

## CAPÍTULO VIII

---

### ASSOREAMENTO DA PORÇÃO SUL DA ENSEADA DA JAPUÍBA - ANGRA DOS REIS – RIO DE JANEIRO





# ASSOREAMENTO DA PORÇÃO SUL DA ENSEADA DA JAPUÍBA - ANGRA DOS REIS – RIO DE JANEIRO

Yury Simen Souto Vieira<sup>1</sup>(yurysimen@yahoo.com.br), Marcelo Sperle Dias<sup>2</sup>(mslerle@gmail.com), Hélio Heringer Villena<sup>3</sup>(heliovillena@gmail.com), Alessandro Mendonça Filippo<sup>4</sup>(amfilippo@gmail.com), Gilberto Tavares Macedo Dias<sup>5</sup>(gilbertotmd@id.uff.br), Sílvia Dias Pereira<sup>6</sup>(silviadp@uerj.br), Mauro Cesar Geraldês<sup>7</sup>(geraldes@uerj.br), Julia Kaiser San'tanna<sup>8</sup>(js.kaiser@hotmail.com), Veronica Beatriz Araujo de Castro<sup>9</sup>(vevel.castro@gmail.com), Diogo dos Santos Duarte<sup>10</sup> (diogopitta\_santos\_@hotmail.com)

<sup>1</sup> Mestrando do Programa de Pós Graduação em Oceanografia da Faculdade de Oceanografia da UERJ, Rua São Francisco Xavier, 524, 4º andar, Bloco E, sala 4018, CEP.: 20550-900; <sup>2</sup> Professor Adjunto da Faculdade de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, 4º andar, Bloco E, sala 4018, CEP.: 20550-900; <sup>3</sup> Professor Adjunto da Faculdade de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, 4º andar, Bloco E, sala 4018, CEP.: 20550-900; <sup>4</sup> Professor Adjunto da Faculdade de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, 4º andar, Bloco E, sala 4018, CEP.: 20550-900; <sup>5</sup> Professor Adjunto do LAGEMAR - Universidade Federal Fluminense, Campus do Gragoatá, Av. Gen. Milton Tavares de Souza s/nº - Gragoatá; <sup>6</sup> Professora Adjunta da Faculdade de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, 4º andar, Bloco E, sala 4018, CEP.: 20550-900; <sup>7</sup> Professor Adjunto da Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, 4º andar, Bloco A, sala 4024, CEP.: 20550-900; <sup>8</sup> Graduanda do Curso de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, 4º andar, Bloco E, sala 4018, CEP.: 20550-900; <sup>9</sup> Graduanda do Curso de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, 4º andar, Bloco E, sala 4018, CEP.: 20550-900; <sup>10</sup> Graduando do Curso de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, 4º andar, Bloco E, sala 4018, CEP.: 20550-900.

131

## RESUMO

Processos costeiros de assoreamento e erosão em áreas de baía têm como principais forçantes o aporte sedimentar oriundo da descarga fluvial e a ação das correntes marinhas e das ondas sobre o litoral. Observando esses processos sedimentares em escala de tempo geológico, nota-se que eles ocorrem de forma muito rápida. Isso se torna mais preocupante quando notamos alterações ambientais causadas pelo homem e que podem acelerar esse processo sedimentar. A Enseada da Japuíba, localizada na Baía da Ilha Grande, litoral sul do Estado do Rio de Janeiro é reconhecidamente um local de rápido assoreamento. Isso se deve principalmente a intervenções antrópicas como a devastação do manguezal, a urbanização sem planejamento, a retirada da mata ciliar dos rios e a retificação do curso do rio Japuíba, que desagua na enseada. Diante deste cenário, foi realizado um novo estudo batimétrico para caracterizar o processo de assoreamento na Enseada de Japuíba, comparando-o aos dados já existentes, para assim investigar as mudanças na morfologia de fundo e alterações nos volumes e taxa de assoreamento. A evolução deste processo sedimentar, após 18 anos do primeiro estudo de assoreamento ali realizado, foi avaliada estabelecendo-se volumes e taxas de assoreamento, para um igual intervalo de tempo entre os levantamentos batimétricos utilizados. Os resultados obtidos indicam que houve uma deposição de cerca de 581.260 m<sup>3</sup> entre 1997 e 2015, representando um acréscimo de 32% em relação ao volume descrito para o período de 1979 a 1997. A taxa média de assoreamento, calculada pelos 18 anos de intervalo de tempo, é de 32.292,26 m<sup>3</sup>/ano.

