



CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS E CORRENTOMÉTRICAS NAS PROXIMIDADES DAS FUTURAS INSTALAÇÕES DO ESTALEIRO E BASE NAVAL PARA CONSTRUÇÃO DE SUBMARINOS CONVENCIONAIS E DE PROPULSÃO NUCLEAR, NA BAÍA DE SEPETIBA (RJ), NO PERÍODO DE UM DIA

Sandro Vianna Paixão¹
Rafael Guarino Soutelino²
Belmiro Mendes de Castro³

RESUMO

O objetivo deste trabalho é descrever as características termohalinas, associadas à circulação local, observadas em dois dias consecutivos nas proximidades das futuras instalações do Estaleiro e Base Naval para Construção de Submarinos Convencionais e de Propulsão Nuclear, na baía de Sepetiba, fornecendo informações do ambiente físico ao monitoramento ambiental realizado pelo Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM). Dados termohalinos sinóticos foram amostrados em duas campanhas oceanográficas. Dados de corrente, vento local e maré completam as informações aqui analisadas. As distribuições termohalinas espaciais, mapeadas utilizando Análise Objetiva para interpolação, mostraram que na porção mais rasa

da região houve a presença de águas relativamente mais quentes. Águas menos salinas e menos densas foram observadas na porção sudeste da região, podendo ser provenientes de descargas fluviais localizadas a leste da ilha da Madeira. A corrente de maré foi predominante, com contribuição de 84,03% comparada à corrente total.

Palavras-chaves: *Dados Hidrográficos; Circulação; Baía de Sepetiba.*

1. INTRODUÇÃO

A baía de Sepetiba está situada no litoral sul do Estado do Rio de Janeiro, entre as latitudes 22° 54' S e 23° 06' S e longitudes 043° 33' W e 044° 03' W, possuindo área de aproximadamente 305 km² (Figura 1). Apresenta forma alongada, com maior

¹ Capitão-de-Fragata, Aperfeiçoado em Eletrônica, Mestre em Oceanografia Física pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo – São Paulo, SP – Brasil e pesquisador do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – Arraial do Cabo, RJ – Brasil. E-mail: sandro@ieapm.mar.mil.br

² Doutor em Oceanografia Física pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo – São Paulo, SP – Brasil. Pesquisador Oceanógrafo do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – Arraial do Cabo, RJ – Brasil. E-mail: rsoutelino@ieapm.mar.mil.br

³ Doutor em Oceanografia Física e Meteorologia pela Universidade de Miami – Miami, Flórida – Estados Unidos da América. Professor titular do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo – São Paulo, SP – Brasil. E-mail: bmcastro@usp.br



largura, (17 km), entre o saco da Coroa Grande e a restinga da Marambaia, e maior comprimento, (43 km), entre a porção leste e a baía da ilha Grande. A batimetria é rasa, com profundidades em geral menores que 10 m, na porção leste e profundidades que alcançam até 45 m ao sul da ilha de Jaguanum, na porção oeste da baía. A batimetria e a linha de costa estão sendo alteradas nas proximidades da ilha da Madeira onde estão em fase de construção o Estaleiro e Base Naval para Construção de Submarinos Convencionais e de Propulsão Nuclear (EBN) e o porto do Sudeste. A baía de Sepetiba é um corpo de água parcialmente fechado com aberturas para o oceano adjacente, a leste por uma passagem restrita em área de manguezal e a oeste por canais naturais ou dragados onde há intercâmbio regular de água de origem fluvial com a água do mar, em conformidade com a definição clássica de estuário apresentada por MIRANDA *et al.* (2002). O sistema estuarino da baía de Sepetiba apresenta aporte de água doce proveniente, principalmente, dos rios Guandu (chamado de canal de São Francisco junto à baía), da Guarda, canal do Itá, Piraquê, Portinho, Mazomba e Cação. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma caracterização oceanográfica termohalina e correntométrica preliminar, visando fornecer informações do ambiente físico para subsidiar futuras campanhas observacionais e estudos da dinâmica da região.

2. METODOLOGIA DA PESQUISA

O trabalho de campo englobou duas campanhas oceanográficas realizadas entre as 07:31 e 09:31 horas, do dia 12 de outubro e entre as 08:13 e 10:13 horas, do dia 13 de outubro de 2011, com emprego do barco pesqueiro J. Matheus. Nas duas campanhas foi utilizado um CTD para perfilagem vertical dos campos de temperatura e de salinidade em 17

estações oceanográficas (Estações 1 a 11, mais P1, P2, P4 e PP; Figura 1).

