendendo não apenas o consumo interno, mas também uma demanda externa crescente (SIDONIO et al, 2012).

O Brasil dispõe de condições naturais muito favoráveis à produção de pescados. O país tem domínio sobre uma Zona Econômica Exclusiva de 3,5 milhões de km². Além disso, no que se refere às águas continentais, há no país mais de dez milhões de hectares de lâmina d'água em reservatórios de usinas hidroelétricas, açudes e propriedades particulares, o que representa aproximadamente 13% do total da reserva de água doce disponível no mundo. Outros aspectos favoráveis são o clima propício para o crescimento de organismos cultivados e a diversidade de espécies.

A distribuição da produção de pescados no Brasil é relativamente homogênea, com exceção da Região Centro-Oeste, que em 2009 contribuiu com apenas 6% da produção nacional. As principais regiões produtoras de pescado foram o Nordeste, com participação de 34%, e o Sul, com 25%. Apesar de o Norte ser responsável por uma participação um pouco menor, de 21%, é uma das promessas do setor, pois conta com grande abundância de água doce, diversidade de espécies e o maior consumo médio per capita de pescados do Brasil (SIDONIO et al, 2012).

Desde 2003, quando a Secretaria de Pesca e Aquicultura foi fundada, os planos do Governo se basearam na ampliação da oferta de peixes cultivados em cativeiro. Merece destaque, entre as ações governamentais para apoio ao setor, a abertura das águas de domínio da União para a exploração da aquicultura mediante o Decreto nº 2.869 de 09 de Dezembro de 1998 e a Instrução Normativa Interministerial nº 9 de 11 de abril de 2001, bem como o estabelecimento de uma linha de crédito específica para financiamento de empreendimentos aquícolas em todo o país.

Em 2009, o presidente Luis Inácio Lula da Silva criou o Ministério da Pesca e Aquicultura, com orçamento anual de mais de US\$ 5 bilhões em movimentações. O plano de metas do setor previa atingir cerca de 570 mil toneladas de produção de pescado pela aquicultura até 2011, o que foi facilmente atingido, superando a tendência de crescimento do setor nos anos anteriores, com produção superior a 628 mil

toneladas (BRASIL, 2011). Para que essas metas sejam alcançadas, muitas instituições públicas e privadas vêm identificando os problemas e as necessidades presentes no setor, fomentando a elaboração de um planejamento econômico sustentável e ambientalmente correto, garantindo a qualidade e a competitividade do produto nacional em nível mundial.

A EMBRAPA, importante instituição de pesquisa e geração de tecnologias, identificou algumas demandas e prioridades de pesquisa para a aquicultura, bem como as estratégias de ação a serem tomadas. As mesmas podem ser visualizadas no Plano Diretor da Unidade, bem como na descrição do portfólio de aquicultura que compõe a grade de pesquisas da Empresa. Uma das linhas de pesquisa propostas, relacionada especificamente à recursos hídricos e seu uso, está no desenvolvimento de metodologia para o estabelecimento de um zoneamento aquícola padronizado.

O Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) vem desenvolvendo estudos desde os tempos de Secretaria de Pesca e Aquicultura nas áreas com maior deficiência de conhecimentos e formulando portarias e regulamentações que possibilitem a legalidade e os benefícios necessários ao desenvolvimento do setor, que cresce a passos largos nesses últimos anos. Recentemente, o MPA aprovou a Portaria N° 523, de 1° de dezembro de 2010 que regulamenta o Regimento Interno do Ministério da Pesca e Aquicultura no qual institui que ao Departamento de Planejamento e Ordenamento da Aquicultura em Águas da União (DEAU) compete:

- ⇒ Ordenar as atividades aquícolas em águas de domínio da União;
- ⇒ Executar, através do Sistema Nacional de Autorização de Uso de Águas da União, o geoprocessamento aplicado ao planejamento da aquicultura em águas da União;
- ⇒ Promover estudos sobre zoneamento aquícola, visando subsidiar a expansão sustentável da aquicultura.

Como observado acima, entre as demandas listadas pela EMBRAPA e MPA merece destaque, o desenvolvimento de um Zoneamento Aquícola que garanta a expansão, viabilidade e sustentabilidade da aquicultura.

Zoneamento Aquícola: Critérios e configurações

Estudos de Zoneamento Aquícola têm sido realizados em nível nacional e mundial, com maior ou menor rigorosidade na definição dos parâmetros considerados, sob forte influência de políticas públicas e de acordo com os tipos de espécies cultivadas, ambiente (continental ou costeiro) e sistemas de cultivo.

Sob o ponto de vista histórico é possível verificar que os primeiros estudos de zoneamento aquícola tendiam a priorizar aspectos ambientais, ecológicos e sociais preponderantemente aos aspectos econômicos. Além disso, os estudos orientavam a prospecção de locais adequados à aquicultura utilizando-se conhecimentos científicos multidisciplinares, mas que consideravam principalmente características físicas do ambiente de forma simplificada (isoladas). Nesta ótica, os parâmetros eram analisados individualmente, restringindo ou não o uso das áreas prospectadas e visando diminuir os conflitos entre os diferentes usuários das águas (usos múltiplos).