**Palavras Chave** – Assoreamento; aporte sedimentar; batimetria.

**Sedimentation of South part of Japuíba cove - Angra dos Reis - Rio de Janeiro**

## ABSTRACT

Coastal processes of erosion and silting in bay areas have as main forcings sediment input by the river discharge and the action of marine currents and waves over the coast. Observing these sedimentary processes in geological time scale, we note that they occur very quickly. This becomes more disturbing when we note environmental changes caused by man and that can further accelerate this sedimentary process. The Japuíba Cove, located in the Ilha Grande Bay, south coast of Rio de Janeiro State is recognized as a place of fast silting up, according to a previous study. This is mainly due to human interventions such as devastation of the mangrove, urbanization without planning, the removal of riparian vegetation of rivers and the rectification of the course of the river Japuíba, which flows into the cove. In this scenario, we conducted a new bathymetric study to accompany silting process in Japuíba Cove, comparing it to previous work in order to investigate changes in bottom morphology and changes in volumes and siltation rate. The evolution of this sedimentary process after 18 years of the first siltation study conducted there was evaluated by setting up volumes and siltation rates, for an equal time interval among the

bathymetric surveys used. The results obtained indicate that a deposition of about 581,260 m<sup>3</sup> between 1997 and 2015, representing an increase of 32% over the volume described for the period from 1979 to 1997. The average

rate of siltation, calculated by 18 years of time interval, is 32,292.26 m<sup>3</sup>/year.

**Keywords** – Silting; sedimentary supply; bathymetry.

## INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial tem sido muito grande. O número habitantes no planeta, segundo estudo das Nações Unidas (ONU, 2012), pode chegar a 9,6 bilhões em 2050.

Certamente os impactos no meio ambiente, em função da produção alimentícia, exploração mineral, geração de energia, demanda por espaço para crescimento urbano, etc, vão aumentar também, sendo alvo de processo de Licenciamento Ambiental no qual são dimensionados os impactos antes da liberação de implantação do empreendimento (IBAMA, 1997)

ROIG (2005) e ECHEVERRIA (2007) afirmam que o crescimento populacional no Brasil, associado a um desenvolvimento urbano e industrial desordenado, têm exercido impacto sobre os recursos naturais, destacando-se a água, o solo, acentuando processos erosivos e de assoreamento além de poluição ambiental.

Hoje é sabido que o meio natural não absorve os impactos indefinidamente e as consequências podem ser desastrosas. Assim sendo, os estudos de avaliação e monitoramento ambiental têm crescido muito em número e qualidade.

Em termos de Zona Costeira, um dos maiores problemas observados é a aceleração de processos de assoreamento e erosão, fato diretamente ligado à ação do homem no meio ambiente de entorno.

Vários são os métodos que podem ser utilizados nos estudos de assoreamento e erosão. Pode-se destacar o método de comparação de aerofotos (ANGULO & ANDRADE, 1982), o mapeamento aéreo com câmera de vídeo (DEBUSCHERE *et al.*, 1991), o método de comparações batimétricas (VILLENA, 1999; CECCOPIERI, 1999), e as datações por radioisótopos (NITROUER *et al.*, 1979).

O presente trabalho utiliza a comparação

batimétrica para a avaliação do assoreamento numa enseada de águas calmas no interior de uma baía, sendo quantificado o volume de material depositado e avaliadas as mudanças na morfologia submarina da enseada em relação aos trabalhos já executados na região.