O gradeamento vertical dos campos termohalinos foi realizado com a criação de grades retangulares em duas radiais e com a aplicação do método da Análise Objetiva (AO) a priori. O gradeamento horizontal dos campos termohalinos utilizou uma grade curvilínea situada entre o saco da Coroa Grande, a ilha da Madeira, a ilha de Itacuruçá e a ilha do Martins, com resolução de 40 x 20. O método da AO a priori também foi utilizado na interpolação desses campos. A metodologia de Análise Objetiva utilizada neste trabalho é a mesma empregada por PAIXÃO (2008). Dados de vento local para o mesmo período foram obtidos através da Estação Meteorológica de Superfície Automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) situada na Marambaia (RJ), na latitude 23° 03,00'S e longitude 043° 36,00'W. Dados correntométricos e de temperatura no nível de 2 metros foram obtidos com correntômetro, com sensor de temperatura, fundeado na latitude 22° 55,525'S e longitude 043° 51,667'W, no período entre 07:30 horas do dia 12 de outubro e 10:10 horas de 13 de outubro de 2011, amostrados a cada 10 min (Ponto CORR., Figura 1). Também foram empregados neste estudo dados de maré da Estação Maregráfica da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil situada na ilha da Marambaia, na latitude 23° 03,4'S e longitude 043° 59,3'W, amostrados a cada 10 min, no período de 00:00 hora de 13/09 a 23:50 horas de 13/10/2011, totalizando 30 dias. A maré de sizígia na localidade ocorreu em 11 de outubro de 2011, ou seja, um dia antes do início das medições realizadas nas campanhas oceanográficas.

A rotina T-Tide, desenvolvida por Mike Foreman em 1977 e reescrita em Matlab por PAWLOWICZ *et al.* (2002), foi aplicada para realizar as análises



harmônicas dos dados da série temporal de maré e nas séries temporais das componentes zonal e meridional dos dados correntométricos. Foi realizado o

cálculo da Raiz do Erro Médio Quadrático Normalizado (REMQ) para quantificar a contribuição da corrente de maré em relação à corrente total na localidade.

