

Sistemas de informações geográficas para seleção de sítios para aquicultura: uma revisão

Luiz Fernando Viann¹, Jarbas Bonetti² e Carla Bonetti³

Resumo – O objetivo deste artigo é apresentar uma revisão sobre o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) aplicados à seleção de sítios para aquicultura. As referências foram levantadas na base de dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e abrangem o período entre 1984 e 2015. Através do método de meta-análise bibliográfica foram avaliadas as publicações de acordo com critérios temáticos e metodológicos. Em 30 anos houve uma evolução metodológica que se manteve restrita a universidades e centros de pesquisa especializados em geotecnologias e aquicultura. O potencial oferecido pelo SIG para gestão da atividade aquícola teve pouco avanço em termos operacionais, quase não sendo adotado pelos gestores e tomadores de decisão. As técnicas de análise em SIG e os critérios e fatores utilizados estão bem documentados e são passíveis de ser aplicados em termos operacionais, mas o processo de construção dos modelos de decisão ainda carece de mais detalhamento sobre os métodos e de avaliações de custo/benefício. Para que os SIGs sejam adotados operacionalmente na gestão da aquicultura é preciso capacitação e maior aproximação com a pesquisa.

Termos para indexação: Zoneamento; análise espacial; geoprocessamento.

Geographic information systems for aquaculture site selection: a review

Abstract – The objective of this article is to present a review on the use of Geographic Information Systems (GIS) to the site selection for aquaculture. Publications between 1984 and 2015 were searched in the database of the Food and Agriculture Organization (FAO). Bibliographic meta-analysis method was used to evaluate publications according to thematic and methodological criteria. In 30 years there was a methodological development which remained restricted to universities and specialized research centers in biotechnology and aquaculture. The potential of GIS for aquaculture management had little operational progress, hardly being adopted by managers and decision makers. GIS spatial analysis techniques, criteria and factors are well documented and are likely to be applied operationally, but decision models still lack more detail on methods and cost / effectiveness evaluations. For the decision makers to adopt GIS operationally in aquaculture management it will take training and a closer relationship with researchers.

Index terms: Zoning; spatial analysis; geoprocessing.

Introdução

A aplicação de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) na aquicultura teve início na década de 1980, mas efetivamente se estabeleceu como um domínio de pesquisa na década seguinte, em paralelo ao seu desenvolvimento técnico-científico, favorecido pela redução dos custos e pelo aumento no desempenho dos computadores (WRIGHT & BARLETT, 2000). Os SIGs são utilizados na aquicultura principalmente para caracterizar ambientes aquícolas (HASSEN & PROW, 2001; CARSWELL et al., 2006),

avaliar o potencial para aquicultura (KAPETSKY et al., 1990; PARKER et al., 1998) e selecionar áreas para aquicultura (ROSS et al., 1993; SALAM & ROSS, 2000).

Kapetsky e Aguilar-Manjarrez (2007), em trabalho semelhante, publicaram um levantamento bibliográfico sobre o uso de SIGs na aquicultura utilizando a base de dados do Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts (ASFA) e artigos indexados em conferências. Avaliando as publicações de 1984 a 2002, selecionaram e categorizaram 157 trabalhos de 33 países, de acordo com as diferentes

aplicações de SIGs na aquicultura. O objetivo foi subsidiar a estruturação de um portal via internet para integrar dados e informações sobre SIGs e aquicultura, o “Global Gateway to Geographic Information Systems (GIS), Remote Sensing and Mapping for Aquaculture and Inland Fisheries” (GISFish)⁴.

O GISFish é um mecanismo de acesso a publicações científicas, estudos de caso, políticas públicas e estatísticas sobre geotecnologias aplicadas à aquicultura, mantido pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO)⁵. Na última avaliação sobre o

Recebido em 16/11/2015 para publicação em 8/4/2016

¹ Biólogo, Dr., Epagri / Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia, Rod. Admar Gonzaga, 1.347, Itacorubi, 88034-901 Florianópolis, SC, fone: (48) 3665-5161, e-mail: vianna@epgari.sc.gov.br.