Coelho e Torres (1983) realizaram um zoneamento para cultivo de camarão de água doce no estado de Pernambuco. Esse zoneamento foi baseado nas exigências ecológicas das espécies e no habitat natural. Considerou os seguintes parâmetros: temperatura do ar, índice xerotérmico, tipo e profundidade do solo, declividade do terreno e altitude. Além destes, levaram-se em conta as exigências para instalação de viveiros, citadas por Coelho, Ramos-Porto & Soares (1981-1982). As áreas foram classificadas como aptas, inaptas e aptas com restrição, conforme Figura 1.

Em 1990, foi realizado um macrozoneamento da APA de Guaraqueçaba, no qual estava incluído um estudo aquícola e de aptidão de áreas. O IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (1995) revisou e publicou este trabalho após a conclusão do diagnóstico ambiental para esta mesma área. Dentro deste trabalho, houve a caracterização ambiental e socioeconômica, além dos aspectos jurídico-institucionais, e a descrição de cada Unidade Ambiental Natural, fomentando a proposta de macrozoneamento para as diversas áreas, inclusive a da aquicultura. Esse macrozoneamento considerou inaptas para aquicultura as áreas de ocorrência de associações vegetais relevantes, bem como, áreas com fauna ameaçada, áreas com ocorrências de sítios históricos e arqueológicos e áreas de proteção de mananciais e córregos, segundo a legislação vigente na época.

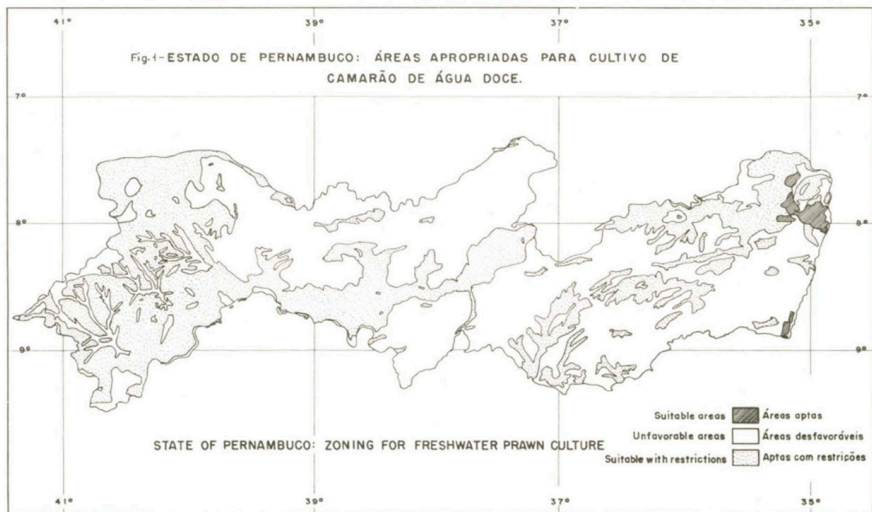


Figura 1. Mapa com as áreas aptas para o cultivo de camarão de água doce no estado de Pernambuco. **Fonte:** Coelho e Torres (1983).

Com o avanço da tecnologia nas mais diversas áreas do conhecimento e o desenvolvimento de sistemas computacionais mais sofisticados, o zoneamento aquícola foi aperfeiçoado, passando-se a utilizar modelos matemáticos mais complexos e holísticos. As geotecnologias favoreceram a prospecção e identificação de áreas com aptidão aquícola, de tal forma que passaram a ser exigidas em requerimentos e normas da legislação federal, principalmente quando da liberação de uso das águas da União como alternativa para o desenvolvimento da piscicultura. Alguns estudos empregando geotecnologias como instrumentos de identificação e escolha de áreas aquícolas podem ser observados a seguir.

Hossain et. al (2007) realizaram um estudo sobre a classificação de áreas sustentáveis para a criação de tilápias em Bangladesh, o qual visava resolver conflitos de áreas com outras atividades agrícolas presentes na região. A definição das áreas aptas a criação de tilápias foi realizada a partir de uma análise multicritérios utilizando-se o SIG - Sistema de Informação Geográfica para sistematizar variáveis como: a qualidade do solo e água, topografia, infraestrutura e fatores socioeconômicos. Os resultados obtidos foram comparados com dados de campo e mostraram-se consistentes, o que, segundo os autores, foi encorajador em termos do desenvolvimento da criação de tilápias. Tal validação sugere que áreas agrícolas podem ser utilizadas de maneira sustentável para este fim, diversificando assim, as atividades econômicas das propriedades rurais.

Völker e Scott (2008) utilizaram ferramentas de sensoriamento remoto e SIG para modelar parâmetros ambientais importantes para o cultivo de *Litopenaeus vannamei* (camarão branco), *Macrobrachium rosenbergii* (pitu), e *Oreochromis niloticus* (tilápia) e assim determinar o potencial aquícola do baixo São João, estado do Rio de Janeiro. A Figura 2 demonstra o modelo empregado no estudo citado para avaliação de áreas potenciais para aquicultura.