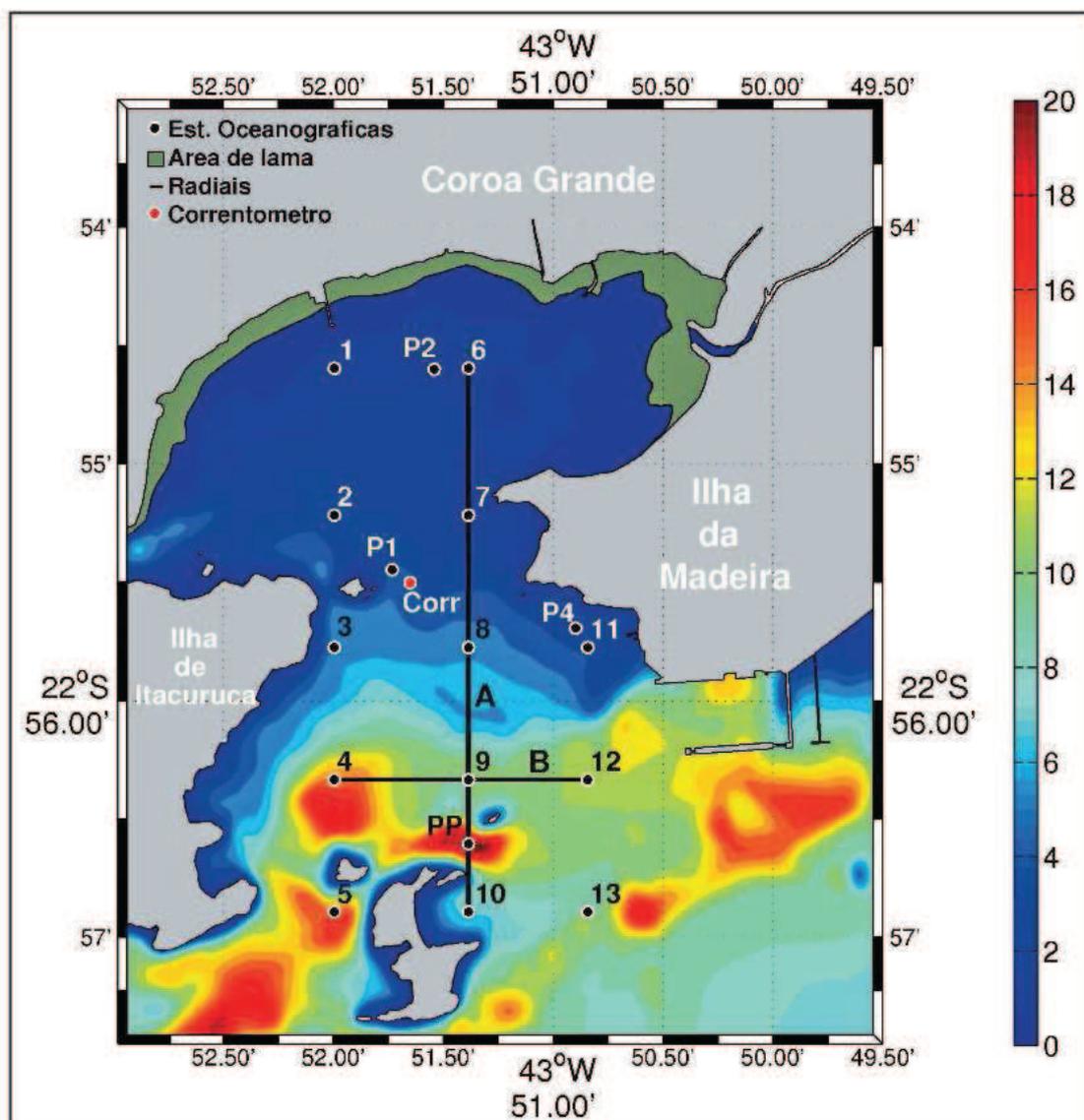


Figura 1 – Grade amostral e batimetria [m] na baía de Sepetiba. A legenda na parte superior esquerda da figura indica o tipo de estação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Figuras 2 e 3 apresentam as distribuições de temperatura e salinidade no nível de 1 metro, respectivamente. Para as duas campanhas oceanográficas observa-se na porção mais rasa da grade, situada nas proximidades de Coroa Grande, a presença de águas

relativamente mais quentes, nos dias 12 e 13/10/2011, enquanto que as águas menos salinas e menos densas são observadas na porção SSE da grade. A configuração das distribuições horizontais de densidade no nível de 1 metro é semelhante à configuração de salinidade, indicando a importância dessa última grandeza, característica típica de regiões estuarinas.

