

## **ANÁLISE DA CIRCULAÇÃO HIDRODINÂMICA NAS ENSEADAS DE ARRAIAL DO CABO (RJ) NO PERÍODO DO INVERNO**

**GURGEL<sup>1</sup>, F. O. M. J.; ROSMAN, P. C. C.; OLIVEIRA, A. R. M. B.; BARBOSA, M. Z.**

*<sup>1</sup>Marinha do Brasil - Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – IEAPM  
Rua Kioto, 253 - Praia dos Anjos Arraial do Cabo – RJ CEP 28930-000  
felipe.melo@marinha.mil.br*

### **RESUMO**

Este trabalho busca descrever a circulação hidrodinâmica, durante o período do inverno, nas Ensedas de Arraial do Cabo (EAC) no município de mesmo nome, no Estado do Rio de Janeiro, através do módulo 3D do SisBaHiA® - Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental. Foram consideradas as situações de correntes geradas por maré com ventos nos períodos de sizígia e quadratura. Os resultados obtidos pelo modelo foram confrontados com dados de campo medidos por um Perfilador Acústico Doppler de Corrente (ADCP) nas proximidades do Boqueirão Sul obtendo boa concordância. São apresentados gráficos de comparação entre séries temporais de elevação da superfície livre e entre os perfis de intensidade da corrente no componente zonal e meridional além dos campos de velocidades e de elevações para os cenários considerados.

Palavras chave: modelagem, circulação hidrodinâmica, SisBaHiA®, Arraial do Cabo

### **INTRODUÇÃO**

O município de Arraial do Cabo, localizado no litoral leste do Estado do Rio de Janeiro, na denominada Região dos Lagos, possui relevante importância social, econômica e ambiental, devido às atividades turísticas, pesqueiras, portuárias e de pesquisa. Em decorrência das diferentes atividades desenvolvidas, a maior parte das mesmas no espaço marinho, faz-se necessário um maior entendimento acerca das forçantes de circulação dentro da EAC em virtude de sua importância no auxílio da segurança e da navegação.

### **OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivo descrever os padrões da circulação hidrodinâmica local considerando situações de correntes geradas por maré com ventos predominantes do quadrante N-E, ventos fracos e provenientes de frente fria, no período do inverno, através da elaboração de um modelo hidrodinâmico na região estudada.

### **METODOLOGIA**

Para a simulação da hidrodinâmica na região de estudo utilizamos o SisBaHiA® que é um sistema profissional de modelos computacionais que está em contínuo desenvolvimento no Instituto Aberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

O domínio da modelagem do presente estudo abrange o contorno das EAC. O contorno de terra e de mar foram obtidos por meio da digitalização através de imagens de satélite do *Google Earth*. Os contornos foram representados em coordenadas UTM (WGS84 – Zone 23S) e então desenhados através do programa computacional *Surfer 12*.

A malha de discretização no domínio da área de estudo foi confeccionada através da ferramenta de geração de malhas, o software *Argus ONE Student Version 4.2.0q*.

As informações referentes à batimetria da região foram retiradas da Carta Náutica nº 1503 confeccionada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN): Enseadas do Cabo Frio (Escala 1:20.000). Os dados sedimentológicos foram fornecidos pela divisão de Geologia do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM) e obtidos através da Carta Náutica supracitada.

Os dados de vento para inserção no modelo foram fornecidos pela Estação Meteorológica da Base Aérea de São Pedro d’Aldeia (BAENSPA). Os dados de maré foram fornecidos pela Divisão de Dinâmica Costeira e Estuarina do IEAPM provenientes da Estação Maregráfica localizada no Porto do Forno. Ambos relativos ao período de julho, agosto e setembro do ano de 1999.

O modelo hidrodinâmico foi forçado através da maré e do vento, calibrados com dados de corrente fornecidos por um ADCP fundeado entre a Ilha do Cabo Frio e o Morro do Atalaia, no período de 19 de julho a 03 de setembro de 1999 (BRANCO, 2000).

## RESULTADOS

A figura 1 apresenta as comparações entre séries temporais de elevação da superfície livre medidas no marégrafo do IEAPM e as elevações obtidas pelo modelo.