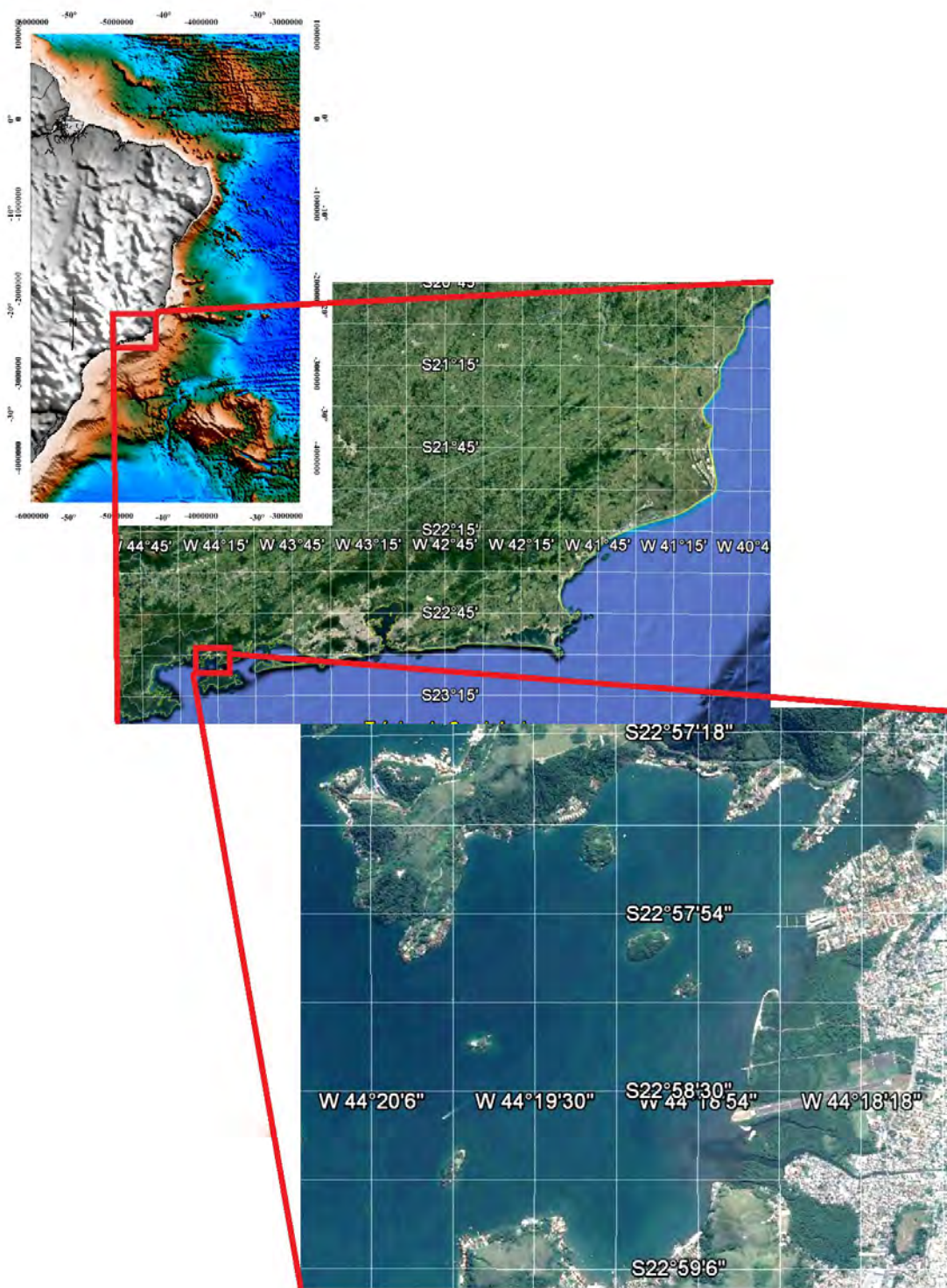
A Enseada da Japuíba é reconhecidamente um local de rápido assoreamento, de acordo com estudo anterior levado a efeito por VILLENA (1999). A evolução deste processo de sedimentação acelerada precisa ser analisada buscando-se estabelecer como variou em relação ao estudo anterior, considerando-se que se passaram 18 anos entre os levantamentos batimétricos.

## OBJETIVO

O presente trabalho teve por objetivo a quantificação do processo de assoreamento na Enseada de Japuíba, Baía da Ilha Grande, RJ, no período entre 1997 e 2015. Para isso realizou-se um levantamento batimétrico segundo as normas técnicas hidrográficas. Este levantamento foi comparado com os dados de VILLENA (1999) para a determinação o volume do assoreamento, cálculo de sua variação em relação ao reportado no estudo anterior e taxa de deposição neste período.

## LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Baía da Ilha Grande, na qual se encontra a Enseada da Japuíba, tem área de aproximadamente 1125 km<sup>2</sup> e localiza-se litoral no estado do Rio de Janeiro (Figura 1). Possui uma extensa linha de costa juntamente com a Baía de Sepetiba, porém cada uma com características históricas e oceanográficas distintas. Seus limites encontram-se entre as latitudes 22° 50' S – 23° 20' S e os meridianos 44° 00' W – 44° 45' W.



**Figura 1.** Localização da área de estudo: (a) Mapa do Brasil (modificado de TORRES & VILLENA, 2007); (b) Setor do litoral do Estado do Rio de Janeiro (modificado de GOOGLE EARTH a, 2016); (c) Detalhe da Enseada da Japuiba (modificado de GOOGLE EARTH b, 2016).

O município de Angra dos Reis, que abrange a enseada da Japuiba, situa-se a 114 km a oeste da cidade do Rio de Janeiro, sendo um importante polo turístico, pesqueiro e industrial devido as suas características naturais. A economia tem como pilares a receita de grandes empreendimentos ali localizados, tais como o Complexo Nuclear, o porto

da PETROBRÁS (GEBIG), o Porto de Angra, o Estaleiro BRASFELLS (BASTOS & CALLADO, 2009), além do turismo e da pesca.

O conflito entre os interesses econômicos e a preservação ambiental, de fundamental importância ao turismo e à pesca, é nítido. A degradação ambiental tem aumentado muito, acrescentando-se a



estes fatores já citados o crescimento urbano desordenado que afeta diretamente a Enseada da Japuiba, local de expansão urbana da cidade (VILLENA, 1999).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Estudos de processos de assoreamento e/ou erosão devem, primeiramente, ser pautados nas normas hidrográficas determinadas pela Organização Hidrográfica Internacional (OHI, 2005 e OHI, 2008) e pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN, 2014).

Em segundo plano, estes estudos devem levar em consideração os critérios utilizados na realização do levantamento batimétrico pretérito, de forma a compatibilizar os dados já existentes e os dados a serem coletados.

### Maré

A maré é a oscilação vertical da superfície do mar ou outra grande massa d'água sobre a Terra, causada primariamente pelas diferenças na atração gravitacional da Lua e, em menor extensão, do Sol sobre os diversos pontos da Terra (MIGUENS, 1996).

Esta oscilação faz variar a profundidade local no tempo e deve ser retirada da medição de profundidade realizada, utilizando-se um plano de referência denominado Nível de Redução, que é a média das baixamares de sizígia (OHI, 2005).

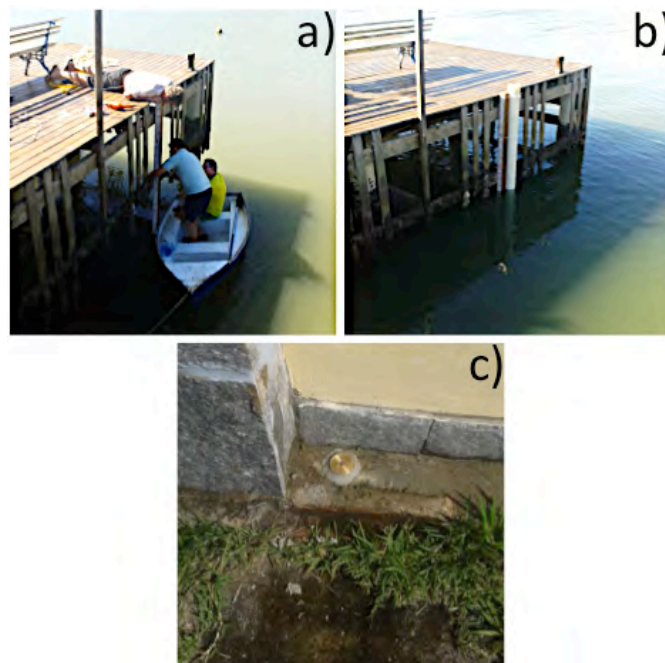
A redução do efeito da maré na sondagem realizada em 2015 foi feita com base nos dados da estação maregráfica da Pousada Aquamaster, localizada na enseada da Japuiba, Angra dos Reis – RJ.