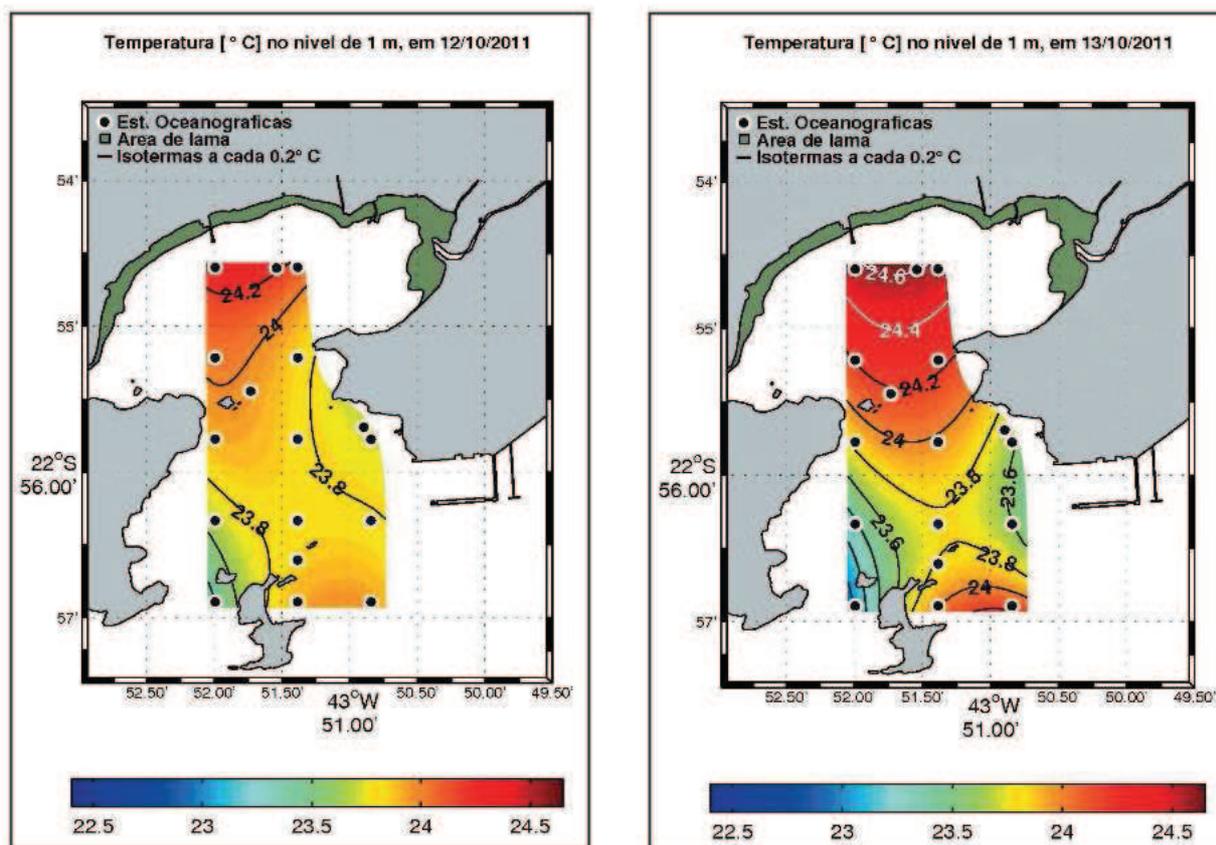


Figura 2 – Distribuições horizontais de temperatura [°C] no nível de 1 m, nos dias 12/10 (esquerda) e 13/10/2011 (direita), na baía de Sepetiba.

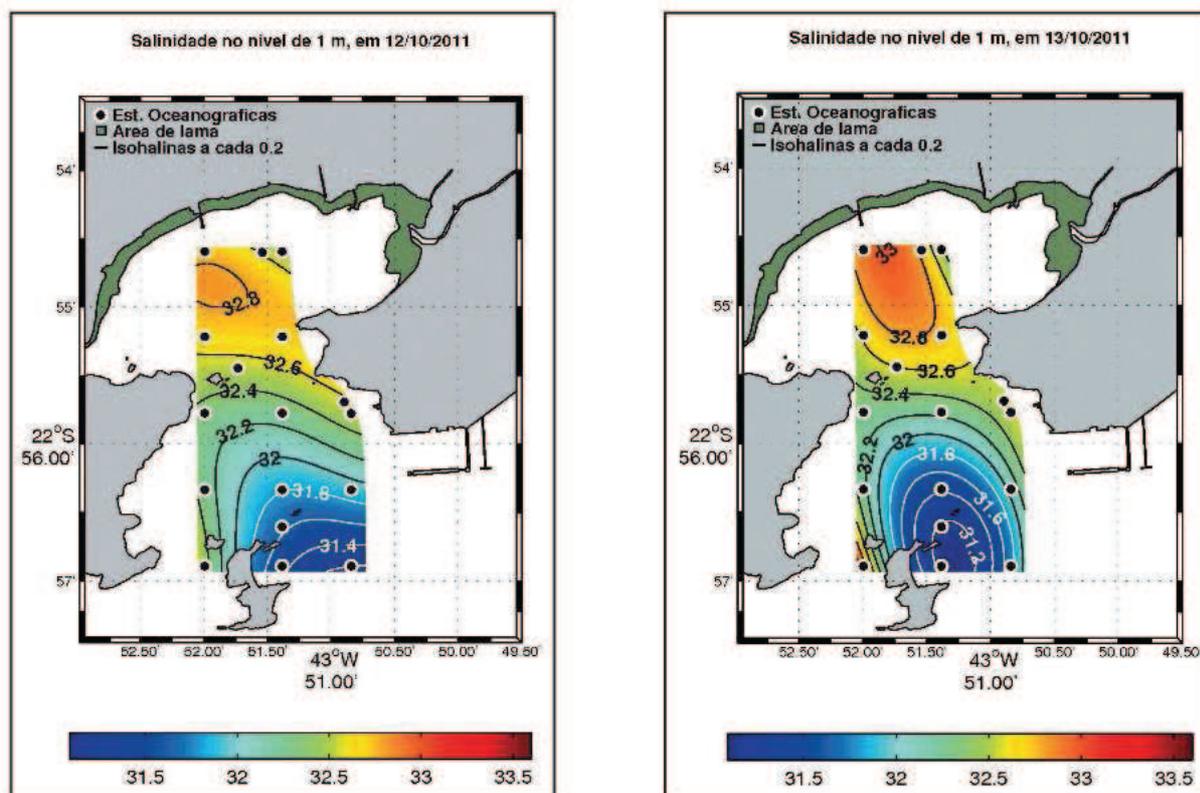


Figura 3 – Distribuições horizontais de salinidade no nível de 1 m, nos dias 12/10 (esquerda) e 13/10/2011 (direita), na baía de Sepetiba.