² Geógrafo, Dr., Universidade Federal de Santa Catarina / Departamento de Geociências, Campus Universitário, Trindade, 88040-900, Florianópolis, SC, fone: (48) 3231-3416, e-mail: bonetti@cfh.ufsc.br.

³ Bióloga, Dra., Universidade Federal de Santa Catarina / Departamento de Geociências, Campus Universitário, Trindade, 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil, fone: (48) 3721-4112, e-mail: carla.bonetti@ufsc.br.

⁴ <http://www.fao.org/fishery/gisfish/index.jsp>

⁵ <http://www.fao.org/docrep/012/i1359e/i1359e.pdf> p.89

GISFish, foram contabilizadas 366 publicações, das quais 107 (54%) eram sobre avaliação de potencial e zoneamento.

O objetivo deste artigo é apresentar uma revisão sobre o uso de SIGs na caracterização de ambientes aquícolas, avaliação de potencial e seleção de sítios para aquicultura com base na produção bibliográfica citada na base de dados do GISFish. Através do método de meta-análise bibliográfica aplicado por Malkzewsky (2006), foram avaliadas as publicações de acordo com critérios temáticos e metodológicos.

Levantamento de Publicações no GISFish

A base desta revisão foram as publicações selecionadas e mantidas pela FAO no GISFish. Foram levantadas as publicações existentes na base de dados no período compreendido entre 1984 e 2015. A seleção das publicações foi feita na página de pesquisa avançada do GISFish¹, onde foram consultadas as publicações contidas na sessão *Aquaculture documents* até 10/3/2016. A consulta foi realizada no campo *Main Issue Addressed*, selecionando-se as opções *Planning for aquaculture among other uses of land and water*, *Strategic planning for development* e *Suitability of site and zoning*. Os dados das publicações foram exportados para um arquivo em formato de texto (*txt*) contendo título, autor e ano de publicação.

Foi feita uma busca, no campo de títulos, utilizando-se as palavras-chave “Suitability”, “Zoning”, “Site”, “Selection”, “Assessment”, “Mapping”, “Potential” e “Marine”. As publicações que apresentaram pelo menos uma dessas palavras foram selecionadas. Aquelas que não foram selecionadas pelas palavras-chave foram avaliadas individualmente pelo título e resumo. Ao final, 87 publicações foram selecionadas e classificadas de acordo com critérios temáticos e metodológicos.

Os critérios temáticos foram: os objetivos de aplicação do SIG (caracterizar, avaliar ou selecionar áreas para aquicultura); os ambientes de aquicultura (interior, costeiro ou marinho) e a natu-

reza das publicações (artigos científicos, relatórios técnicos, políticas públicas ou processos decisórios). Os critérios metodológicos foram: as técnicas de análise empregadas (soma ponderada, processo analítico hierárquico (AHP), álgebra booleana ou outras) e os processos de tomada de decisão adotados (individual, referenciado ou em grupo).

Além da classificação temática e metodológica das publicações, os critérios e fatores adotados na caracterização de áreas aquícolas, avaliação de potencial aquícola ou seleção de áreas para aquicultura foram analisados por ambiente de aquicultura (interior, costeiro ou marinho). Para contabilizar os critérios e fatores, foram consideradas apenas as publicações que focaram em um único ambiente.

Análise e classificação temática e metodológica

O SIG vem sendo aplicado na caracterização de ambientes aquícolas, na avaliação de potencial e na seleção de áreas para aquicultura em 33 países. Sobre os países asiáticos foram encontradas 36% das publicações. Europa, América do Norte e América do Sul estiveram representadas em 19%, 15% e 14% das publicações respectivamente. O restante ficou entre América Central (7%), África (5%) e Oceania (4%). Foram encontradas sete publicações brasileiras, das quais uma tese de doutorado sobre a maricultura em Santa Catarina. Apesar disso, sabe-se que a maricultura catarinense vem sendo bem documentada no meio científico em relação ao

uso de SIGs (NOVAES et al., 2010; NOVAES et al., 2011; VIANNA & NOVAES, 2011; VIANNA et al., 2012).