O marégrafo utilizado foi de bóia e contrapeso, marca OTT, modelo Thalimedes, sendo instalado no interior de tubulão de PCV ( $\varnothing = 150$  mm) com “caps” nas extremidades e 04 furos de 2cm de diâmetros a aproximadamente 40cm da base, servindo estes furos como filtros das oscilações de curto período do nível do mar (ondas). A gravação dos dados do nível do mar e hora foi programado para ser realizado cada 2 minutos.

Em conjunto com o marégrafo foi instalada uma régua de maré graduada e esta foi nivelada em relação à 03 Referências de Nível (RN's) alocadas

nas imediações. A régua serve para inicialização do marégrafo e amarração dos níveis determinados (Nível médio e Nível de redução) aos pontos fixos em terra (RN's) para futuras reocupações ou realocações da estação.

A instalação do marégrafo e da régua de maré seguiu as normas hidrográficas vigentes (OHI, 2005, OHI, 2008 e DHN, 2014), sendo realizada em baixa-mar de sizígia e sua sequência pode ser visualizada na Figura 2.



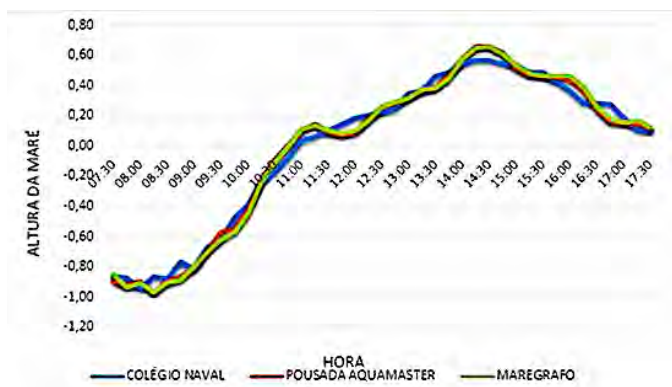
**Figura 2.** a) Fixação da Régua de Maré; b) Estação Maregráfica montada e c) Referência de Nível (RN) número 2 instalada..

Os dados batimétricos existentes (DHN,1979 e VILLENA,1999) tem suas sondagens referenciadas à estação maregráfica do Colégio Naval de Angra dos Reis, mas o levantamento atual foi referenciado à estação maregráfica da pousada Aquamaster, na Enseada da Japuiba. Faz-se necessária a análise de diferença de fase e de amplitude entre as marés nas estações usadas nos diferentes levantamentos batimétricos.

Nos dias de sondagem em 2015 efetuou-se a leitura de maré concomitantemente nas estações da Pousada Aquamaster e em régua de maré instalada nos padrões hidrográficos no píer do Colégio naval de Angra dos Reis.

Os dados obtidos nas duas estações maregráficas foram normalizados calculando-se a média dos dados em cada uma das estações e

subtraindo-se a média de cada estação dos dados nela obtidos. Desta forma, obteve-se a variação em torno do nível médio do mar (Figura 3).



**Figura 3.** Gráfico da Variação da Maré nas estações de medição em torno da média.

Procedeu-se a análise da defasagem em amplitude (diferença em altura) e de fase (diferença em horário), considerando-se os limites hidrográficos de 10 cm em altura e 15 minutos em tempo. Todos os dados obtidos na estação maregráfica ficaram dentro dos limites de amplitude e fase. Assim sendo, a estação da Pousada Aquamaster foi aprovada como referência para redução do efeito de maré nos dados batimétricos.

Procedeu-se a filtragem dos dados para retirada das oscilações de alta frequência, sendo utilizadas 03 médias móveis de 03 dados consecutivos. Em seguida importou-se os dados filtrados para o software PACMARÉ 2003, sendo determinadas as constantes harmônicas da maré para cálculo do nível de redução e o nível médio do mar, este último estabelecido em 183,46cm.