Na seção vertical A, constata-se que as águas mais rasas apresentam-se mais quentes no dia 13/10/2011 quando com-

paradas ao dia anterior, como pode ser observado na Figura 4.

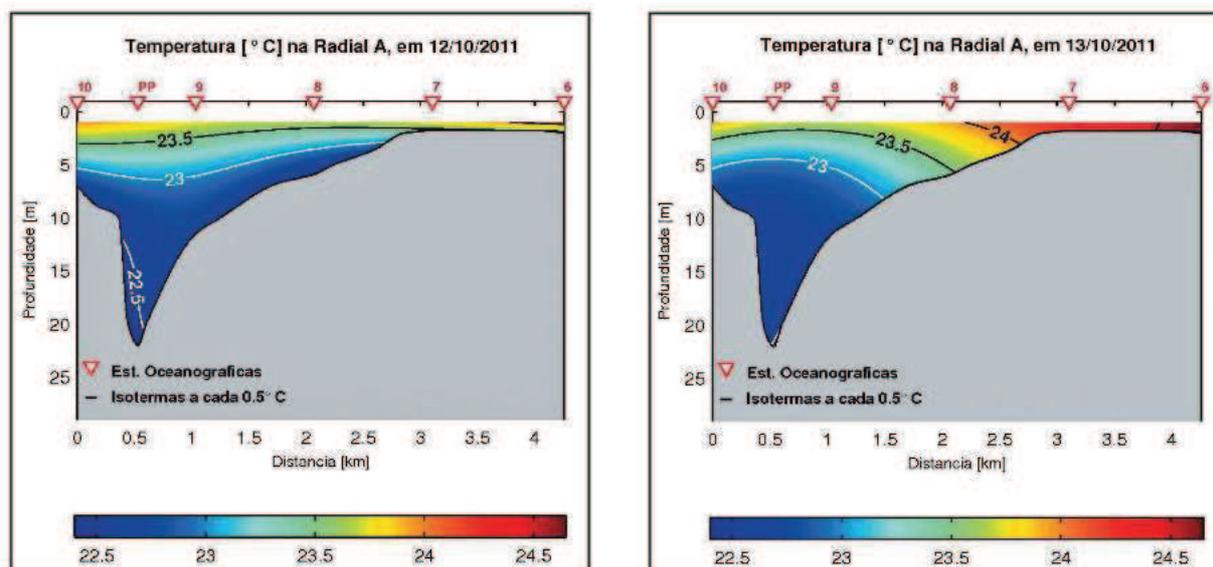


Figura 4 – Distribuições verticais de temperatura [°C] na seção A (Norte-Sul), nos dias 12/10 (esquerda) e 13/10/2011 (direita), com vista de leste, na baía de Sepetiba.

As distribuições verticais de salinidade na seção B são observadas na Figura 5. Na seção vertical B, observa-se nos dias 12 e 13/10/2011 que as águas menos

salinas e menos densas estão situadas na porção centro-leste da seção, nas proximidades da superfície.