A Figura 1 mostra a evolução do número de publicações sobre SIG aplicado à caracterização, avaliação e seleção de áreas para aquicultura cadastradas no GISFish até 2015 e sua frequência acumulada. O final da década de 80 e o início da década de 90 se destacam por terem sido o período inicial de publicações sobre SIGs aplicados à aquicultura (MEADEN, 1987). Isso também é observado nos resultados apresentados por Malkzewsky (2006) com relação ao uso de SIGs combinados com análise multicritério.

O crescimento das pesquisas e as aplicações técnicas de SIGs em aquicultura estão associados, entre outros fatores, ao reconhecimento da importância do uso de análise espacial no planejamento territorial e marinho e ao acesso cada vez mais facilitado aos computadores pessoais, sistemas de informações geográficas e sistemas de análise multicritério, como o módulo de análise multicritério do programa Idrisi (AGUILAR-MANJARREZ & ROSS, 1995). Esse cenário, constituído na década de 90, permitiu a inserção dos SIGs no planejamento e na gestão da maricultura, contribuindo para objetivos específicos de sua aplicação em todos os ambientes aquícolas.

A Figura 2 representa os resultados da classificação temática dos documentos quanto aos objetivos da aplicação de SIGs na aquicultura (A), os ambientes de aquicultura (B) e a natureza das publicações (C). ►

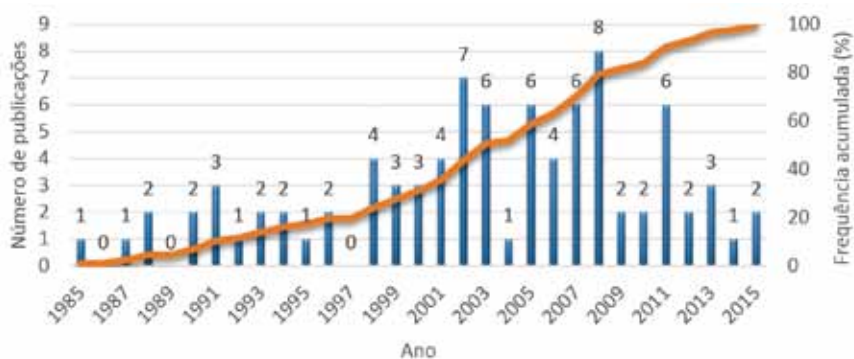


Figura 1. Quantidade de publicações sobre caracterização de áreas, avaliação de potencial e seleção de áreas por ano no GISFish

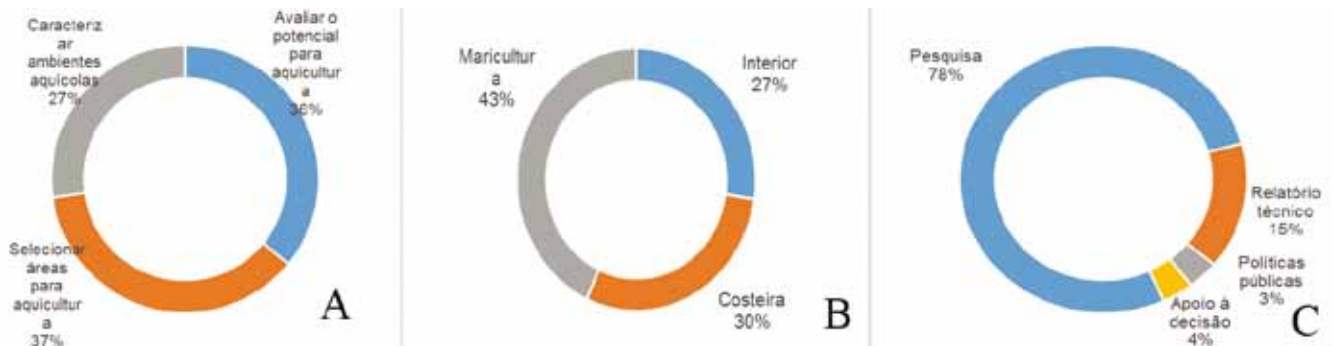


Figura 2. Classificação temática dos artigos do GISFish quanto (A) aos objetivos da aplicação de SIGs na aquicultura, (B) aos ambientes de aquicultura e (C) à natureza das publicações

Caracterizar ambientes aquícolas utilizando SIGs é um processo descritivo que está diretamente associado ao mapeamento temático. Os fatores considerados importantes para descrever as características ambientais, socioeconômicas, logísticas ou legais de uma determinada área são representados em mapas. O comportamento espacial de cada fator é analisado individualmente, e cada análise contribui para o conhecimento do ambiente aquícola representado (KAPETSKY et al., 1998; CARSWELL et al., 2006).