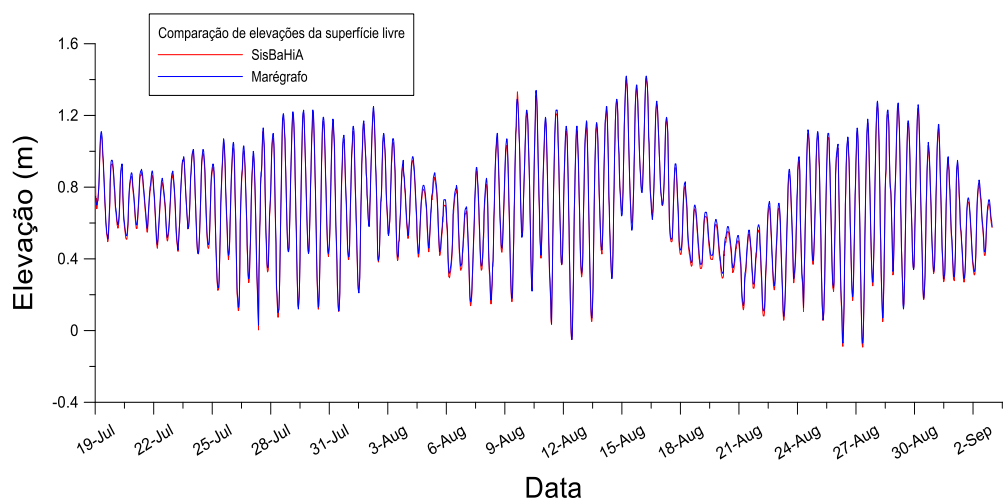


Figura 1: Curva de maré entre os dias de 19 de julho e 02 de setembro de 1999 fornecida pela Estação da Enseada dos Anjos (Porto do Forno) do IEAPM em comparação com a elevação da superfície livre modelada.

Segue abaixo tabela de comparação entre as preamares e baixamars dos cenários simulados, confrontando-os com os dados da Tábua de Maré (DHN, 1999).

As figuras 2 e 3 apresentam as comparações entre os perfis de intensidade da corrente obtidos pelo ADCP e os resultados obtidos pelo modelo no componente zonal e meridional, respectivamente.

Tabela 1: Comparação entre as elevações da superfície livre previstas e simuladas.

Cenário	Data-Hora (SisBaHiA)	Elevação modelada (m)	Data-Hora Tábua de Maré	Elevação prevista (m)
Ventos Fracos (PMQ)	04AGO - 07:30	0.94	04AGO - 07:24	1.00
Ventos Fracos (BMQ)	04AGO - 14:30	0.43	04AGO - 14:26	0.50
Ventos de SW (PMS)	15AGO - 04:30	1.33	15AGO - 04:19	1.10
Ventos de SW (BMS)	15AGO - 11:30	0.63	15AGO - 11:24	0.10
Ventos de NE (PMQ)	02SET - 07:00	0.82	02SET - 06:49	1.00
Ventos de NE (BMQ)	02SET - 14:00	0.42	02SET - 13:54	0.50

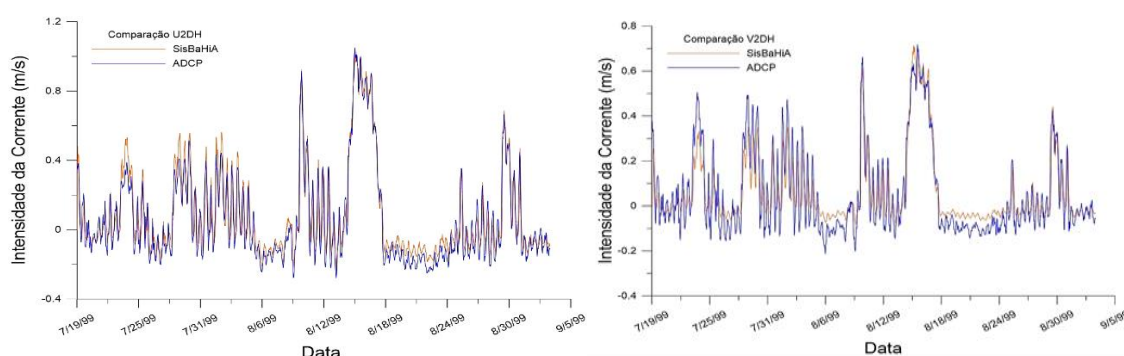


Figura 2: Comparação U2DH e V2DH (Medido x Modelado).

O cenário 1 é um evento de maré de quadratura onde podemos constatar que o padrão de circulação hidrodinâmica não obedece a maré, tendo uma força externa que indica o sentido das correntes, nesta situação, a direção da corrente assume o rumo SW por todo período (figuras 3a e 3b). A água tende a sair pelo Boqueirão Sul (estrito entre o Morro do Atalaia e a Ilha do Cabo Frio) por todo ciclo. Este fato se deve basicamente ao domínio da circulação local pelo anticiclone marítimo do Atlântico Sul (PAIVA, 1993; ODA 1997).

O cenário 2 foi escolhido por fornecer, de forma clara, as direções do fluxo das correntes se alternando como em uma maré semidiurna, característica da região (figuras 3c e 3d).

