

MODELAGEM HIDRODINÂMICA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO NA DISPERSÃO DE FEZES E PSEUDOFEZES DE MOLUSCOS MARINHOS EM ÁREAS DE CULTIVO

ELIZIANE SILVA¹; LUIS HAMILTON POSPISSIL GARBOSSA²; ALEX PIRES DE OLIVEIRA NUÑER³; KATT REGINA LAPA⁴

¹ Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (Engenheira de Aquicultura, aluna de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Admar Gonzaga, 1346 – Florianópolis – SC; elizianesilva90@gmail.com, +55 (48) 3334-6425)

² Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI (Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Pesquisador, Rod. Admar Gonzaga, 1347 – Florianópolis – SC; luisgarbossa@epagri.sc.gov.br, +55 (48) 3665-5162).

³ Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC (Doutor em Ecologia e Recursos Naturais, Professor Adjunto, Rod. Francisco Thomaz dos Santos, 3532 – Florianópolis – SC; alex.nuner@ufsc.br, +55 (48) 3721-5473/ 3721-4785).

⁴ Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC (Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Professora Adjunta, Rod. Admar Gonzaga, 1346 – Florianópolis – SC; katt.lapa@ufsc.br, +55 (48) 3721-5471/ 3721-5474).

RESUMO

O desenvolvimento da malacocultura no Estado de Santa Catarina iniciou na década de 1980 e segundo dados do Ministério da Pesca e Aquicultura de 2011, Santa Catarina possui a maior parte da produção de moluscos no Brasil. O cultivo suspenso de moluscos pode alterar os fluxos de energia e matéria orgânica onde está inserido devido a perda de carga causada pelas estruturas de cultivo e a dispersão e deposição de fezes e pseudofezes (biodepósitos) dos animais no leito. Com a expansão das áreas aquícolas, a disponibilidade de ferramentas para gestão das áreas são necessárias. Neste contexto, os modelos hidrodinâmicos podem ser utilizados para este fim. A modelagem hidrodinâmica permite calcular o movimento de partículas na coluna de água e assim serem usados para gestão e regularização ambiental das áreas de cultivo e ainda prever possíveis impactos ao ambiente. O objetivo deste estudo foi determinar a área de influência potencial devido a dispersão de fezes e pseudofezes e a localização de possíveis áreas de acúmulo de sólidos devido aos cultivos de moluscos nas baías Norte e Sul de Florianópolis - SC. A área de estudo é a baía da Ilha de Santa Catarina, dividida em baía Norte e Sul. Os resultados gerados pelo modelo apresentaram adequada representatividade das condições da área de estudo. Foram identificadas zonas com condições hidrodinâmicas que apresentam maior probabilidade de acúmulo de partículas e conseqüentemente mais susceptíveis a alteração das características ambientais. Por outro lado, foram identificados ambientes que apresentam condições hidrodinâmicas favoráveis a dispersão deste material, evitando que o mesmo acumule abaixo das zonas de cultivo. Estes resultados são a primeira etapa do desenvolvimento de estudos com ferramentas de TIC que poderão ser usadas para gerir de forma mais adequada os recursos hídricos objetos deste estudo.

Palavras-chave: modelagem hidrodinâmica; pseudofezes; malacocultura; biodeposição.

Tema: A utilização das TIC na gestão de recursos hídricos

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da malacocultura, cultivo de moluscos, no estado de Santa Catarina iniciou na década de 1980 em decorrência de um programa de pesquisa e extensão, com parceria entre a Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC e a Secretaria de Agricultura do Estado de Santa Catarina – atual EPAGRI (Magalhães e Ferreira, 2004). Atualmente, segundo dados do Ministério da Pesca e Aquicultura, Santa Catarina possui a maior parte da produção de moluscos no Brasil, sendo a produção baseada em três principais espécies: ostra do Pacífico (*Crassostrea gigas*), mexilhão (*Perna perna*) e vieira (*Nodipecten nodosus*) (MPA, 2011). O cultivo de moluscos em Santa Catarina, segundo dados da EPAGRI, proporcionou uma movimentação financeira estimada em R\$ 70.084.887,20 em 2014, com um aumento de 26,41% em relação ao ano de 2013 (EPAGRI, 2014).