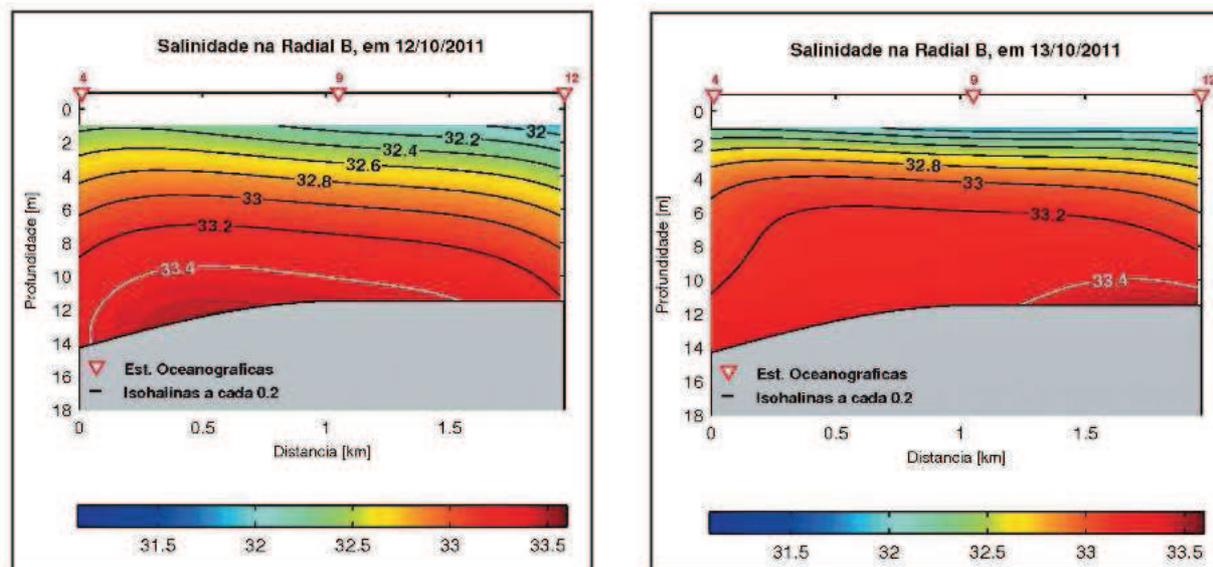


Figura 5 – Distribuições verticais de salinidade na seção B (Leste-Oeste), nos dias 12/10 (esquerda) e 13/10/2011 (direita), com vista de sul, na baía de Sepetiba.



Os dados de maré da DHN indicam que as coletas quase-sinóticas foram realizadas no estófo da baixa-mar nos dias 12 e 13/10/2011, enquanto que as medições efetuadas com o correntômetro indicam que, durante as coletas de dados hidrográficos, a corrente predominante apresentou direção para SE, com intensidade de até $0,21 \text{ m s}^{-1}$. A temperatura da água do mar

medida com o sensor do correntômetro apresentou pequena variação durante a coleta de dados quase-sinóticos, no dia 12/10; enquanto que no dia 13/10 a temperatura aumentou entre o início e o fim da coleta de dados. A amplitude da maré nos dias 12 e 13/10/2011, na Estação Maregráfica da DHN, pode ser observada na Figura 6.

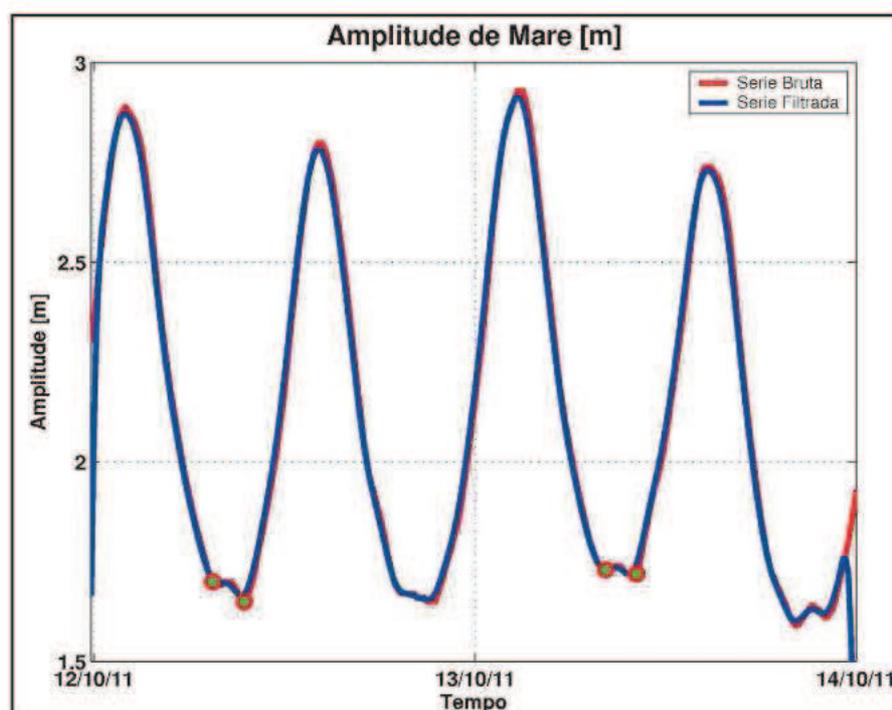


Figura 6 – Amplitude da maré nos dias 12 e 13/10/2011, na Estação Maregráfica da DHN, na ilha da Marambaia, em Setepitba. Os círculos verdes representam o início e o término das coletas de dados quase-sinóticos para os respectivos dias.