Avaliar o potencial de áreas para aquicultura em SIG implica a construção de modelos matemáticos ou estatísticos para integrar as camadas representativas dos fatores utilizados na caracterização. O resultado é um mapa que representa a distribuição espacial do potencial aquícola de uma região com base nos fatores usados no modelo (KAPETSKY et al., 1990; AGUILAR-MANJARREZ & ROSS, 1993; VIANNA, 2011).

Selecionar áreas em SIGs é interpretar os mapas descritivos dos fatores e os resultados dos modelos de avaliação de potencial para delimitar áreas específicas para aquicultura (ROSS et al., 1993). É um processo decisório que envolve gestão territorial, gestão costeira e processos participativos de tomadas de decisão (VIANNA et al., 2012).

Estudos de caracterização dos ambientes, de avaliação do potencial e de seleção de áreas para aquicultura através de SIGs foram feitos para diversos ambientes aquícolas (Figura 2, B). Na aquicultura interior há exemplos de

avaliação de potencial para o cultivo de peixes tropicais (HOSSAIN et al., 2007; VIANNA et al., 2002), para o cultivo de trutas (VIANNA et al., 2002) e para a criação consorciada de peixe nos cultivos de arroz (KAPETSKY et al., 1990). A aquicultura costeira está mais focada na carcinicultura e no cultivo de caranguejos (SALAM & ROSS, 2000; SALAM et al., 2003), enquanto a maricultura se beneficia do uso de SIGs para estudos direcionados ao cultivo de moluscos (SIMMS, 2002; RADIARTA, et al., 2008; SILVA et al., 2011) e peixes marinhos (PÉREZ et al., 2005).

O uso de SIGs na aquicultura ainda é mais significativo no meio acadêmico e nos centros de pesquisa, tendo pouco alcance entre os órgãos legislativos e executivos (Figura 2, C). As iniciativas de implementação do SIG como meio de apoio à decisão na aquicultura são posteriores ao fim da década de 90 (VIANNA et al., 2002), assim como seu uso nas políticas públicas. Países como Estados Unidos, Austrália, Nova Zelândia, Canadá e Espanha já utilizam SIGs na gestão aquícola, até mesmo com sistemas via internet (BRICKER et al., 2016). No Brasil também existem iniciativas operacionais de gestão usando SIGs (NOVAES et al., 2010; NOVAES et al., 2011; VIANNA et al., 2012), e o estado de Santa Catarina já conta com um sistema de mapas via web⁶.

Na Figura 3 são apresentados os resultados da avaliação dos artigos de acordo com as técnicas de análise de dados utilizadas. As técnicas de análise espacial se distinguem de acordo com

seu alcance em relação à variedade de análises espaciais possíveis (MALCZEWSKI, 2004).

A soma ponderada é a técnica avançada mais utilizada (KAPETSKY et al., 1990; AGUILAR-MANJARREZ & ROSS, 1993; BUITRAGO et al., 2005). Malkzewsky (2006) também identificou essa tendência, mas em proporções menores, justificando o emprego da soma ponderada em maior número de publicações devido a sua facilidade de uso em ambiente SIG, através de álgebra de mapas. Nessa técnica é preciso definir os pesos dos fatores e critérios, o que pode ser feito, entre outras formas, com o uso de técnicas de análise multivariada, como o processo analítico hierárquico (AHP) (AGUILAR-MANJARREZ & ROSS, 1995; SALAM et al., 2000; SALAM et al., 2003; RADIARTA et al., 2008).

