

## USO DE MODELAGEM HIDRODINÂMICA COMO FERRAMENTA NO SUPORTE A DEFINIÇÃO DE LOCAIS DE PARQUES AQUÍCOLAS EM RESERVATÓRIOS

Marcus Vinícius ESTIGONI<sup>1</sup> e Frederico Fábio MAUAD<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Núcleo de Hidrometria, Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Av. Trabalhador São Carlense, 400 – São Carlos – SP - CEP: 13566-590

**Palavras-chave:** Modelagem Hidrodinâmica; qualidade da água; reservatórios; aquicultura.

### INTRODUÇÃO

Há mais de 4500 anos, o homem constrói barragens para represamento de água, com a função básica de armazenar o excedente de água da época de cheia, de modo que este possa ser utilizado na época de seca. Apesar de sua função básica ser a mesma, os usos dos reservatórios mudaram muito com o passar dos anos: hoje, servem como manancial para abastecimento público, irrigação, geração hidrelétrica, lazer, aquicultura, dentre outros. Pode-se destacar o grande crescimento da atividade aquícola em águas continentais nos últimos anos, de 179.746 t em 2005 a 394.340 t em 2010 (IBAMA/MMA, 2007; MPA, 2012).

A qualidade de água é um parâmetro fundamental na aquicultura, sendo, o entendimento da dinâmica de dispersão de material dissolvido/suspensão, fundamental na definição de locais de parques aquícolas em reservatórios. Neste contexto, o presente trabalho apresenta o potencial uso de modelos hidrodinâmicos na escolha de locais de implementação de empreendimentos aquícolas, sendo apontados os principais conceitos relacionados à modelagem hidrodinâmica e suas potenciais aplicações no desenvolvimento da aquicultura.

### MODELAGEM HIDRODINÂMICA

A modelagem hidrodinâmica tem diversas aplicações nas áreas da engenharia ambiental e de recursos hídricos, principalmente no que tange à qualidade de água e transporte de sedimentos. Consiste em traduzir por meio de equações matemáticas o comportamento do escoamento de um fluido em um domínio computacional que representa a área em estudo, no caso, um reservatório.

Considerando a presença de material dissolvido ou em suspensão na água, pode-se afirmar que tais modelos representarão o transporte destes materiais em função das características hidrodinâmicas, retratando seus processos de advecção, convecção e

dispersão. Estes modelos analisam a variação do escoamento (i.e., velocidade, nível de água) e concentração de escalares (i.e., nutrientes e temperatura) no espaço e no tempo em função de suas forçantes. Destacam-se os modelos: SisBaHiA (COPPE-UFRJ), Tuflow FV (BMT WBM), DELFT 3D (DELTARES), CE-QUAL-W2 (USACE), dentre outros.

São capazes de simular diferentes condições do meio, considerando variações das regras operacionais do reservatório, do regime de cheias, ventos etc., e seus efeitos na concentração dos compostos presentes na água, fornecendo dados contínuos ao longo do tempo. Modelos 2D informam sobre a distribuição da concentração média de materiais na coluna d'água ao longo de toda a superfície do reservatório, como apresentado em KISHI *et al.* (2005). Já, modelos 3D têm a potencialidade de fornecer a concentração, considerando sua variação de acordo com a profundidade. BOTELHO e IMBERGER (2007) utilizaram modelagem 3D para análise de oxigênio dissolvido na coluna d'água em reservatório estratificado.

Apesar de a modelagem 3D ser a que melhor atende à necessidade de dados para determinação de locais de parques aquícolas, a utilização de modelos mais simples é justificada devido à dificuldade de obtenção de dados de campo para calibração. Quanto mais simples o modelo, mais simples será o processo de calibração e validação, sendo este processo fundamental para a qualidade dos resultados (VIOLEAU *et al.*, 2002).

A principal vantagem do uso de modelos hidrodinâmicos em substituição à amostragem pontual convencional, está no fato de considerar a dinâmica do escoamento da água e a capacidade de dispersão de material dissolvido/suspensão. HENRY (1992) cita o trabalho de STEVENS e SMITH (1978), afirmando que a dinâmica do escoamento da água pode ser considerada mais importante que a própria concentração em estudos desta natureza.

## POTENCIALIDADES DA MODELAGEM HIDRODINÂMICA NA AQUICULTURA

Como resultado de uma modelagem hidrodinâmica de transporte de material dissolvido/suspensão tem-se uma série de mapas da concentração do material variando ao longo do tempo. Considerando a situação mais crítica apresentada, deve-se verificar quais locais apresentam as concentrações adequadas.

Para os locais pré-selecionados deve-se prever a adição de nutrientes e compostos intrínsecos à atividade de aquicultura (i.e., fósforo e nitrogênio) em função da produção desejada e, por meio de uma nova simulação, prever qual será a alteração da qualidade da água, bem como qual é o limite da área de influência do empreendimento. Esta simulação deve ser feita para diferentes capacidades de produção, avaliando assim qual o potencial de

exploração do local selecionado. Sendo os resultados destas simulações condizentes com a Resolução CONAMA 357/2005, o local pode ser considerado apto.

Deste modo, a modelagem hidrodinâmica não só se mostra como ferramenta para auxílio na definição de locais, como também para análise da capacidade de produção que um empreendimento pode ter, respeitando padrões de qualidade e a capacidade suporte do meio. Deve-se ressaltar que tanto o IBAMA quanto a ANA já utilizam a modelagem para outras finalidades, como o licenciamento de hidrelétricas.

## CONCLUSÕES

Acredita-se que a utilização de modelos hidrodinâmicos deverá ser capaz de proporcionar a otimização da definição de locais de parques aquícolas, bem como de avaliar seu impacto no reservatório antes de sua criação. Seus resultados também possibilitam a análise potencial de produção para uma dada localidade em função da alteração da qualidade da água, podendo auxiliar na análise de viabilidade econômica do empreendimento.

## REFERÊNCIAS

- BOTELHO, D.A. e IMBERGER, J. 2007 Dissolved oxygen response to wind-inflow interactions in a stratified reservoir. *Limnology and Oceanography*, 52(5): 2027-2052.
- HENRY, R.A. 1992 A exportação de nutrientes e material em suspensão em alguns cursos de água na bacia do Alto Paranapanema (Estado de São Paulo), *Acta Limnol.*: 67-79.
- IBAMA/MMA 2007 *Boletim de estatística da pesca no Brasil no ano de 2005: grandes regiões e unidades das federações*. IBAMA/MMA. Brasília (DF).
- KISHI, R.T.; GOMES DA SILVA, H.L.; RIBEIRO, L.H.L. 2005 *Modelagem bidimensional da qualidade da água do reservatório de Fiú, 23<sup>o</sup> CBESA, Campo Grande - MS*.
- MPA 2012 *Boletim estatístico da Pesca e Aquicultura - Brasil 2010*. MPA. Brasília (DF).
- STEVENS, R.J. e SMITH, R.V. 1978 A Comparison of discrete and intensive sampling for measuring the loads of nitrogen and phosphorus in River Main, Country Antrim. *Water Res.*: 823-830.
- VIOLEAU, D.; BOURBAN, S.; CHEVIET, C. *et al.* 2002 Numerical simulation of cohesive sediment transport: intercomparison of several numerical models. In: Winterwerp, J.C. *et al. Fine sediment dynamics in the marine environment. Proc. in Mar Science*, 5: 75-89.