Em termos de produtividade e ganhos econômicos, as atividades relacionadas à aquicultura, como o cultivo de moluscos, apresentam grande potencial de crescimento, tendo em vista que a produção pesqueira, sozinha, já não supre a demanda por pescados, e a aquicultura representa cerca de 42% da produção pesqueira mundial (Figura 1). De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura – FAO (2014), a previsão é que a produção em 2030 alcance 101,2 milhões de toneladas, sendo que a malacocultura deve crescer 10%.



Figura 1. Produção mundial de pescados até 2012. Fonte: Adaptado de FAO (2014).

Apesar do incremento econômico que a malacocultura gera, traz consigo também impactos ambientais nas regiões onde se desenvolve (D'Aquino *et al.*, 2006). O cultivo de moluscos no estado de Santa Catarina provocou mudanças na paisagem geográfica, pois incorporou objetos e elementos que não existiam anteriormente no ambiente marítimo (Guzenski, 2014). Além destas mudanças, outros importantes aspectos quanto à malacocultura devem ser levados em consideração: o enriquecimento local de nutrientes, a dispersão e deposição de resíduos orgânicos ao ambiente, e ainda a produção de grande volume de conchas sem destino (Tristão *et al.*, 2011).

A alimentação da maioria dos moluscos aquáticos, principalmente os bivalves, grupo mais explorado, cultivado e consumido no Brasil, se dá através de filtração da água, pela ação das células branquiais (Magalhães e Ferreira, 2004). Desta forma, para o cultivo não é

necessário o uso de rações. No entanto, através da água, estes animais podem filtrar partículas orgânicas e inorgânicas presentes no meio, mas selecionam somente aquelas que desejam para a alimentação. Neste processo, partículas ingeridas e que passam pelo trato digestivo são eliminadas na forma de fezes; enquanto que partículas rejeitadas são associadas ao muco proteico e eliminadas na forma de pseudofezes (Magalhães e Ferreira, 2004).

O cultivo suspenso de moluscos altera os fluxos de energia e matéria orgânica onde está inserido devido, principalmente, a dispersão e deposição de fezes e pseudofezes dos animais no leito, também conhecidos como biodepósitos (Weise *et al.*, 2009). Quantidades significativas de fezes e pseudofezes podem gerar alterações nas características do sedimento e da comunidade bentônica local (CSAS, 2006). Weise *et al.* (2009) afirmam que o aumento de biodepósitos pode levar a geração de impactos ambientais negativos, podendo variar entre baixo, médio ou grande grau de impacto ao ambiente.

Os órgãos ambientais são responsáveis pela regulação e fiscalização de atividades que possam ter efeitos deletérios sobre o meio ambiente, como por exemplo, a indústria aquícola. Estes órgãos são responsáveis pelo desenvolvimento de políticas e estratégias de gestão a fim de garantir o desenvolvimento sustentável da atividade (Chamberlain e Stucchi, 2007). Em países como Canadá, Chile, Escócia e Noruega, a gestão e monitoramento de impactos ao meio ambiente é elemento central para a regulamentação da atividade aquícola (Chamberlain e Stucchi, 2007). No mundo, há fortes pressões sociais, econômicas e regulatórias para reduzir a liberação de nutrientes advindos de atividades aquícolas nos locais onde estão inseridas (Huggins *et al.*, 2004).

A fim de gerenciar tais pressões e propor melhores formas de gestão do uso das águas, faz-se necessário o desenvolvimento e uso de ferramentas computacionais que poderão auxiliar na gestão dos recursos hídricos, entendendo melhor a dinâmica dos corpos d'água de interesse.

Navas *et al.* (2011) relataram que as condições hidrodinâmicas apresentam grande influência nos processos físicos e biológicos em ambientes marinhos, incluindo o transporte e assentamento de larvas de moluscos e parasitos de peixes, concentração de partículas em suspensão, suprimento de oxigênio, além do transporte e acúmulo de resíduos solúveis e partículas liberadas pelos organismos cultivados, os quais influenciam o comportamento de peixes e seu crescimento e conseqüentemente a qualidade da carne de moluscos e peixes cultivados.