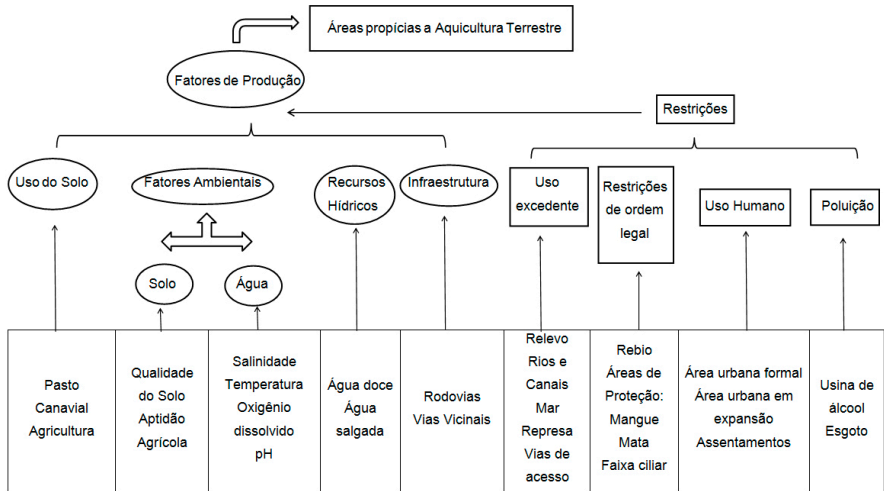


Figura 2. Modelo para avaliação de áreas potenciais para aquicultura. **Fonte:** Völker e Scott (2008).

Neste mesmo estudo, as áreas com restrições foram identificadas e excluídas. Esta exclusão ocorreu a partir de uma avaliação multicritérios que atribuiu pesos diferenciados em função de um Processo de Hierarquia Analítico (PHA) de parâmetros. O somatório das áreas aptas para o desenvolvimento da aquicultura foi de 20,41% (55,79 km²) da área total da bacia, sendo que as áreas aptas para cultivo de tilápias foram mais representativas. O mapa do zoneamento desenvolvido por Völker e Scott (2008) pode ser visualizado na Figura 3.

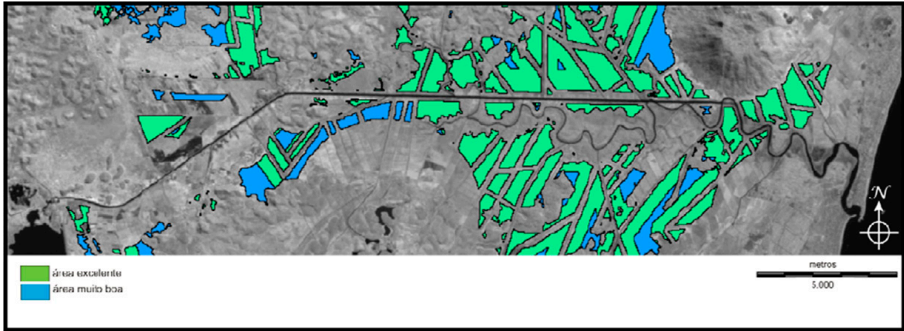


Figura 3. Mapa gerado pelo modelo testado para a espécie *Oreochromis niloticus* (tilápia) na bacia do Baixo São João, RJ. **Fonte:** Völker e Scott (2008).

Assim como os zoneamentos aquícolas em águas continentais tem se valido de avaliações multicritérios em ambiente SIG, os zoneamentos aquícolas em águas costeiras também encontraram neste sistema soluções para facilitar as tomadas de decisão tão importantes para evitar os conflitos de uso das águas.

Em 2009, Radiarta e Saitoh publicaram um estudo visando identificar as áreas mais propícias ao desenvolvimento do cultivo de Vieiras (*Mizuhopecten yessoensis*) em Hokkaido, Japão. O mesmo foi baseado em parâmetros biofísicos e modelado através de SIG. Quatro parâmetros biofísicos que influenciam grandemente a criação de vieiras foram selecionados para o modelo: temperatura da água, alimentação disponível (clorofila-a), sólidos em suspensão e profundidade. As imagens dos sensores orbitais SeaWiFS e MODIS foram usadas para extrair tais parâmetros da área prospectada. Uma série de modelos gerados em SIG foi desenvolvida para indicar os locais apropriados à criação de vieiras, baseando-se em uma avaliação multicritérios conhecida como Combinação Linear de Massa (CLM). A validação do modelo ocorreu pela comparação com dados obtidos em campo. Como resultado verificou-se que a ordem de importância das variáveis que mais afetam a escolha dos locais aptos ao cultivo de vieiras em Hokkaido foi: sólidos em suspensão, clorofila-a e temperatura do mar.