O resultado da análise harmônica para as amplitudes de maré, entre os dias 13/09 e 13/10/2011, indicam que as seguintes constituintes, em ordem decrescente de importância, possuíram nível de significância acima de 95%: M2, S2, O1, M4 e MN4.

Análise espectral foi realizada na série temporal de elevação da superfície do mar, sendo constatado que o espectro apresentou a maior parcela da energia nas baixas frequências e houve 5 picos significativamente estatísticos, com períodos de aproximadamente 24h (1 pico), 12h (2 picos) e 6h (2 picos). O Número de Forma

obtido para a maré na baía de Setepitba foi 0,2210, indicando que a maré nessa localidade é semidiurna.

Análise harmônica foi realizada na série temporal das componentes zonal e meridional dos dados correntométricos, no intuito de identificar as principais constituintes das correntes de maré e as respectivas magnitudes. Observa-se que a componente zonal das correntes de maré apresenta intensidades máximas de $0,11 \text{ m s}^{-1}$ para leste e $0,12 \text{ m s}^{-1}$ para oeste, enquanto que a componente meridional apresenta magnitude máxima de $0,10 \text{ m s}^{-1}$ para norte e $0,12 \text{ m s}^{-1}$ para



sul. Comparativamente, as correntes totais medidas apresentam os valores máximos de $0,15 \text{ m s}^{-1}$ para leste e $0,15 \text{ m s}^{-1}$ para oeste para a componente zonal e de $0,13 \text{ m s}^{-1}$ para norte e $0,22 \text{ m s}^{-1}$ para sul para a componente meridional. As intensidades máximas das correntes totais e correntes de maré são de $0,22 \text{ m s}^{-1}$ e

$0,12 \text{ m s}^{-1}$, respectivamente. A contribuição predominante da corrente de maré, de 84,03%, em relação à corrente total na localidade foi quantificada com o cálculo da REMQ. A Figura 7 apresenta as séries temporais da direção e da intensidade da corrente na baía de Sepetiba nos dias 12 e 13/10/2011.