O cenário 3 é um evento de preamar com maré de sizígia onde voltamos a observar que o padrão de circulação hidrodinâmica não obedece a maré e tem uma força externa que indica o sentido das correntes. A água entra pelo Boqueirão Sul por todo ciclo (figuras 3e e 3f). Este fato demonstra a passagem de um sistema frontal que inverte o vento local (NE-E) para o vento no sentido do quadrante S-W.

## CONCLUSÕES

Os testes realizados com intenção de validar o modelo computacional mostraram boa aderência entre os resultados obtidos com o modelo e os resultados de campo.

Identificou-se que as ações dos ventos de SW causam o levantamento do nível médio do mar próxima à costa e os ventos do quadrante NE-E implicam no rebaixamento do NMM (tabela 1).

O regime de correntes no local de fundeio do ADCP, próximo ao Boqueirão Sul, retratam a existência de duas direções, NE e SW, com predominância do fluxo para SW. As correntes para NE são menos frequentes, porém mais intensas, normalmente associadas a passagem de frente frias conforme apresentado em trabalhos anteriores como Paiva (1993) e

Branco (2000).

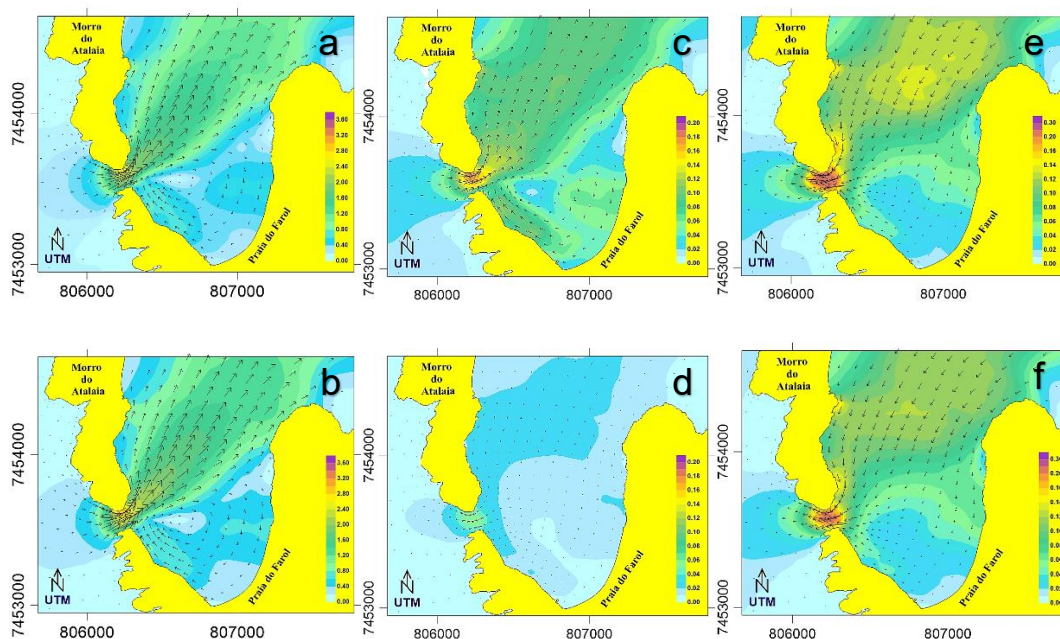


Figura 3: Visão geral da circulação da área modelada através do campo de correntes em situações de meia maré de enchente e vazante em situações de ventos do quadrante N-E (3a e 3b), ventos fracos (3c e 3d) e ventos do quadrante S-W (3e e 3f).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANCO, F. V. **Análise de dados de circulação (enseada dos anjos - arraial do cabo - rj) com base nos dados de perfilador acústico doppler de correntes (ADCP)**. 2000. 50 p. Monografia. (Bacharelado em Oceanografia) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2000.

GURGEL, F. O. M. J. **Aplicações de modelagem hidrodinâmica para ações de resposta a incidentes de poluição por derrame de óleo: Estudo de caso da Enseada dos Anjos em Arraial do Cabo-RJ**. 167p. Dissertação (Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, RJ. 2016.

ODA, T. O. **Influência da Ressurgência Costeira sobre a Circulação Local em Cabo Frio (RJ)**. 177 p. Dissertação (Mestre em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, SP, 1997.

PAIVA, A. M. **Estudo das variações do nível médio do mar em Arraial do Cabo – RJ**. 80p. 1993.

ROSMAN, P. C. C. **Sistema base de hidrodinâmica ambiental. Referência Técnica**. Programa de Engenharia Oceânica da COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 347 p. Disponível em: [http://www.SisBaHiA@coppe.ufrj.br/SisBaHiA@\\_RefTec\\_V95.pdf](http://www.SisBaHiA@coppe.ufrj.br/SisBaHiA@_RefTec_V95.pdf). Acesso em: 20 de ago. de 2014.