Neste mesmo ano, no Brasil, um estudo de caso da Empresa de pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI referente ao Plano Local de Desenvolvimento da Maricultura – PLDM instituiu áreas de preferência na Baía Sul da Ilha de Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, visando priorizar a sessão de parques aquícolas e áreas de produção para as comunidades tradicionais de pesca e maricultura desta região. Para isto, Vianna e Scott (2009) fizeram uma análise do potencial para produção de moluscos com base em dados ambientais, socioeconômicos, legais e logísticos, sendo aplicadas técnicas em SIG de análise exploratória de dados, visualização, interpolação e avaliação multicritérios.

Este estudo considerou os aspectos descritos na Quadro 1, possibilitando identificar e caracterizar os locais mais apropriados para aquicultura nesta região do Estado, que é o maior produtor de moluscos do Brasil.

Quadro 1. Base de dados geográficos empregado na modelagem.

Parâmetros	Fontes
Áreas aquícolas pré-existentes	SEAP, 2007
Áreas de preferência	SEAP, 2007
Parques Aquícolas	SEAP, 2007
Áreas restritas para maricultura	SEAP, 2007
Áreas restritas para pesca	SEAP, 2007
Unidades de Conservação	SEAP, 2007
Hidrografia, Bacias Hidrográficas	EPAGRI, 2006
Rotas de Navegação costeira	SEAP, 2007
Sistema Viário principal	SEAP, 2007
Área da Baía Sul	SEAP, 2007
Municípios limítrofes com a baía sul	EPAGRI, 2006
Aeroportos	
Pontos de coleta de dados oceanográficos	SILVA, 2002

Pontos de monitoramento - balneabilidade	FATMA, 2006
Bancos naturais de mexilhão	SEAP, 2007
Bancos naturais de ostras Bancos naturais de ostras	SEAP, 2007
Batimetria	SEAP, 2007
Correntes residuais astronômicas e meteorológicas	PRUDÊNCIO, 2003.

Fonte: VIANNA, L. F. N.; SCOTT, P. C. (2009).

Com relação à ação das correntes como critério de zoneamento aquícola, o mesmo estudo apontou que locais com forte ação hidrodinâmica não necessariamente apresentam troca efetiva de água, sendo a granulometria dos sedimentos um indicador mais eficiente para este fim. Segundo Silva (2002), a concentração de sedimentos finos em determinadas áreas indica baixa circulação de água, que por sua vez não permite a renovação do ambiente aquático. Além da granulometria fina do sedimento, devem ser evitadas áreas com altas concentrações de carbono, enxofre, nitrogênio, colimetria e matéria orgânica, os quais são indicadores da presença de esgotos domésticos.

Os métodos geoestatísticos utilizados por Vianna e Scott (2009) para parâmetros ambientais foram Krigagem, SPLINE ou Inverso do Quadrado da Distância - IDW¹, para parâmetros de natureza socioeconômica foi densidade², e, se tratando de logística, a distância euclidiana³ favoreceu o cálculo de custos e tempo de deslocamento. As avaliações multi-critérios utilizadas foram da extensão MCE-FLOWA do software ArcGIS que inclui a o PHA – Processo de Hierarquia Analítica (Saaty, 2001) e o OWA - *Ordered Weighted Averaging* (Borouhaki e Malkzewski, 2008).

¹ IDW é um interpolador determinístico univariado de médias ponderadas.

² Densidade é o método geoestatístico que calcula, para cada célula da matriz, um valor de densidade correspondente à razão entre o somatório dos valores do parâmetro encontrado num raio de influência definido pelo usuário e a área definida por este raio.

³ Distância euclidiana é a distância entre dois pontos, que pode ser provada pela aplicação repetida do teorema de Pitágoras. Aplicando essa fórmula como distância, o espaço euclidiano torna-se um espaço métrico.

O PHA permitiu comparar os critérios utilizando matrizes e escalas numéricas, enquanto o OWA favoreceu a avaliação de critérios prioritários de acordo com a preferência dos especialistas envolvidos no estudo. Os resultados da avaliação multicritérios foram diferentes cenários de escolha de áreas aptas à instalação de cultivos de ostras na Baía Sul da Ilha de Florianópolis.

Os critérios ambientais e sociais de zoneamento aquícola elencados por Vianna e Scott (2009) em seu estudo sobre o zoneamento da baía sul da Ilha de Florianópolis demonstram certa similaridade com os critérios apresentados em outro estudo realizado por Bueno et al (2013). Bueno et al (2013) descreve os seguintes critérios que devem ser avaliados para o zoneamento aquícola de reservatórios: (i) profundidade; (ii) qualidade de água; (iii) zona de depleção⁴; (iv) Área de diluição⁵; (v) presença de vegetação subaquática; (vi) usos do solo no entorno; (vii) presença e condições do sistema viário urbano e interurbano; (viii) proximidade com centros urbanos (indústrias, aeroportos, restaurantes, mercados, etc); (ix) stakeholders da cadeia de produção (fábricas de gelo, frigoríficos, fábricas de ração, etc) e; (x) outros usos múltiplos da água (unidades de conservação, reservas indígenas, mineração, marinas, rotas de navegação, áreas de recreação primária, secundária e harmonia paisagística, captações de água para consumo humano e emissários de efluentes).

