

PROJETO PILOTO PARA MONITORAMENTO E CONTENÇÃO DA EROSÃO DA PONTA DA PRAIA – SANTOS (SP)

Patrícia Dalsoglio Garcia, Tiago Zenker Gireli e Kelly Kawai Venancio

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Brasil.

E-mail: dgpatricia@fec.unicamp.br, zenker@fec.unicamp.br, kellkawai.v@gmail.com

Introdução

O município de Santos está localizado no litoral sul do estado de São Paulo, sendo sua décima maior cidade, a 72 quilômetros da capital paulista. Possui 419.400 habitantes, segundo dados do Censo 2010 do IBGE. Atualmente, o Porto de Santos é o maior da América Latina, com seus 13 quilômetros de extensão. A atividade portuária faz com que a cidade seja, economicamente, a mais importante da Região Metropolitana da Baixada Santista. Além disso, tem como atrativo seus sete quilômetros de praia, que se estendem da Ponta da Praia ao Emissário Submarino. Na Figura 1 é apresentada a localização da região de estudo.

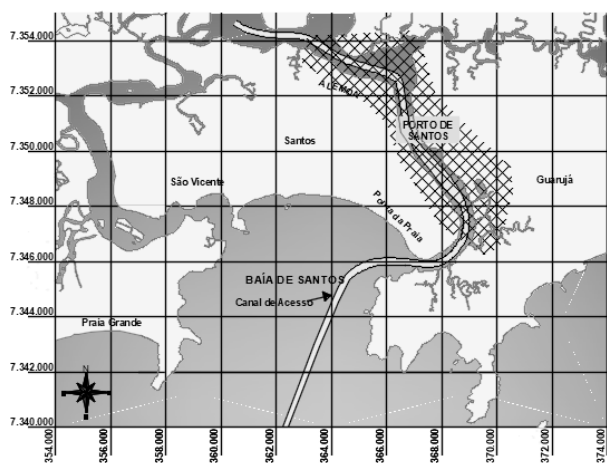


Figura 1.- Localização da região de estudo – Santos.

A dinâmica costeira de toda a Baía de Santos tem se modificado ao longo dos últimos 40 anos, principalmente em função da ocupação desordenada a linha de costa e as intervenções estruturais para melhoria e proteção do patrimônio, as atividades de dragagem do Porto de Santos incluindo o aprofundamento e alargamento do canal de acesso em 2010, além das próprias modificações do clima de ondas local (ITALIANI,2014).

A região da Ponta da Praia possuía, em meados do século XX uma extensa faixa de areia, que foi sendo perdida ao longo do tempo. Segundo Venancio et al (2017), as observações de campo mostram uma aceleração deste processo de erosão costeira desde 2010, que passou a apresentar uma taxa de recuo superior a 6 metros por ano nas seções mais afetadas. Na região da ponta da praia o recuo chegou a 45m, fazendo com que a faixa de areia emersa fosse totalmente perdida.

Concomitantemente, observações de campo mostram que a nova configuração topobatimétrica do Canal de Acesso do Porto de Santos, localizado muito próximo da região da Ponta da Praia, provocou uma mudança sensível na direção de propagação das ondas. Desde 2010, nota-se que a direção das ondas que incidem naquele trecho da praia é diferente da observada em anos anteriores. Neste ano, o canal do Porto de Santos foi alargado e aprofundado de forma que, a refração sofrida pela frente de ondas após difratar na Ponta do Guarujá se alterou, passando a atingir obliquamente as estruturas rígidas lá dispostas e induzindo uma corrente longitudinal direcionada

para as praias centrais da baía. A região da Ponta da Praia vem sendo monitorada há alguns anos tendo por objetivo identificar as causas e consequências da erosão costeira e proposições de obras que atenuem este efeito de forma eficiente. A grande dificuldade observada refere-se a dinâmica de ondas e correntes nesta região, que é muito complexa devido à proximidade com a embocadura do estuário santista, bem como a própria configuração dos promontórios na Baía de Santos. Os fenômenos de refração, difração, empolamento, reflexão e arrebentação de ondas estão fortemente ligados a batimetria local, que por sua vez está em constante alteração pois após as mudanças ocorridas, a região ainda não alcançou uma nova condição de equilíbrio. Os modelos matemáticos mais utilizados para análise da hidrodinâmica, associada aos modelos de propagação de ondas em águas rasas são simplificados, de forma a não contemplarem os fenômenos de difração e reflexão.