**Tabela I.** Critério de Courtier para classificação de maré (FRANCO, 2009).

Desigualdades	Classificação	Altura abaixo do NM
$0 < C < 0,25$	Maré semidiurna (2PM e 2BM por dia)	$H(M_2) + H(S_2) + H(N_2) + H(K_2)$
$0,25 < C < 1,5$	Maré semidiurna com desigualdades diurnas (2PM e 2BM desiguais)	BALAY (1952)
$1,5 < C < 3$	Maré mista (2PM e 2BM ou 1PM e 1BM por dia)	$H(M_2) + H(S_2) + H(K_1) + H(O_1)$
$C > 3$	Maré diurna (1PM e 1BM por dia)	$H(M_2) + H(S_2) + H(K_1) + H(O_1) + H(P_1)$

Aplicou-se o critério de Courtier (1938) para a classificação da maré de acordo com suas constantes harmônicas, segundo a fórmula:

$$C = \frac{H(O_1) + H(K_1)}{H(M_2) + H(S_2)}$$

Obteve-se  $C = 0.331$  e, de acordo com a classificação observada na Tabela I, a maré local é Semi-diurna com desigualdades diurnas.

De acordo com Balay (1952) o Nível de Redução para a maré semidiurna com desigualdades diurnas dependerá do valor da expressão:

$$2k = G(M_2) - [G(O_1) + G(K_1)]$$

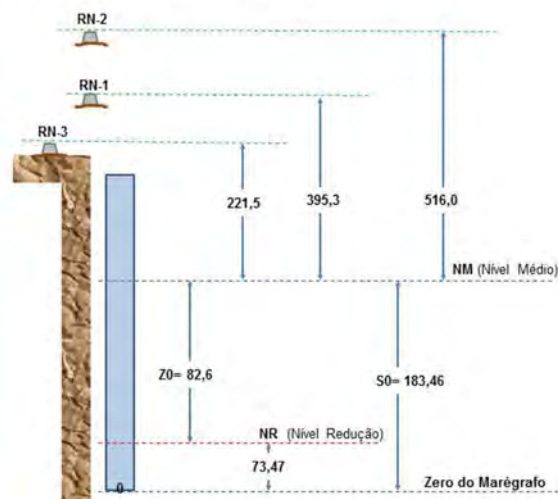
e será dado pela Tabela II, abaixo:

**Tabela II.** Cálculo da altura do NR abaixo do NM para maré semidiurnas com desigualdades diurnas (BALAY, 1952).

Valor de 2k	Altura abaixo do NM
$2k = 0^\circ$ (maré semidiurna com BM iguais)	$H(M_2) + H(S_2) + H(N_2)$
$2k = 180^\circ$ (maré semidiurna com PM iguais)	$H(M_2) + H(S_2) + H(N_2) + H(K_1) + H(O_1)$
$2k \neq 0^\circ$ e $\neq 180^\circ$ (maré semidiurna com grandes variações de amplitudes)	$H(M_2) + H(S_2) + H(K_1) + H(O_1) + H(P_1)$

Aplicando-se a expressão das marés semidiurnas com desigualdades diurnas temos  $2k = 205,74^\circ$  (maré semidiurna com grandes variações de amplitude). Procedeu-se o cálculo da tabela de Balay (1952) obtendo-se assim o nível de redução, em 73,47 cm.

**ESQUEMA DE RÉGUA – ESTAÇÃO NAUTILUS - RJ**



**Figura 4.** Esquema mostrando o nivelamento da régua em relação aos 3 RN's.

De posse do Nível Médio do Mar e do Nível de Redução procedeu-se, com os dados obtidos no nivelamento da régua de maré em relação às três referências de nível, a confecção da Ficha Cadastral modelo F41 da Estação Maregráfica da Pousada Aquamaster (Figura 4).

### ***Base cartográfica***

A representação gráfica dos dados obtidos foi feita em mapas gerados no software Oasis Montaj 8.4, utilizando-se a projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator na Zona 23 Sul (UTM 23S), sendo usado o Datum SIRGAS 2000, como preconiza a legislação (BRASIL, 2005).

Para a representação da costa foi utilizada imagem satélite Google Earth da enseada da Japuiba, georreferenciada no próprio Oasis Montaj 8.4.

A escala de representação selecionada foi de 1:30.000 e a representação das coordenadas feita em UTM e Geográfica.

### ***Navegação e posicionamento***

A navegação foi feita a bordo de embarcação de pequeno porte (Figura 5) alugada para este fim, na qual foi montado todo o equipamento de pesquisa.