Segundo Bueno et al (2013), a metodologia utilizada para o zoneamento aquícola em reservatórios brasileiros envolve três estágios consecutivos e de avaliação multidisciplinar nos âmbitos social, econômico e ambiental.

O primeiro estágio refere-se a indicação de zonas de prioridade preliminar para a aquicultura com base em diagnósticos do reservatório e de seu entorno, a exclusão de áreas que apresentam restrições

⁴ Diferença entre a cota máxima de elevação do reservatório e a cota de operação ao nível de vazão da Q95, isto é, a cota mínima de operação da planta energética durante 95% do período de geração de energia.

⁵ A legislação brasileira INI 06 (2004) estabelece a relação mínima de área 1:10 no entorno da área de cultivo para fins de diluição dos resíduos da produção aquícola.

legais ou ainda outros aspectos que apresentem desvantagens para a instalação de tanques-rede. O segundo estágio trata das densidades produzidas sob as áreas indicadas no primeiro estágio, através de modelos ambientais, cálculos de capacidade de suporte e desenvolvimento de modelos matemáticos para avaliar a dispersão de efluentes da aquicultura e a exclusão de áreas onde é verificada a presença de fatores conflitantes com a prática aquícola. O terceiro estágio contempla a aptidão aquícola das áreas selecionadas, considerando o nível de favorabilidade da implementação de empreendimentos de pequeno ou grande escala, o perfil social das comunidades locais, as disposições a respeito da atividade e os processos de regularização e licenciamento dos parques aquícolas.

Um dos trabalhos desenvolvidos em área costeira, com enfoque em outros organismos que não peixes, foi publicado por Radiarta, Saitoh e Yasui (2010) e trata do uso de modelos em SIG para determinar os melhores locais para o cultivo de algas marinhas (*Laminaria japonica*) no sul de Hokkaido, Japão. Foi utilizada uma avaliação multicritérios e realizada uma análise de sensibilidade para verificar a importância de cada parâmetro dentro do modelo. Os parâmetros utilizados são mostrados na abaixo.

Parâmetros	Interpretação do Parâmetro	Ótimo	Referência
Temperatura da Superfície do Mar	Temperatura Favorável	9 - 12°C	Scogganet al. (1989), Fang et al. (1996), Suzuki et al. (2008)
Sólidos Suspensos	Nível de claridade (Turbidez)	< 2g.m-3	Otero and Siegel (2004), Nezlineet al. (2005)
Batimetria	Profundidade Favorável	10 – 30m	Scogganet al. (1989), Kawashima (1993), Fang et al. (1996)
Declividade	Declividade Favorável	< 10°	Bushing (1995), Bekkbyet al. (2009)

Fonte: Radiarta, Saitoh e Yasui (2010).

O mapa final obtido pelos modelos apresenta uma escala que varia de 1 a 8, sendo que a maior escala apresenta maior conveniência ou aptidão para o cultivo, como pode ser observado na Figura 4.

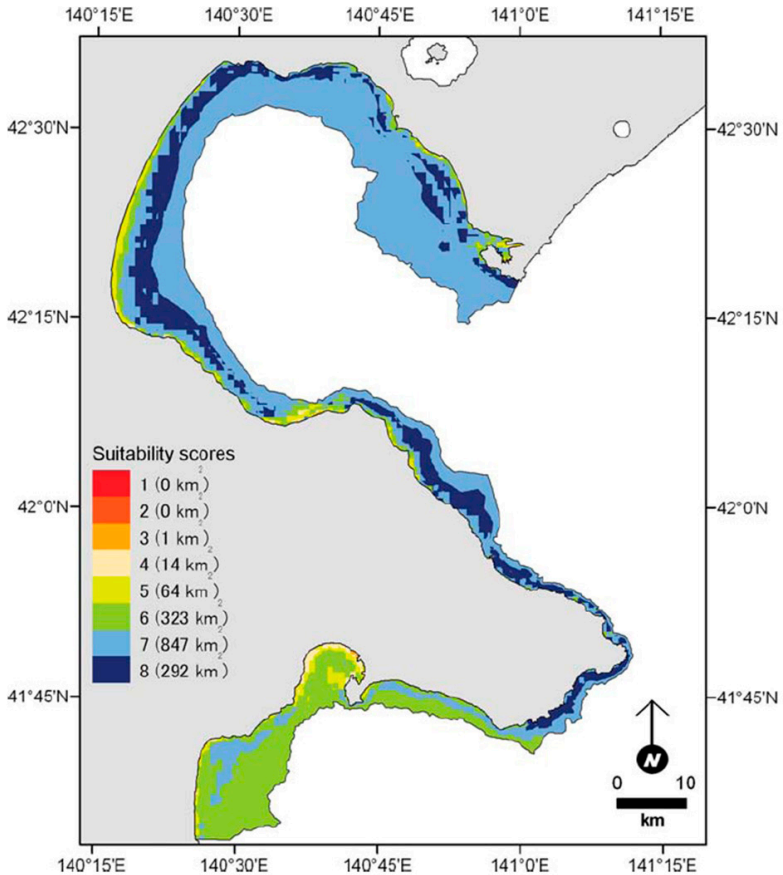


Figura 4. Mapa dos locais selecionados via critérios ambientais combinados para cultivo de algas marinhas em Hokkaido, Japão. **Fonte:** Radiarta, Saitoh e Yasui (2010).