A álgebra booleana é a técnica mais

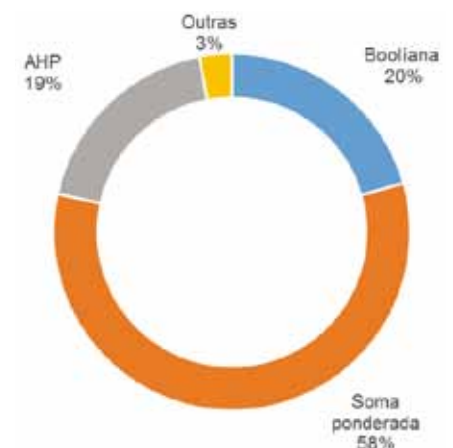


Figura 3. Classificação temática dos artigos do GISFish segundo as técnicas de análise de dados aplicadas

⁶ <http://ciram.epagri.sc.gov.br/sipldm>

aplicada na caracterização dos ambientes aquícolas e na seleção de áreas. Segundo Malkzewsky (2006), é comum o uso das operações booleanas juntamente com soma ponderada, o que foi verificado em 17,3% das publicações (AGUILAR-MANJARREZ & ROSS, 1993; HOSSAIN et al., 2007).

Existem outras técnicas que abrangem, além do SIG, o uso de modelos estatísticos, lógica difusa e modelagem matemática. Uma delas é a alocação de terreno com múltiplos objetivos (Mola) (EASTMAN et al., 1998). É uma técnica de mapeamento que utiliza lógica difusa para auxiliar na definição do uso específico de uma determinada área em função dos múltiplos objetivos de uso a ela destinados. Sua aplicação é facilitada com o uso do SIG Idrisi, que possui um módulo específico para alocação de terreno com múltiplos objetivos (AGUILAR-MANJARREZ & ROSS, 1995; SALAM & ROSS, 2000; SALAM et al., 2003).

A aplicação das técnicas apresentadas depende de um modelo conceitual para a tomada de decisão. Nos processos de tomada de decisão que envolvem situações de incerteza existe a possibilidade de que a decisão tomada não seja a melhor (MALKZEWSKY, 2000), ou pela abordagem inapropriada ou por causa de informação insuficiente (FREITAS & TAGLIANI, 2007).

A forma como é construído o modelo de tomada de decisão deve ser bem documentada, pois isso dá transparência ao processo decisório (VIANNA et al., 2012). É possível elaborar modelos conceituais de tomada de decisão individualmente, com base em referências bibliográficas ou em grupo, de forma participativa, mas nem sempre esse processo está descrito nas publicações. Em apenas 21 publicações (25%) foi possível identificar a forma como os modelos conceituais de decisão foram construídos no SIG. Cerca de 75% dos autores apenas descreveram a técnica utilizada, apresentaram os fatores e critérios e os respectivos pesos.

Entre os trabalhos nos quais o modelo de decisão foi descrito, 42,8% construíram o modelo em grupo, ou

seja, a escolha dos fatores e critérios e sua ponderação foram discutidos e implementados em consenso por mais de uma pessoa (SCOTT & VIANNA, 2001; VIANNA et al., 2002). Modelos construídos com base em referências bibliográficas correspondem a 57,2% dos casos analisados (ROSS et al., 1993; SALAM et al., 2003).

Com essa amostragem não é possível afirmar que exista alguma tendência na elaboração dos modelos em relação à forma de construção, mas é possível identificar a necessidade de que os autores descrevam esse processo de modo mais explícito. Os resultados obtidos através de análises dessa natureza em ambiente SIG dependem tanto do processo de construção dos modelos conceituais de decisão quanto da qualidade dos dados representativos dos critérios e fatores (FREITAS & TAGLIANI, 2007).

A escolha dos critérios e fatores também faz parte da construção do modelo de decisão. Na Tabela 1 são apresentados os principais fatores utilizados para aquíicultura interior, costeira e marinha. Os números representam a quantidade de publicações em que cada fator foi citado. Isso não representa o nível de importância de cada fator nos modelos; apenas o número de vezes em que foram citados, considerando todas as publicações. Algumas publicações abrangem mais de um ambiente; por isso, foram contabilizadas mais de uma vez. O total de citações representa a quantidade de vezes em que cada critério foi citado.