**Figura 5.** Embarcação utilizada na sondagem.

O posicionamento da embarcação foi realizado utilizando DGPS Hemisphere modelo R130, com precisão submétrica e correção diferencial por satélite (banda L), acoplado a um notebook equipado com o software de navegação e aquisição de dados Hypack 2012.

A antena do posicionador foi fixada em haste presa ao tubo de fixação do transdutor do

ecobatímetro, de modo a não ser necessário uso de “offsets” no Hypack.

### ***Batimetria***

Os dados batimétricos foram obtidos com ecobatímetro hidrográfico monofeixe Syquest, modelo Bathy 500DF, com acurácia de  $1\text{cm} \pm 0.1\%$  da profundidade medida. O eco foi conectado a um notebook com o software Hypack 2012, integrando-se esses dados aos de posicionamento e hora DGPS. Os dados batimétricos foram armazenados digitalmente a cada segundo, junto com a posição XY e a hora.

A sondagem foi programada em período de maré de sizígia, sendo realizadas linhas no sentido E – W espaçadas em 50 metros. As linhas seguiram planejamento de VILLENA (1999) para uma melhor acurácia dos resultados, partindo das proximidades da Ilha Murta em direção ao fundo da enseada até o limite de segurança da embarcação, dos equipamentos e do pessoal.

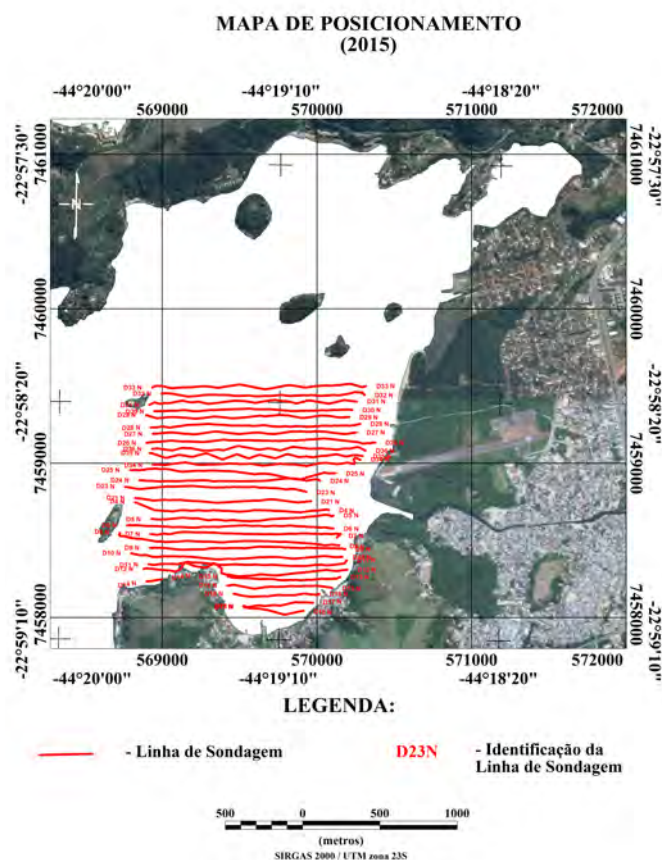
A calibração da velocidade do som foi feita com perfilador de velocidade ODOM, modelo Digibar S, sendo realizada sempre no início de cada sondagem diária e repetida no final do dia. O local escolhido era representativo da área de sondagem e a calibração feita descendo-se a sonda até o fundo local, recuperando-se os dados e inserindo no ecobatímetro o valor calculado pelo perfilador ODOM para a velocidade média do som no ponto de coleta.

A correção do efeito da maré valeu-se dos dados maregráficos concomitantemente com a sondagem.

O processamento inicial foi efetuado utilizando o próprio programa Hypack 2012, através da redução de maré pela função TIDES. Nesta função, são corrigidas as variações da maré ao longo do dia, ficando as profundidades resultantes referenciadas ao Nível de Redução da estação maregráfica. Finda a redução de maré os dados foram exportados para um arquivo “xyz”.

Os dados xyz de posicionamento e batimetria foram importados para o software Geosoft Oasis Montaj 8.4, sendo elaborado, primeiramente, um mapa de posicionamento (Figura 6), onde se observa as linhas de sondagem navegadas.