Detalhes que não podem ser deixados de lado e representam um desafio de grandes proporções para este setor, são citados por SIDONIO et al, (2013). Os autores citam que desde 2008, o atual Ministério da Pesca e Aquicultura, no período Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (SEAP/PR), está cedendo águas da União para o cultivo de organismos aquáticos. Até 2011, foram entregues quase três mil áreas aquícolas, todavia há demanda para mais de cem mil áreas. Apesar das melhorias recentes nos processos de cessão, ainda há o envolvimento de diversos órgãos públicos como Marinha, IBAMA, Agência Nacional de Águas (ANA), Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Secretaria do Patrimônio da União (SPU), sendo desejável a simplificação dos processos.

Vianna, Bonetti e Polette (2012) realizaram uma análise da evolução histórica da implementação de duas políticas públicas no estado de Santa Catarina, Brasil, através dos seus instrumentos. Avaliaram a compatibilidade entre as políticas de ordenamento da maricultura e o gerenciamento costeiro através da adoção dos instrumentos PLDM, ZEEC (Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro) e PGZC (Plano de Gestão da Zona Costeira). Constataram que são instrumentos tecnicamente eficientes, mas que na prática vêm sendo implementados de forma burocrática e pouco integrada, porque o Estado ainda não possui estrutura compatível com as necessidades logísticas, técnicas e metodológicas para conduzir integralmente o processo.

Em relação à maricultura, o processo participativo do zoneamento dos parques aquícolas nos PLDMs mostrou-se eficiente setorialmente, fortalecendo as associações de maricultores e o setor de pesquisa e extensão rural de Santa Catarina no processo decisório. O Estado conta hoje com o ZEEC e o PGZC constituídos de direito, e os PLDMs de fato e de direito. Isto significa que, apesar de os instrumentos existirem legalmente, sua implementação está comprometida por conflitos vindos desde sua origem. Enquanto isso, os PLDMs já são efetivos, através de delimitação dos parques aquícolas no mar, ordenamento e licitação das áreas aquícolas individuais de produção, elaboração de uma base de dados georreferenciados, desenho de um plano de monitoramento e sistema de gestão (Figuras 5 e 6).

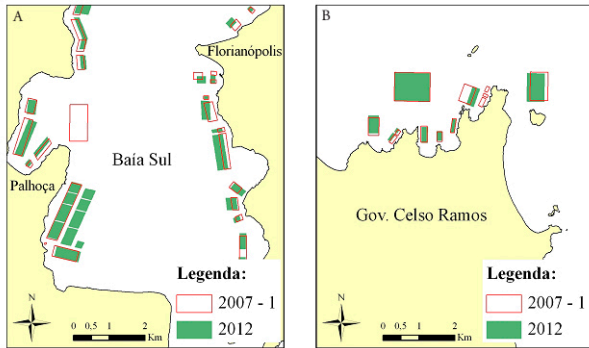


Figura 05. Evolução das propostas dos parques aquícolas em Santa Catarina em relação à disposição espacial de 2007 para 2012: (A) Florianópolis e Palhoça, na Baía Sul; (B) norte de Governador Celso Ramos. **Fonte:** Vianna, Bonetti e Polette (2012).

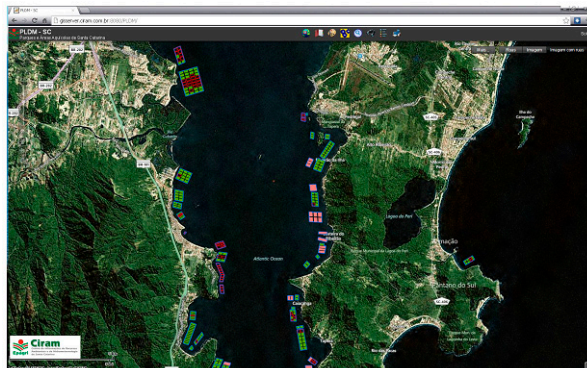


Figura 06. Sistema de gestão dos parques e das áreas aquícolas de Santa Catarina. **Fonte:** <http://ciram.epagri.sc.gov.br/sipldm/>

Dessa forma, os PLDMs devem orientar o setor aquícola na avaliação do potencial da zona costeira para a atividade e auxiliar no planejamento e na escolha de áreas por intermédio de propostas de setorização de parques e áreas aquícolas.