Sendo assim, estudos para avaliar intervenções para solucionar o problema de erosão no local com base apenas neste tipo de modelagem matemática não são adequados, podendo até mesmo indicar obras que acentuarão o problema ao invés de resolvê-lo. Soluções mais eficientes de curto e médio prazo são necessárias, visto que a comunidade local clama por medidas mais efetivas para conter o avanço do mar junto as suas residências e comércio local. Neste sentido, a implantação e monitoramento de projetos-piloto a serem executados na região costeira constituem-se em uma alternativa viável a curto prazo. Estas obras têm por objetivo também colaborar para ampliar o conhecimento sobre os impactos nas áreas adjacentes e indicar intervenções definitivas para as regiões mais afetadas e/ou de interesse.

Neste sentido, este trabalho tem por objetivo, com base em estudos anteriores, levantamentos de campo e modelagem matemática, propor uma solução piloto de baixo impacto e fácil remoção de forma a ampliar os conhecimentos sobre a dinâmica local e diminuir os prejuízos causados quando há invasão da água do mar junto à infraestrutura urbana existente no local.. Além disso, o monitoramento desta obra que está sendo implantada irá colaborar para ampliar o conhecimento sobre os impactos nas áreas adjacentes e indicará intervenções definitivas para as regiões mais afetadas e/ou de interesse.

Metodologia

Para definição do eixo da obra foi utilizada modelagem matemática hidrodinâmica e propagação de ondas em águas intermediárias e rasas. A partir de dois módulos do software Mike 21®, desenvolvido e fornecido pelo Danish Hydraulic Institute (DHI) com licença temporária para fins acadêmicos: o Flow Model Flexible Mesh - Hydrodynamic Module (Flow Model FM-HD) e o Spectral Wave Module (SW). Ambos os módulos são de característica bidimensional. Foram comparadas 4 situações distintas, nas quais apenas a batimetria foi alterada tal como descrito a seguir:

- Cenário 1 (base): batimetria original utilizada por Correa, Souza e Gireli (2016), anterior ao início das atividades de dragagem de aprofundamento e alargamento do canal do porto.
- Cenário 2: atualização do canal do porto para a situação de pós-dragagem de aprofundamento e alargamento. Para isto, foi realizada a substituição da batimetria do canal, utilizando dados

batimétricos levantados e fornecidos pela CODESP referentes ao ano de 2014;

- Cenário 3: cenário 2 com a substituição da batimetria do trecho compreendido entre os limites do canal de acesso e a calçada da orla, a partir de levantamentos realizados em 2016 e complementados por outros realizados por FUNDESPA (2014).

- Cenário 4: cenário 3, com a introdução da obra piloto proposta.

A partir do modelo calibrado por Correa, Souza e Gireli (2016), foram impostas as condições de contorno de marés, vazões fluviais médias, ventos e ondas. As simulações foram realizadas considerando a data de 21 de agosto de 2006, pois foi verificado em FUNDESPA (2013) que correspondiam a um evento de ressaca, no qual foram registradas as maiores intensidades de ondas e ventos no período.

Para que a área de interesse fosse melhor discretizada sem que o tempo de processamento se tornasse proibitivo foi proposto um aninhamento de malha. Desta forma, as saídas das simulações do modelo completo foram empregadas como entrada para o modelo aninhado apresentado na Figura 2.

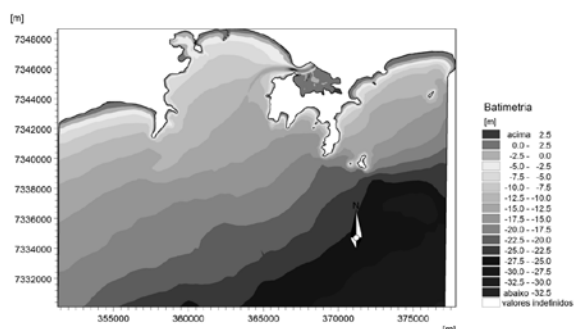


Figura 2.- Área de simulação do recorte do modelo original.

Para análise dos resultados foram extraídas saídas em meia maré de enchente e vazante, além da condição de 1h antes da baixa-mar, para tentar verificar a corrente em direção ao canal do Porto que foi notada durante os levantamentos de campo.