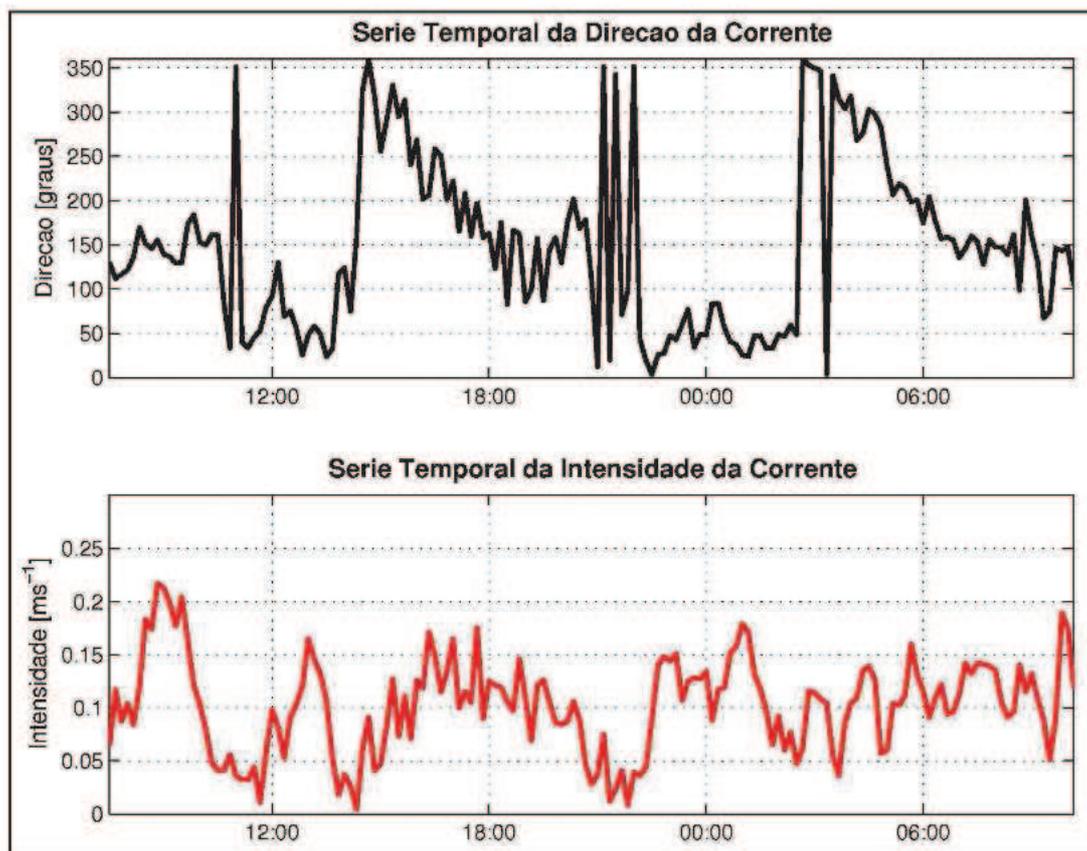


Figura 7 – Séries temporais da direção [graus] e da intensidade [m s^{-1}] da corrente na baía de Sepetiba nos dias 12 e 13/10/2011.

As principais constituintes da componente zonal das correntes de maré, que possuíram nível de significância acima de 95% foram, em ordem decrescente de importância: M2, M4, 2MK5 e K1. Para a componente meridional das correntes de maré, as principais constituintes que possuíram nível de significância acima de 95% foram em ordem decrescente de importância: M2, K1, M4 e M3.

Para os ventos obtidos na estação do INMET na Marambaia constata-se que, durante a coleta de dados, efetuada

no dia 12/10/2011, o vento medido foi praticamente nulo, enquanto que no dia 13/10/2011 o vento predominante foi de N/NE, com magnitude de até $3,9 \text{ m s}^{-1}$.

4. CONCLUSÕES

Constata-se que nos dias 12 e 13/10/2011, as correntes foram geradas predominantemente pela maré, em concordância com SIGNORINI (1980), que observou que a circulação na baía de Sepetiba é forçada pela maré. Os ventos



pouco significativos que sopraram nessa localidade durante as coletas e a proximidade das duas campanhas com a maré de sizígia, que ocorreu em 11/10/2011, justificam a predominância das correntes de maré na baía de Sepetiba durante as campanhas. Para as distribuições horizontais e verticais das propriedades termohalinas da água do mar nas coletas quase-sinóticas iniciadas ao término das vazantes, constata-se que as temperaturas mais elevadas são oriundas das águas localizadas nas regiões mais rasas (saco da Coroa Grande). Com a corrente da maré de vazante, as águas mais quentes vão em direção à porção sul. Com a maré enchente, as correntes apresentam direção preponderante para o quadrante norte e observa-se que a temperatura nas proximidades da estação P1 passa a reduzir, como verificado nos dias 12 e 13/10/2011, em conformidade com o estudo de modelagem numérica

realizado por FRAGOSO (1999) nas baías de Sepetiba e ilha Grande, em que as correntes de maré apresentam essas características citadas. As águas menos salinas e menos densas observadas na porção sudeste da grade podem ser oriundas das importantes descargas fluviais localizadas a leste da ilha da Madeira, onde desagüam os rios Guandu, da Guarda, canal de Itá, dentre outros.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CT(T) Borba, do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), pela disponibilização dos dados de maré na baía de Sepetiba e a todas as pessoas do IEAPM que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, principalmente, as que participaram do trabalho em campo, SC Jorge Nunes e Mestre de Embarcação Sebastião Silva.

Referências Bibliográficas

- FRAGOSO, M. R. Estudo numérico da circulação marinha da região das baías de Sepetiba e ilha Grande (RJ). 1999. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 115 pp.
- MIRANDA, L. B., B. M. CASTRO & B. KJERFNE. Princípios de oceanografia física de estuários. São Paulo, Edusp, 2002, 411 pp.
- PAIXÃO, S. V. Transporte de volume e condições hidrográficas no Canal de São Sebastião. 2008. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 188 pp.
- PAWLOWICZ, R., B. BEARDSLEY & S. LENTZ. Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T-TIDE. *Computers & Geosciences*, 28 (2002), 929-937, 2002.
- SIGNORINI, S. R. A study of the circulation in bay of ilha Grande and bay of Sepetiba. Part I, A survey of the circulation based on experimental field data. *Bolm Inst. Oceanogr.*, São Paulo, 29(1): 41-55, 1980.