Considerações Finais

De modo geral, avalia-se que o zoneamento aquícola é um excelente caminho para o desenvolvimento da aquicultura brasileira e mundial, devendo ser desenvolvido de modo a evitar conflitos entre os diversos usuários de águas. Porém, recomenda-se que os estudos brasileiros de zoneamentos aquícolas futuros não busquem apenas identificar fatores ambientais e técnicos da aquicultura para definir áreas aptas a produção, mas que estejam em consonância com outros instrumentos de políticas públicas, como, por exemplo, o Zoneamento Ecológico Econômico e os Planos de bacias hidrográficas. Além disso, é necessário alertar que parques aquícolas só podem ser demarcados após a realização de estudos de zoneamento aquícola e determinação da capacidade de suporte do corpo hídrico.

Um grande passo foi dado com a criação do Ministério da Pesca e Aquicultura, consolidando assim as ações desenvolvidas para o setor, e aumentando recursos humanos e financeiros destinados ao desenvolvimento de estudos, principalmente o de zoneamento, os quais visam alavancar ainda mais a aquicultura nacional. Muitas estratégias e planos de ação foram definidos e estão sendo executados pelos órgãos competentes, fomentando um maior desenvolvimento da aquicultura, em caráter ordenado e de forma sustentável.

Em contrapartida aos avanços da aquicultura no Brasil, surgiram novos problemas e desafios que merecem atenção especial dos profissionais desse setor, os quais devem definir metas e estratégias de ação, buscando novas tecnologias e sistemas produtivos que tornem a atividade mais eficiente, sustentável e rentável. Todos esses entraves já foram mapeados por diferentes agentes da cadeia, públicos e privados, e as ações para neutralizá-los já estão em andamento. Vários atores estão atuando na superação dos gargalos apontados, com destaque, no segmento público, para a agenda do MPA (SIDONIO et al, 2012).

As geotecnologias agilizaram sobremaneira a realização de levantamentos dos aspectos físicos do ambiente, fornecendo maior confiabilidade e consistência aos dados que subsidiam tomadas de decisão para zoneamentos aquícolas. O uso de SIG neste contexto funciona como um instrumento de compilação e processamento de informações geoespaciais, ora obtidas através de sensoriamento remoto, dados secundários georeferenciados e/ou aferições em campo, que quando submetidos a métodos geoestatísticos de interpolação, modelagens matemáticas e avaliações multicritérios aperfeiçoam o processo de tomada de decisão de zoneamentos aquícolas.

Por outro lado, as geotecnologias e os insumos associados a elas ainda possuem custos elevados no mercado nacional. Equipamentos como ecobatímetros e receptores de sinais de satélite de alta acurácia são comercializados a preços elevados para a maioria das empresas de pequeno porte interessadas em inserir o zoneamento aquícola em seu portfólio de serviços. Soma-se a isso a escassez de profissionais habilitados a operar estes equipamentos e o custo da hora/homem para aferir hectares de áreas em potencial. Entende-se assim que os custos de aquisição de geotecnologias e o capital intelectual associado ao manuseio destas ainda são gargalos para a consolidação deste tipo de metodologia como rotina na seleção de locais para formação de áreas/parques aquícolas.

Por fim, conclui-se que um estudo importante para auxiliar o desenvolvimento da aquicultura brasileira seria desenvolver uma proposta de Zoneamento Aquícola padronizado, o qual seria embasado em estudos de capacidade de suporte (de acordo com as espécies aptas a região) e em instrumentos de políticas públicas relacionadas. Aspectos sociais, ambientais e econômicos seriam avaliados segundo os biomas, ambientes (continental e costeiro) e as macrorregiões brasileiras em enfoque. O SIG poderia ser utilizado como instrumento de apoio a tomada de decisão e a avaliação multicritérios seria a metodologia para definição de áreas aquícolas de acordo com as espécies brasileiras permitidas pela legislação e os sistemas de cultivo em potencial para reservatórios, barragens, faixas costeiras e propriedades rurais.

Referências Bibliográficas

AB´SABER, A. N. Zoneamento ecológico da Amazônia: questões de escala em método. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. CEPAL / IPEA.** Brasília. mimeografado, 1987.

BATISTELLA, T.S. O Zoneamento Ambiental e o desafio da construção da Gestão Ambiental Urbana. 2007. 146 p. **Dissertação (Mestrado)** - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília.

BOROWSHAKI, S.; MALKZEWSKI J. Implementing na extension of the Analytical Hierarchy Process using Ordered Weighted Averaging operators with fuzzy quantifiers in ArcGIS **Computers and Geosciences** 24: 399-410, 2008.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011.** Brasília: MPA, 2011. 60p

BRASIL. **Decreto no 4.895, de 25 de novembro de 2003.** Dispõe sobre a autorização de uso de espaços físicos de corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 26/nov./2003. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4895.htm > Acesso em: 19/10/2014.

BUENO, G.W.; OSTRENSKY, A.; CANZI, C.; MATOS, F.T. de; ROUBACH, R. Implementation of aquaculture parks in Federal Government waters in Brazil. **Reviews in Aquaculture**, v.5, p. 1-12, 2013.