A utilização de modelos com foco na dinâmica e movimentação de partículas na água, principalmente relacionados ao controle e dispersão de patógenos, previsão de cenários de impactos em estuários e ambientes costeiros, e ainda descarga de nutrientes nestes ambientes tem se desenvolvido em muitas partes da Europa e do mundo (Henderson *et al.*, 2001). Segundo Navas *et al.* (2011), a gestão eficaz requer ferramentas de previsão para modelar os potenciais impactos e identificar os riscos de desenvolvimento da aquicultura, a fim de minimizar os impactos da atividade e adotar melhores práticas de manejo para o desenvolvimento sustentável. De acordo com o mesmo autor, a utilização de modelos hidrodinâmicos na regulação e planejamento da aquicultura foi incentivado por Henderson *et al.* (2001).

Modelos hidrodinâmicos podem ser utilizados para prever o movimento de partículas na coluna de água, resultando na seleção mais adequada da área de cultivo (Navas *et al.*, 2011), na gestão e regularização ambiental, e ainda prever possíveis impactos ao ambiente.

São ferramentas que permitem integrar informações diversas, interpolar informações onde não há medições, propiciar o entendimento de processos e prever situações ambientais através da criação de cenários. Estes estudos são de fundamental importância em projetos e na gestão de corpos de água (Rocha, 2007).

Conforme afirmado por Henderson *et al.* (2001), apesar de modelos hidrodinâmicos serem bastante complexos e apresentarem limitações, eles oferecem recursos importantes para a previsão de potenciais impactos ambientais. A utilização de modelos hidrodinâmicos na aquicultura tem sido concentrada na dispersão de poluentes advindos do cultivo de peixes em águas marinhas (CSAS, 2006).

Fezes e pseudofezes de moluscos tem sido alvo de diversas discussões no estado de Santa Catarina. De um lado encontram-se os produtores e de outro os moradores próximos as regiões de cultivo. Tendo em vista os poucos estudos desenvolvidos nesta área, justifica-se esta pesquisa de forma a fornecer subsídios para embasar a tomada de decisão para gestão dos recursos hídricos e minimizar conflitos entre produtores e a população local, avaliando os riscos potenciais de impacto relacionado à produção de fezes e pseudofezes de moluscos marinhos cultivados nas baías Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi identificar a área de influência da dispersão de fezes e pseudofezes e a localização de possíveis áreas de acúmulo de sólidos devido aos cultivos de moluscos nas baías Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina com o uso de modelagem hidrodinâmica de base física.

3. METODOLOGIA

A área de estudo compreende a baía da Ilha de Santa Catarina, dividida em baía Norte e Sul (Figura 2) localizada no Estado de Santa Catarina, região Sul do Brasil. O local foi escolhido por ser a região com a maior produção de moluscos marinhos no Brasil.

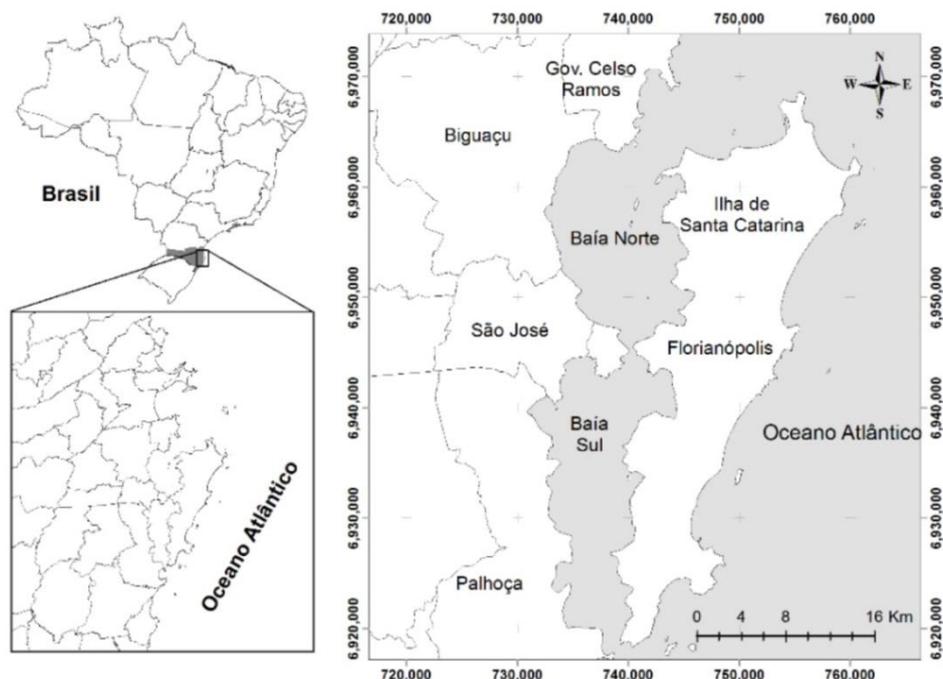


Figura 2. Baías Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina, Brasil. Fonte: autor.