Os 19 fatores pertinentes ao critério ambiental corresponderam a 57,5% das citações e variaram de acordo com o ambiente de cultivo. Os parâmetros físico-químicos da água estiveram presentes em 62% das publicações sobre aquíicultura marinha e em 56% das publicações sobre aquíicultura interior. Os parâmetros físico-químicos do solo também foram os considerados na aquíicultura interior (48% das publicações). Para estudos na zona costeira, as informações geradas por sensoriamento remoto (uso e cobertura do solo, temperatura super-

ficial do mar ou produtividade primária) foram citados como fonte de geração de fatores ambientais em 40% dos documentos.

Em relação aos cinco fatores logísticos (18% das citações) e aos seis fatores socioeconômicos (19% das citações) não há muita distinção de uso entre os ambientes. O acesso viário e a facilidade de acesso a insumos e fontes de energia foram citados em 37% e 33% dos documentos respectivamente, independentemente do ambiente. O mesmo ocorreu em relação à distância dos centros urbanos (33%) e à preocupação com as unidades de conservação e as exigências legais (22%).

Há fatores específicos para determinados tipos de aquíicultura, como as correntes, o substrato marinho e a exposição a ondas e ventos, que são fatores próprios da maricultura, seja ela costeira, seja oceânica. Há também fatores com maior incidência de uso nos ambientes terrestres, como parâmetros físicos e químicos de solo, altitude, declividade e aptidão de uso das terras, que estão associados à aquíicultura interior e à aquíicultura costeira.

Considerações finais

Em 30 anos houve uma evolução metodológica que se manteve restrita às universidades e aos centros de pesquisa especializados em geotecnologias e aquíicultura. Proporcionalmente, o potencial oferecido pelo SIG para gestão da atividade aquícola teve pouco avanço em termos operacionais, quase não sendo adotado pelos gestores e tomadores de decisão. As técnicas de análise em SIGs e os critérios e fatores utilizados estão bem documentados e são passíveis de ser aplicados em termos gerenciais, mas o processo de construção dos modelos de decisão ainda carece de mais detalhamento sobre os métodos e de avaliações de custo/benefício. Para que os SIGs sejam adotados operacionalmente na gestão da aquíicultura, é preciso capacitação e maior aproximação com a pesquisa. ►

Tabela 1. Número de publicações em que os fatores ambientais, socioeconômicos e logísticos foram citados por ambiente de aquicultura, soma de vezes que cada fator foi citado e total de vezes que cada critério foi citado

		Interior	Costeira	Marinha	Total
Número de publicações		23	20	34	77
Critério	Fator	Interior	Costeira	Marinha	Soma
Ambiental	Parâmetros físico-químicos da água	13	6	21	40
	Fatores gerados por sensoriamento remoto	8	8	11	27
	Batimetria	1	4	14	19
	Parâmetros meteorológicos e hidrológicos	7	2	8	17
	Parâmetros físicos e químicos de solo	11	4	0	15
	Correntes	0	2	12	14
	Distância das fontes de poluição	4	3	7	14
	Parâmetros biológicos da água	1	2	11	14
	Distância dos corpos de água	8	5	0	13
	Declividade	6	4	0	10
	Exposição a ondas e ventos	0	2	7	9
	Altimetria	4	4	0	8
	Substrato marinho	0	2	5	7
	Distância da foz	0	1	5	6
	Indicadores de poluição	0	1	3	4
	Fisiografia	2	1	0	3
	Aptidão de uso	1	1	0	2
	Presença de parasitas e predadores	0	1	1	2
Locais de desova	0	1	0	1	
Total de citações dos critérios ambientais		66	54	105	225
Logístico	Distância do acesso viário	11	4	13	28
	Acesso aos insumos/energia	9	4	12	25
	Acesso a suporte	5	5	6	16
	Distância da linha da costa	0	0	6	6
	Distância da praia	0	0	1	1
Total de citações dos critérios logísticos		25	13	38	76
Socioeconômico	Distância dos centros urbanos	12	3	15	30
	Unidades de conservação e legislação	6	3	11	20
	Conflitos com outras atividades	4	3	9	16
	Densidade populacional	4	3	3	10
	Aquicultura existente	3	3	4	10
	Aspectos econômicos	3	0	1	4
Total de citações dos critérios socioeconômicos		32	15	43	90
Total de citações		123	82	186	391