Para definição do posicionamento e dimensão da obra piloto foram adotadas as seguintes premissas: trecho longitudinal necessário para diminuir a energia das ondas, e forçando a arrebenção sobre a estrutura; trecho transversal necessário para que as correntes de maré que passem pelo tardoz da obra não levassem o sedimento acumulado pela diminuição da energia proporcionada pelo trecho transversal; custo baixo e baixo impacto visual, além de fácil remoção pois trata-se de um piloto, que, em caso de não corresponder às expectativas, possa ser removido com facilidade; necessidade de ser pequeno suficiente para ter um impacto local e não comprometer as adjacências e grande o suficiente para ser possível verificar sua eficiência no que tange a diminuição da energia sob o perfil praiá.

Resultados e discussão

Os resultados obtidos na modelagem hidrodinâmica de propagação de ondas apontam que o alargamento e aprofundamento do canal do Porto de Santos (cenário 2 e 3) modificaram as condições hidrodinâmicas e provocaram uma recirculação nas correntes de vazante, intensificando o processo erosivo, justificando assim a necessidade da obra ter um eixo transversal para aprisionamento do sedimento arrastado.

Para atender às premissas descritas, optou-se por uma estrutura em geotubos preenchidos com areia da própria praia disposta conforme apresentado na Figura 3.

Definida a geometria, as simulações do cenário 4 claramente mostram uma diminuição das ondas e correntes no tardoz da estrutura proposta, dando indícios também de um realinhamento

das ondas, o que contribuiria para o acúmulo de areia na região, recompondo o perfil de praia.

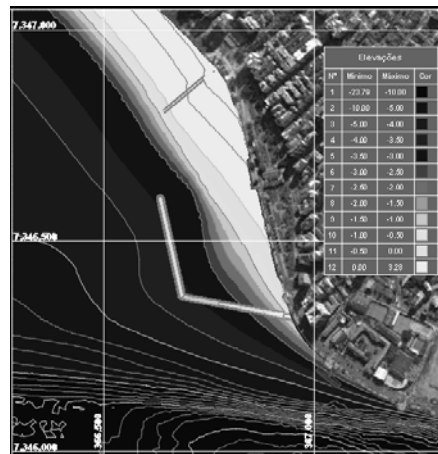


Figura 3.- Posição definida para o projeto piloto.

Conclusão

Obras costeiras convencionais, de alto custo de implantação, necessitam de estudos detalhados que se utilizam de modelagem matemática. Dada a complexa dinâmica costeira da região, faz-se necessária a utilização de estruturas piloto para melhor compreensão de seu efeito no entorno, antes de proposição de obras definitivas. A utilização de modelos matemáticos, neste caso, foi feita de forma comparativa, visando avaliar as diferenças entre cenários antigos e atuais, para projetar uma situação futura. Os resultados obtidos mostraram claramente uma tendência de realinhamento das frentes de ondas no trecho transversal da obra e uma diminuição da altura de ondas no tardoz da estrutura. As simulações hidrodinâmicas apontaram ainda que a recirculação que ocorre entre o canal do porto e a Ponta da Praia e que foi gerada após a dragagem de aprofundamento e alargamento do canal em 2010, desaparece quando da implantação do projeto piloto. Verifica-se, portanto que a posição da obra está adequada. No entanto, dada a dificuldade dos modelos reproduzirem adequadamente a situação, somente o monitoramento da obra deve trazer a real situação local e será de fundamental importância para indicar a solução definitiva, não só para o trecho da obra, mas para toda a extensão que passa atualmente por este processo erosivo.

Referências

- Correa, T. B.; Souza, C. M. M. A.; Gireli, T. Z. (2016) "The Influence of Tidal Prism on Port of Santos Dredging". In: *International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries (PIANC COPEDEC)*, IX., Rio de Janeiro.
- Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas – FUNDESPA (2013) "Anexo 3 RDC – 120612: Análise Histórica dos Registros de Ressacas ocorridas na região da Baía e Estuário de Santos (jul. 2013)". Santos: CODESP/FUNDESPA.
- _____. (2014). "Relatório do Monitoramento dos Sedimentos da Superfície de Fundo e Caracterização do Transporte Sedimentar Residual no Setor Nordeste da Baía de Santos. Amostragem 2013" *Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos*. Santos: CODESP/FUNDESPA.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011). "Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas do Brasil." Rio de Janeiro.
- Italiani, D. M. (2014). "Resposta Morfodinâmica à Alimentação Artificial da Ponta da Praia, Santos, SP." *Dissertação (Mestrado)* – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Venancio, K. K.; Gireli, T. Z.; Garcia, P. D. (2017) "Evolução da Linha de Costa na Região da Ponta da Praia em Santos – SP". In: *Xxii Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Florianópolis. Florianópolis: ABRH, nov. 2017.