Para a modelagem numérica foi utilizado um modelo hidrodinâmico (MOHID), o qual permite modelar os principais processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no meio aquático. O MOHID foi desenvolvido pelo MARETEC (*Marine and Environmental Technology Research Center*), situado no Instituto Superior Técnico, vinculado à Universidade de Lisboa, em Portugal. O MOHID é livre e pode ser obtido gratuitamente no site do modelo. Para o desenvolvimento da modelagem, foi utilizado o módulo hidrodinâmico tridimensional que utiliza como hipóteses básicas as aproximações hidrostáticas de Boussineq. A discretização espacial é efetuada com base numa coordenada genérica vertical e em uma malha descentrada na horizontal. Além das equações de momento e de conservação da massa, o modelo inclui duas equações de estado para a simulação dos efeitos baroclínicos. Neste trabalho foi usado ainda o módulo lagrangiano, o qual usa o conceito de traçadores lagrangianos, possibilitando rastrear a posição de uma partícula. Para este estudo o traçador é um grupo de partículas.

O modelo foi implementado com base em dados batimétricos, séries temporais de maré e dados meteorológicos. Os dados de entrada do modelo foram medidos a campo através de estações maregráficas e meteorológicas.

A batimetria foi obtida a partir de Cartas Náutica da Marinha do Brasil, números 1904 e 1902 dos anos 1977 e 2003 (<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-cartas-nauticas/cartas.html>). A partir dos dados de batimetria foi construída uma malha retangular com células de 90 x 90 m de comprimento para representar o domínio a ser modelado. Duas séries temporais com dados de maré medidos à campo, através de maregrafos, foram utilizadas para forçar o modelo.

Os dados de produção de fezes e pseudofezes de moluscos foram obtidos da literatura, através de estudos realizados em diversas regiões do mundo com ênfase para

estudos realizados na baía Sul da Ilha de Santa Catarina, mais representativos do ambiente estudado. Com a finalidade de simular o comportamento das partículas de fezes e pseudofezes de moluscos, foi adicionado o módulo Lagrangiano, que permite realizar o rastreamento das partículas, através de traçadores de Lagrange, os quais permitem avaliar a pluma de partículas no espaço e no tempo, regidos pelas marés e circulação local (Sampaio, 2010). O modelo foi utilizado no módulo 3D, de forma que a coluna d'água foi dividida em três camadas. A liberação de partículas se deu na segunda camada devido ao fato de que os cultivos ocupam principalmente a primeira camada. As velocidades foram utilizadas com base na literatura. Chamberlain (2002) mensurou a velocidade de sedimentação de fezes e pseudofezes para *Mytilus edulis*, para fezes encontrou uma velocidade de sedimentação igual a $0,5 \text{ cm.s}^{-1}$, enquanto para pseudofezes a velocidade foi de $1,0 \text{ cm.s}^{-1}$. Como trabalhamos com fezes e pseudofezes juntamente neste trabalho, definiu-se uma média entre as duas velocidades, portanto, utilizamos $0,75 \text{ cm.s}^{-1}$ como a velocidade de sedimentação das partículas de fezes e pseudofezes.

A partir da parametrização do modelo hidrodinâmico foi possível gerar simulações e avaliar a área de influência de fezes e pseudofezes de moluscos marinhos devido a dispersão, assim como identificar áreas mais propícias à biodeposição destes compostos. O modelo foi parametrizado para simular as condições hidrodinâmicas das baías da Ilha de Santa Catarina durante períodos que podem apresentar forte influência sobre a dispersão ou acumulação de fezes e pseudofezes de moluscos no ambiente, sendo assim, o tempo de simulação do modelo foi de uma semana.