CARNEIRO, C.G.; COELHO, G.B. Método operativo para o planejamento e gestão ambiental. In: **WORKSHOP para Zoneamento de Áreas de Proteção Ambiental.** Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES/SEMA, Curitiba, 1987.

COELHO, P.A.; RAMOS-PORTO, M.; SOARES, C.M.A. Cultivo de camarões do gênero *Macrobrachium* Bate (Decapoda, Palaemonidae) no Brasil. **Boletim técnico**, Empresa de pesquisa agropecuária do Rio Grande do Norte v. 6, p. 1 – 66, 1981.

COELHO, P.A.; RAMOS-PORTO, M.; SOARES, C.M.A. Biologia e cultivo de camarões de água doce. Universidade Federal de Pernambuco, **Série Aquicultura** v. 1, p. 1 – 53, 1982.

COELHO, P.A.; TORRES, M.F.A. Zoneamento do Estado de Pernambuco para cultivo de camarões de água doce. **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v.1, n.3, p. 149 – 154, 1983.

FAO, The State of World Fisheries and Aquaculture. **FAO Fisheries Department**. Rome, Italy. 2008.

FREITAS, A.A. **Prospecção de negócios tecnológicos na cadeia produtiva da aquicultura na Amazônia brasileira**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2010. (Relatório de Pesquisa).

HOSSAIN, M.S.; CHOWDHURY, S.R.; DAS, N.G.; RAHAMAN, M.M. Multi-criteria evaluation approach to GIS-based land-suitability classification for tilapia farming in Bangladesh. **Aquacult International**, v. 15, p. 425 – 443, 2007.

IBGE. Diretoria de Agropecuária, Superintendência de Recursos Naturais. **Termos de Referência para uma Proposta de Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil**. Rio de Janeiro, 1986.

IPARDES (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social). **Diagnóstico Ambiental da APA Guaçuapeçaba**. Curitiba, 166 p., 1995.

RADIARTA, I N.; SAITOH, S.I. Biophysical models for Japanese scallop, *Mizuhopectenyessoensis*, aquaculture site selection in Funka Bay, Hokkaido, Japan, using remotely sensed data and geographic information system. **Aquacult International**, v. 17, p. 403 – 419, 2009.

RADIARTA, I N.; SAITOH, S.I.; YASUI, H. Aquaculture site selection for Japanese kelp (*Laminaria japonica*) in southern Hokkaido, Japan, using satellite remote sensing and GIS-based models. **ICES Journal of Marine Science**, doi:10.1093/icesjms/fsq163, 2010.

ROSA, R. Metodologia para Zoneamento de Bacias Hidrográficas Utilizando Produtos de Sensoriamento Remoto e Integrados por Sistema de Informação Geográfica. In: Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, **Anais**, Salvador, Brasil, INPE, p. 363 – 368, 1996.

SAATY, T.L. **Decision making for leaders**. Vol.II, AHP Series, 315 pp., RWS (new ed.) (ISBN 0-9620317-8-X), 2001.

SIDONIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L.; MORCH, R.; MAGALHÃES, G.; LIMA, J.; BURNS, V.; ALVES JUNIOR, A.J.; MUNGIOLI, R. Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. **BNDES Setorial**, n. 35, p. 421-463, 2012.

SIDONIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L.; MORCH, R.; MAGALHÃES, G.; LIMA, J.; BURNS, V.; ALVES JUNIOR, A.J.; AMARAL, J.V. Experiências internacionais aquícolas e oportunidades de desenvolvimento da aquicultura no Brasil: proposta de inserção do BNDES. **BNDES Setorial**, n. 36, p. 179-218, 2013.

SILVA, L.F. Identificação de sub-ambientes na Baía Sul (SC) com base na análise de variáveis oceanográfico-sedimentares. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Geografia. **Dissertação de Mestrado**. 2002.

SILVA, J.S.V.; SANTOS, R.F. Zoneamento para planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 21, n. 2, p. 221-263, mai./ago., 2004.

VIANNA, L. F. N.; SCOTT, P. C. Building scenarios and decision-making methods for coastal aquaculture site selection in Brazil. A case study of South Bay in Florianópolis, Santa Catarina, Brazil. In: AGUILAR-MANJARREZ, J.; CAROCCI, F. **Manual of training course on the use of GIS in fisheries and aquaculture**. Roma: FAO, 2009. p. 1-24. Biblioteca da EPAGRI-Sede. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI. Florianópolis, SC.

VIANNA, L.F.N.; BONETTI, J.; POLETTE, M. Gestão costeira integrada: análise da compatibilidade entre os instrumentos de uma política pública para o desenvolvimento da maricultura e um plano de gerenciamento costeiro no Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.12, n.3, p. 357 – 372, 2012.

VÖLCKER, C.M.; SCOTT, P. SIG e sensoriamento remoto para a determinação do potencial da aquicultura no baixo São João – RJ. **Sistemas & Gestão**, v.3, n. 3, p.196 – 215, 2008.

Embrapa

Pesca e Aquicultura

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA