

# MODELAGEM CFD DA INTERAÇÃO ENTRE HIDRODINÂMICA COSTEIRA E QUEBRA - MARES SUBMERSOS PROPOSTOS PARA SANTOS (SP)

Palavras-Chave: PROJETO PILOTO, QUEBRA-MAR SUBMERSO, MODELAGEM CFD

Autores(as):

PEDRO MOMI DE MORAES, DRH – FECFAU

Prof. Dr. TIAGO ZENKER GIRELI (orientador), DRH – FECFAU

---

## INTRODUÇÃO:

O município de Santos contém um dos pontos mais importantes para o comércio do estado de São Paulo e do Brasil; o Porto de Santos e toda a sua logística foram, e são, responsáveis por muito do crescimento e identidade da cidade. Evidentemente, o tamanho e relevância de sua estrutura exigem que ele esteja cada vez mais a par das tendências hidrovíarias contemporâneas, o que faz com que, pelo tamanho estreito de seu canal de acesso, muito se invista para o alargamento dele, visando que navios maiores possam passar pelo canal.

O processo realizado para manter o tamanho do canal é chamado de dragagem, que consiste na retirada de sedimentos do fundo do mar para lançamento em alguma outra região próxima do oceano que não atrapalhe a passagem de barco e nem mesmo a paisagem. Acontece que, esses métodos, como toda outra ação humana, causa um distúrbio no equilíbrio do transporte de sedimentos (DIAS,1993), que acarreta problema para a praia.

Somado a isso, há diversos outros fatores que afetam essa hidrodinâmica; enquanto alguns fatores de origem natural, tal como aumento do nível do mar e correntes (ÂNGULO, 2014), outros são também antropológicos, como as obras excêntricas de esgoto e drenagem. Esse desequilíbrio acaba causando uma erosão na costa e diminuição na faixa de areia (ÂNGULO, 2004) - principalmente na região próxima ao porto.

Considerando a importância dessa faixa de areia, seja para as fortes atividades turísticas da região ou para a proteção contra ressacas marítimas (Que ocorreram em intensidade cada vez maior nos últimos anos, como relatado por Venancio (2018)), a prefeitura decidiu investir em obras de quebra-mar mais sofisticadas que as que já existiam lá.

Sendo assim, houve, há cerca de 7 anos, um projeto elaborado por doutores da UNICAMP – mais especificamente Gireli e Garcia (2017) - para estruturação de um quebra-mar submerso que auxiliaria na redução de força das ondas e na “retenção” de sedimentos para gradual retorno da faixa de areia. Este projeto foi implementado, monitorado e tem mostrado resultados constantemente

promissores! Por ser algo experimental e um tanto quanto inovador no mundo da engenharia (principalmente no cenário brasileiro), foi denominado de “Projeto Piloto”.

O rendimento desse experimento fomentou a hipótese da viabilidade de um modelo de expansão de tal projeto para outras áreas erodidas da cidade. Visando isso, foram realizadas alguns trabalhos e artigos que iriam estudar, modelar e simular uma obra de expansão a tal projeto.

Uma delas foi realizada por Scheltinga (2021), sob orientação dos doutores responsáveis pelo projeto piloto. A obra que ela propôs se estenderia entre os Canais 5 e 6 e poderia estar emersa ou submersa, e ser acompanhada, ou não, de uma alimentação artificial. As simulações computacionais para esse projeto foram feitas no software Mike 21, que, a partir de um cenário definido, reproduz ondas e, conforme elas passam pelo terreno e são analisadas a cada intervalo de tempo, permite vermos o como essas ondas foram afetadas pelos cenários da praia com obras implementadas. Essas simulações apresentaram bons resultados.

Porém, como já foi indicado por Li e Zhang (2019), o tipo de programa usado pela aluna, por fazer uma abordagem de observação e análise “bidimensional”, se baseia em processos com baixa resolução e não totalmente coerentes com os fenômenos hidrológicos efetivos – principalmente considerando a interferência que as obras causam entre si -; causando, assim, uma certa incerteza sobre a viabilidade do projeto e uma curiosidade sobre uma possível comparação entre simulações realizadas do mesmo cenário e condições em softwares de abordagens diferentes.

## **OBJETIVOS:**

O que este projeto visa é tentar analisar simulações paralelas a essas já estudadas, através da modelagem do mesmo projeto de expansão, em um software de análise tridimensional. Denominamos como “CFD” - “Computational Fluid Dynamics” o método de simulação usado para essa dimensão de observação e o programa a ser utilizado será o FLOW-3D®, que possui configuração mais compatível com a propagação real das ondas. Esse software já foi usado para modelagem e simulações nos estudos do atual Projeto Piloto (TOGNATO ,2020).

## **METODOLOGIA:**

Este trabalho usará como base o tanque de ondas numérico em modelo CFD desenvolvido por de Tognato (2020) empregando o software Flow3D. O modelo existente terá a batimetria atualizada e ampliada de modo a abarcar o trecho entre os canais 5 e 6 de Santos, além de ter introduzidas, as propostas de Scheltinga (2021) de quebra-mares submersos para este mesmo trecho. As formantes a serem aplicadas às bordas do modelo (correntes e ondas) serão extraídas do modelo bidimensional desenvolvido por Venâncio (2022) pela coleta de dados de entrada em um ponto estrategicamente

escolhido junto à borda de entrada de ondas, uma vez que o custo computacional torna impeditiva a modelagem em CFD de toda a baía de Santos.

Com esses dados, serão realizadas conversões de dados de altura e rumo em “espectro de ondas” para se compatibilizarem com os dados de entrada do Flow3D.

Após realizadas as simulações no modelo proposto, as alterações na hidrodinâmica do entorno das obras propostas serão comparadas com as obtidas por Venâncio (2022), com base na modelagem bidimensional. Serão escolhidos pontos estratégicos próximos às regiões que ficam entre as estruturas, de forma que possamos assumir um comportamento espelhados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Espera-se que, ao final do projeto, se possa ter uma ampliação do modelo CFD desenvolvido por Tognato (2020), bem como uma análise mais acurada das alterações hidrodinâmicas decorrentes da implantação das propostas de quebra-mares submerso de Scheltinga (2021), permitindo, no futuro, a proposição de soluções mais eficientes para o problema de erosão costeira existente na região.

## BIBLIOGRAFIA

ÂNGULO, R. J. *Aspectos físicos das dinâmicas de ambientes costeiros, seus usos e conflitos. Desenvolvimento e Meio Ambiente*, Editora UFPR, n. 10, p. 175-185, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v10i0.3107>. Acesso em: 12 mai. 2023.

DIAS, J. M. A. (1993) *Estudo de Avaliação da Situação Ambiental e Proposta de Medidas de Salvaguarda para a Faixa Costeira Portuguesa* (Geologia Costeira), Universidade do Algarve.

LI, X. and ZHANG, W. (2019). “3D numerical simulation of wave transmission for low-crested and submerged breakwaters”. *Coastal Engineering*, v. 152, p. 103517.

TOGNATO, A. H. *Modelagem CFD da interação entre hidrodinâmica costeira e quebra-mar submerso: estudo de caso da Ponta da Praia em Santos, SP*. 2020. 1 recurso online (115 p.) Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1638695>. Acesso em: 15 mai. 2023.

VENANCIO, K. K.. *Resposta de modelos numéricos costeiros a variações batimétricas provenientes do monitoramento de obra-piloto submersa*. 2022. 1 recurso online (181 p.) Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/6266> . Acesso em: 15 mai. 2023.

VENANCIO, K. K., Garcia, P. D., Gireli, T. Z. & Corrêa, T. B., 2020. *Hydrodynamic modeling with scenario approach in the evaluation of dredging impacts on coastal erosion in Santos (Brazil)*.

Ocean and Coastal Management. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105227>.

Acesso em: 12 mai. 2023.

VENANCIO, K. K. et al. ***Evolução hidromorfodinâmica da região da Ponta da Praia em Santos-SP, no período entre 2009 e 2017.*** 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2018.995443>. Acesso em: 12 mai. 2023.

VENANCIO, K. K.; GIRELI, T. Z.; GARCIA, P. D. ***Evolução da linha de costa na região da Ponta da Praia em Santos - SP.*** In: XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2017, Florianópolis. Florianópolis: ABRH, nov. 2017.