4. RESULTADOS

Em geral, os resultados gerados pelo modelo hidrodinâmico apresentaram adequada representatividade das condições da área de estudo, como descrito por Garbossa *et al.* (2014), o que foi observado através da comparação entre dados mensurados em campo e dados extraídos do modelo após a geração de simulações. Na Figura 3, é possível observar as áreas de cultivo de moluscos, em preto, nas baías Norte e Sul de Florianópolis.

Foi possível identificar, nas simulações, as zonas com condições hidrodinâmicas que apresentam maior probabilidade de acúmulo de sedimentos e conseqüentemente mais susceptíveis a alteração das características do material no leito da baía, como pode ser observado na Figura 4. Por outro lado, foram identificados ambientes que apresentam condições hidrodinâmicas favoráveis a dispersão deste material, evitando que o mesmo acumule logo abaixo das zonas de cultivo, Figura 5.

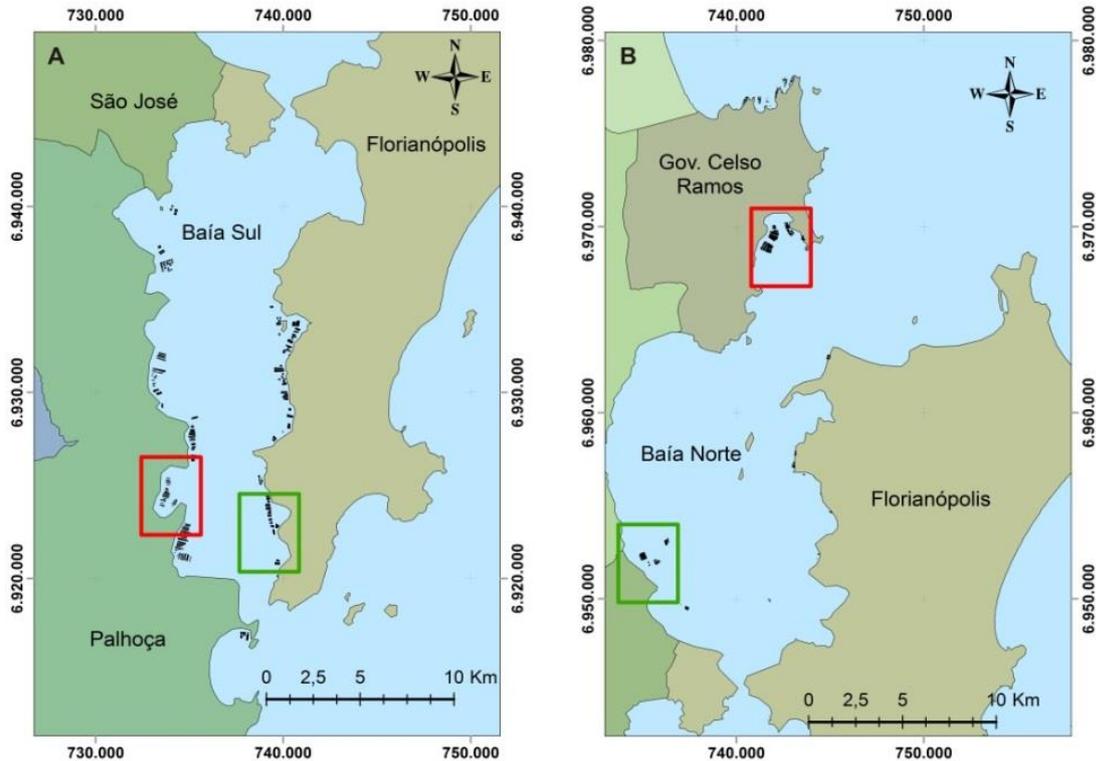


Figura 3. Imagens das áreas de cultivo de moluscos (preto) nas baías Sul (A) e Norte (B) de Florianópolis. Legenda: Vermelho apresenta exemplo de áreas mais propícias à acumulação de partículas e verde exemplo de áreas em que ocorre a dispersão de partículas dos cultivos. Fonte: autor.

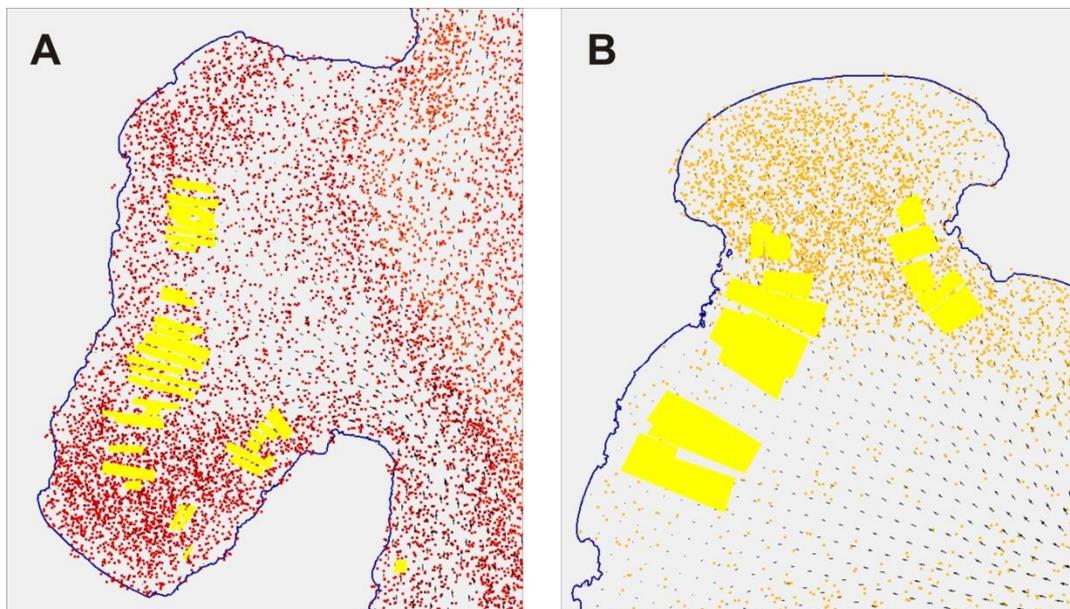


Figura 4. Exemplo de áreas mais propícias à acumulação de sólidos: A – Área selecionada na baía Sul; B – Área selecionada na baía Norte. Em amarelo estão destacas as áreas ocupadas pelos cultivos; em vermelho e laranja estão representadas partículas lagrangianas de fezes e pseudofezes liberadas pelo cultivo de moluscos. Fonte: autor.

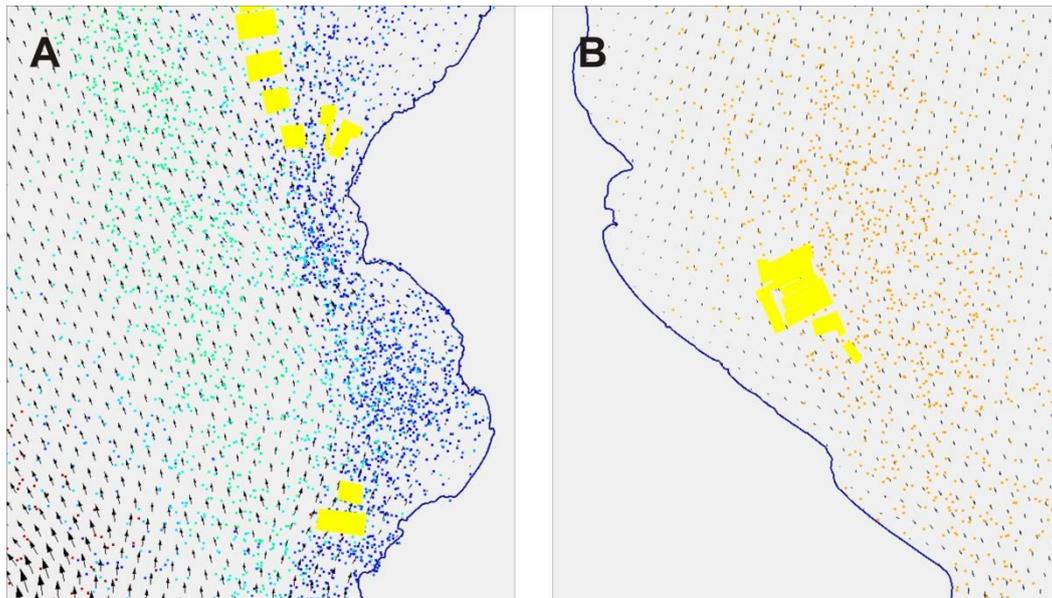


Figura 5. Exemplo de áreas favoráveis à dispersão de sólidos: A – Área selecionada na baía Sul; B – Área selecionada na baía Norte. Em amarelo estão representas as áreas de cultivo, em laranja, azul escuro, azul claro e laranja estão as partículas lagrangianas de fezes e pseudofezes liberadas pelo cultivo de moluscos. Fonte: autor.

5. DISCUSSÃO

De acordo com Navas *et al.* (2011), condições hidrográficas, particularmente, a velocidade das correntes tem forte influência sobre a matéria orgânica advinda dos cultivos de moluscos. É possível observar a distribuição das partículas devido à hidrodinâmica do ambiente. Isto foi evidenciado neste trabalho, de forma que zonas que apresentaram velocidades mais altas de corrente nas baías se mostraram mais favoráveis à dispersão de sólidos advindos dos cultivos. Em contraste, zonas com baixas velocidades de corrente se mostraram mais susceptíveis à acumulação de sólidos.

CSAS (2006) afirmaram que as características e a dispersão de fezes e pseudofezes de moluscos cultivados foram importantes na determinação do destino final deste material e subsequente impacto sobre a fauna e flora do ambiente. Neste trabalho foi possível observar locais mais propícios à acumulação de partículas de moluscos, é com base neste aspecto que será possível quantificar e qualificar os possíveis impactos relacionados ao ambiente.

Além dos aspectos citados anteriormente, é importante ressaltar que o efeito das estruturas de cultivo aumenta a variação nas distribuições das velocidades de maré na direção vertical, como discutido por Wu *et al.* (2014) em estudo relacionado ao cultivo de peixes em gaiolas, no sudoeste do Canadá. Wu *et al.* (2014) relatam que a velocidade das correntes na camada da superfície foi de duas a três vezes menor que com a presença das gaiolas de cultivo quando comparado à ausência destas, e explicam que este fato se deve ao atrito com as estruturas de cultivo, consumindo energia cinética da água, e assim diminui a velocidade das correntes.

Weise *et al.* (2009) afirmam que o aumento de biodepósitos pode levar a geração de impactos ambientais negativos. Os impactos ambientais relacionados ao cultivo de

moluscos podem causar impactos significativos ao ambiente, alterando principalmente a fauna local, mas também ocasionarem problemas relacionados à capacidade de carga do ambiente, provocando uma limitação na quantidade de animais cultivados posteriormente, ou até mesmo extinguindo esta atividade.

Em termos hidrodinâmicos, o modelo foi validado, ou seja, dados de campo foram comparados com dados do modelo, e mostraram representar bem as condições hidrodinâmicas das baías de Florianópolis (Garbossa *et al.*, 2014). No entanto, para a avaliação mais realista do destino de fezes e pseudofezes é necessário implementar o módulo de interação entre as partículas e o sedimento.

Estudos relacionados à medição de parâmetros do sedimento de fundo das baías relatam sobre o assunto, estes resultados serão cruzados com as saídas do modelo hidrodinâmico. Modelos numéricos têm sido utilizados, principalmente, no continente europeu por órgãos ambientais a fim de prever e minimizar os impactos ambientais gerados pela aquicultura, seja em ambiente marítimo ou dulcícola. Contudo, no Brasil, estes estudos ainda são bastante escassos, principalmente em ambiente marinho. Mais estudos devem ser realizados a fim de determinar os possíveis impactos causados pela bioacumulação destes sólidos, auxiliando na gestão e regularização da atividade aquícola.

6. CONCLUSÕES

Neste estudo foi possível identificar zonas propícias à acumulação de fezes e pseudofezes de moluscos advindas dos cultivos. O modelo hidrodinâmico proposto, MOHID, representou de forma adequada as condições hidrodinâmicas das baías Norte e Sul de Florianópolis. Este trabalho demonstrou a importância da utilização modelagem hidrodinâmica de base física como forma de avaliar e monitorar a possível geração de impactos ambientais negativos ao ambiente, em decorrência de atividades aquícolas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chamberlain, J. (2002). *Modelling the Environmental Impacts of Suspended Mussel (Mytilus edulis L.) Farming*. Doctor thesis of Philosophy. Napier University, Edinburgh.

Chamberlain J., Stucchi D. (2007). Simulating the effects of parameter uncertainty on waste model predictions of marine finfish aquaculture. *Aquaculture* 272, 296-311.

CSAS – Canadian Science Advisory Secretariat (2006). *Modeling approaches to assess the potential effects of shellfish aquaculture on the marine environment*. http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/Csas/DocREC/2006/RES2006_032_e.pdf (acesso em 11 de Novembro de 2014).

D'Aquino C. A., Schettini C. A. F., Carvalho, C. E. V. de. (2006). Dinâmica de sedimentos finos em zonas de cultivo de moluscos marinhos. *Atlântica* 28(2), 103-116.

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (2014). *Síntese Informativa da Maricultura 2014*. http://www.epagri.sc.gov.br/wp-content/uploads/2013/08/Sintese_informativa_da_maricultura_2014.pdf (acesso em 8 de Agosto de 2015).

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2014). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. <http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf> (acesso em 8 de Agosto de 2015).

Garbossa L. H. P. , Vanz A., Fernandes L. D. F., Souza R. V., Vianna L. F. (2014). Modelling And Validation Of The Santa Catarina Island Bays Hydrodynamics Based On Astronomic Tides And Measures Tides. In *11th International Conference on Hydroinformatics*. New York.

Guzenski, J. (2014). *Avaliação das condições ambientais e do desempenho produtivo do cultivo de mexilhões e ostras no estado de Santa Catarina*. Dissertação de Mestrado em Geografia. Programa de Pós Graduação em Geografia, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

Henderson A., Gamito S., Karakassis I., Pederson P., Smaal A. (2001). Use of hydrodynamic and benthic models for managing environmental impacts of marine aquaculture. *Journal Applied Ichthyology* 17, 163-172.

Huggins D. L., Piedrahita R. H., Rumsey T. (2004). Analysis of sediment transport modeling using computational fluid dynamics (CFD) for aquaculture raceways. *Aquacultural engineering* 31, 277-293.

Magalhães A. R. M., Ferreira J. (2004). Cultivo de mexilhões. In *Aquicultura: Experiências Brasileiras*. Ed. Multitarefa. Florianópolis.

MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura (2011). *Estatística da Pesca e Aquicultura 2011*. <http://www.mpa.gov.br/index.php/monitoramento-e-controle/informacoes-e-estatisticas> (acesso em 20 de Outubro de 2014).

Navas J.M, Telfer T.C., Ross L.G. (2011). Application of 3D hydrodynamic and particle tracking models for better environmental management of finfish culture. *Continental Shelf Research* 31(6), 675-684.

Rocha C. B. M. da R. (2007). *Implementação e uso do modelo MIKE 21 na análise de cenários hidrodinâmicos na Lagoa da Conceição – SC*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária. Programa de Pós Graduação em Engenharia Sanitária, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

Sampaio, A. F. P. (2010). *Avaliação da correlação entre parâmetros de qualidade de água e socioeconômicos no complexo estuarino de Santos – São Vicente, através de modelagem numérica ambiental*. Dissertação de Mestrado em Ciência Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

Tristão F. A., Morales B. R. S. C., Rembiski F. D. (2011). Levantamento das potencialidades dos resíduos de conchas de ostra e de mexilhão para fabricação de materiais de construção no Espírito Santo. In *3º Seminário da região sudeste sobre resíduos sólidos e IX Seminário estadual sobre saneamento e meio ambiente*. Espírito Santo.

Weise A. M., Cromey C. J., Callier M. D., Archambault P., Chamberlain J., McKindsey C. W. (2009). Shellfish-DEPOMOD: Modelling the biodeposition from suspended shellfish aquaculture and assessing benthic effects. *Aquaculture* 288, 239-253.

Wu Y., Chaffey J., Law B., Greenberg D. A., Drozdowski A., Page F., Haigh S. (2014). A three-dimensional hydrodynamic model for aquaculture: a case study in the Bay of Fundy. *Aquaculture Environment Interactions* 5, 235-248.