Referências

- AGUILAR-MANJARREZ, J.; ROSS, L.G. Aquaculture development and GIS: Construction of a GIS for Tabasco State, Mexico, and the establishment of technical and social decision models for aquaculture development. **Mapping Awareness & GIS in Europe**, v.7, p.49-52, 1993.
- AGUILAR-MANJARREZ, J. & ROSS, L.G. Geographical information system (GIS) environmental models for aquaculture development in Sinaloa State, Mexico. **Aquaculture International**, 3, pp.103-115, 1995.
- BRICKER, S.B.; GETCHIS, T.L.; CHADWICK, C.B.; ROSE, C.M.; ROSE, J.M. Integration of ecosystem-based models into an existing interactive web-based tool for improved aquaculture decision-making. **Aquaculture**, n.453, p.135-146, 2016. doi: 10.1016/j.aquaculture.2015.11.036
- BUITRAGO, J.; RADA, M.; HERNÁNDEZ, H.; BUITRAGO, E. A Single-Use Site Selection Technique, Using GIS, for Aquaculture Planning: Choosing Locations for Mangrove Oyster Raft Culture in Margarita Island, Venezuela. **Environmental Management**, v.35, n.5, p.544-556, 2005.
- CARSWELL, B.; CHEESMAN, S.; ANDERSON, J. The use of spatial analysis for environmental assessment of shellfish aquaculture in Baynes Sound, Vancouver Island, British Columbia, Canada. **Aquaculture**, v.253, p.408-414, 2006.

6. EASTMAN, J.R.; JIANG, H.; TOLEDANO, J. Multi-criteria and multi-objective decision making for land allocation using GIS. In: BEINAT, E; NIJKAMP, P. (Eds.). **Multi-criteria Analysis for Land-use Management**. Kluwer Academic, Dordrecht, pp.227-251, 1998.
7. FREITAS, D.M.D.; TAGLIANI, P.R.A. Spatial Planning of Shrimp Farming in the Patos Lagoon Estuary (Southern Brazil): An Integrated Coastal Management Approach. **Journal of Coastal Research**, v.47, p.136-140, 2007.
8. HASSEN, M.B.; PROU, J. A GIS-based assessment of potential aquacultural non-point source loading in an Atlantic bay (France). **Ecological Applications**, v.11, n.3, p.800-814. 2001.
9. 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. **Aquaculture International**, v.15, n.6, p.425-443, 2007.
10. KAPETSKY, J.M.; HILL, J.M.; WORTHY, L.D. A geographical information system for catfish farming development. **Aquaculture**, v.68, n.4, p.311-320, 1988.
11. KAPETSKY, J.M.; HILL, J.M.; WORTHY, L.D.; EVANS, D.L. Assessing potential for aquaculture development with a geographic information system. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.21, n.4, p.241-249. Blackwell Publishing Ltd., 1990.
12. KAPETSKY, J.M.; AGUILAR-MANJARREZ, J. Geographic information systems, remote sensing and mapping for the development and management of marine aquaculture. In: KAPETSKY, J.M.; AGUILAR-MANJARREZ, J. (Eds.). **FAO Fisheries Technical Paper**. p.140. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2007.
13. MALCZEWSKI, J. On the Use of Weighted Linear Combination Method in GIS: Common and Best Practice Approaches. **Transactions in GIS**, v.4, n.1, p.5-22, 2000.
14. MALCZEWSKI, J. GIS-based land-use suitability analysis: A critical overview. **Progress in Planning**, v.62, n.1, p.3-65, 2004.
15. MALCZEWSKI, J. GIS based multi-criteria decision analysis: a survey of the literature. **International Journal of Geographical Information Science**, v.20, n.7, p.703-726. doi: 10.1080/13658810600661508, 2006.
16. MEADEN, G.J. Where should trout farms be in Britain? **Fish Farmer**, v.10, n.2, p.33-35, 1987.
17. NOVAES, A.L.T.; VIANNA, L.F.; SANTOS, A.A.; SILVA, F.M.; SOUZA, R.V.D. Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura de Santa Catarina. **Panorama da Aquicultura**, v.21, p.52-58. 2010.
18. NOVAES, A.L.T.; VIANNA, L.F.; SANTOS, A.A.; SILVA, F.M.; SOUZA, R.V.D. Regularização da atividade de maricultura no estado de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v.24, n.1, p.51-53, 2011.
19. PARKER, M.; BEAL, B.; CONGLETON, W.; PEARCE, B.; MORIN, L. Utilization of GIS and GPS for shellfish growout site selection. **Journal of Shellfish Research**, v.17, p.1491-1496. Sheridan Press, 1998.
20. PÉREZ, O.M.; TELFER, T.C.; ROSS, L.G. Geographical information systems-based models for offshore floating marine fish cage aquaculture site selection in Tenerife, Canary Islands. **Aquaculture Research**, v.36, n.10, p.946-961, 2005.
21. RADIARTA, I.N.; SAITOH, S.I.; MIYAZONO, A. GIS-based multi-criteria evaluation models for identifying suitable sites for Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*) aquaculture in Funka Bay, southwestern Hokkaido, Japan. **Aquaculture**, v.284, n.1-4, p.127-135, 2008.
22. ROSS, L.G.; MENDOZA, E.A.; BEVERIDGE, M.C.M. The application of geographical information systems to site selection for coastal aquaculture: an example based on salmonid cage culture. **Aquaculture**, v.112, p.165-178, 1993.
23. SALAM, A.M.; ROSS, L.G. Optimizing sites selection for development of shrimp (*Penaeus monodon*) and mud crab (*Scylla serrata*) culture in Southwestern Bangladesh. **Aquaculture**, p.17. 2000.
24. SALAM, M.A.; ROSS, L.G.; BEVERIDGE, C.M. A comparison of development opportunities for crab and shrimp aquaculture in southwestern Bangladesh, using GIS modelling. **Aquaculture**, v.220, n.1-4, p.477-494, 2003.
25. SCOTT, P.C.; VIANNA, L.F. SIG: Determinação de áreas potenciais para a carcinicultura em Sistema de Informação Geográfica. **Panorama da Aquicultura**, v.11, n. 63, p.42-49. Rio de Janeiro, 2001.
26. SILVA, C.; FERREIRA, J.G.; BRICKER, S.B.; DELVALLS, T.A.; MARTÍN-DÍAZ, M.L.; YÁÑEZ, E. Site selection for shellfish aquaculture by means of GIS and farm-scale models, with an emphasis on data-poor environments. **Aquaculture**, v.318, n.3-4, p.444-457, 2011.
27. SIMMS, A. GIS and aquaculture: Assessment of soft-shell clam sites. **Journal of Coastal Conservation**, v.8, n.1, p.35-48, 2002.
28. VIANNA, L.F.N. ; SCOTT, P.C.; MATHIAS, M.A.C. Diagnóstico da cadeia aquícola para o desenvolvimento da atividade no estado do Rio de Janeiro. **Panorama da Aquicultura**, v.12, n.71, p.14-25, 2002
29. VIANNA, L.F.N., NOVAES, A.L.T. Geocodificação de unidades de mapeamento aquícola para um sistema de controle de produção e rastreabilidade em Santa Catarina, Brasil. **Geografia**, v.36, p.163-178. 2011.
30. VIANNA, L.F.N.; BONETTI, J.; POLETTE, M. (2012). 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 de Gestão Costeira Integrada**, v.12, n.3, p.357-372. Disponível em: <<http://doi.org/10.5894/rgci335>>.
31. WRIGHT, D.J.; BARTLETT, D.J. (Eds.). **Marine and coastal geographical information systems, research monographs in geographical information science**, Londres: Taylor and Francis. 320p., 2000. ■