**Figura 6.** Mapa de posicionamento das linhas de sondagem realizadas.

Procedeu-se a gridagem dos dados batimétricos utilizando-se o método de Mínima Curvatura, gerando-se o modelo digital do terreno. Como controle de qualidade, valendo-se da ferramenta “Sample a grid” do Oasis Montaj 8.4, efetuou-se uma amostragem do grid exatamente nos pontos de coordenadas onde se tem os dados medidos, criando-se nova coluna no banco de dados.

Calculou-se o erro percentual através do cálculo da diferença entre a profundidade no grid e a medida no ecobatímetro, dividindo-se esta diferença pela profundidade medida.

Em seguida foi feita a ordenação do banco de dados com base no erro percentual, indo do menor erro ao maior erro, estabelecendo-se um erro de 5% como sendo o tolerável. Calculou-se, então, o percentual de dados com erro acima deste limite dentre o total dos dados disponíveis, estabelecendo-se o limite mínimo clássico de 95% de dados com erro inferior a 5% para considerar a gridagem aceitável. O percentual obtido neste levantamento foi de 96,77% de dados com erro inferior ao limite estipulado, o que certifica a qualidade do

levantamento, do processamento e da gridagem utilizados.

O passo seguinte foi a elaboração do grid de gradiente, que representa a inclinação do fundo marinho. Este produto é obtido aplicando-se o conceito de derivada ao grid de batimetria através da função “Horizontal Gradient” do Oasis Montaj 8.4, procedendo-se a derivação da profundidade segundo os dois eixos ortogonais e conjugou-se os grids resultantes num grid final de Gradiente.

Partiu-se para a comparação batimétrica, ainda no Oasis Montaj 8.4, procedendo-se a subtração entre os grids de 2015 e 1997, obtendo-se o grid de Assoreamento e Erosão, no qual os valores negativos representam remoção de material (erosão) e os valores positivos representam deposição de material (assoreamento).

Para obtermos o cálculo dos volumes de assoreamento e erosão no período compreendido entre os levantamentos foi utilizada a função GRIDVOL do Oasis Montaj 8.4, que calcula num determinado grid, volumes acima (assoreamento) e abaixo (erosão) de um valor de referência selecionado, no caso o valor 0.

Por fim, a partir do grid de Assoreamento/Erosão, conhecendo-se o período em anos decorridos entre os dois levantamentos batimétricos utilizados, procedeu-se o cálculo de um grid de Taxa de Assoreamento. Para isso dividiu-se o grid pelo número de anos, obtendo-se a distribuição espacial e valores médios de Taxa de Assoreamento/Erosão.

## RESULTADOS

A batimetria pretérita de VILLENA (1997), foi cedida para este trabalho e pode ser vista na Figura 7.

Segundo VILLENA (1999) tem-se:

- presença de uma área de profundidades abaixo de – 6 metros, representada no mapa a cor azul, nas proximidades da ilha da Murta (568871 E, 7459393 N), denotando assim uma assimetria na distribuição das maiores profundidades, com estas se localizando mais a NW na enseada;

- porção NE da enseada, entre o continente e as ilhas dos Bois (569886 E, 7460037 N), Pequena (570136 E, 7459727 N) e Sundara (570492 E,

7459961 N), apresenta-se como uma grande porção rasa com profundidades acima de - 2 metros, com cores variando entre laranja, vermelho e rosa. A morfologia do fundo, somado à presença de elevações próximas à costa e as ilhas, que dentro da enseada se concentram nesta região, sugere um controle do embasamento;

- tendência dos contornos batimétricos se curvarem na parte S da enseada, denotando a presença de um canal não muito bem delineado devido à sua largura, sendo que esta feição coincide

com a mudança de direção da linha de costa, que passa de NE-SW entre as margens da desembocadura do rio Japuíba, para uma curvatura aberta para o N na região conhecida como Aterro;

- a presença de um banco localizado defronte à desembocadura do rio na coordenada 570121 E, 7458719 N. Este banco fica caracterizado no mapa como uma grande feição em tons de vermelho a rosa estando a porção mais rasa em torno de 0,6 metros, ficando exposta nas baixamares.

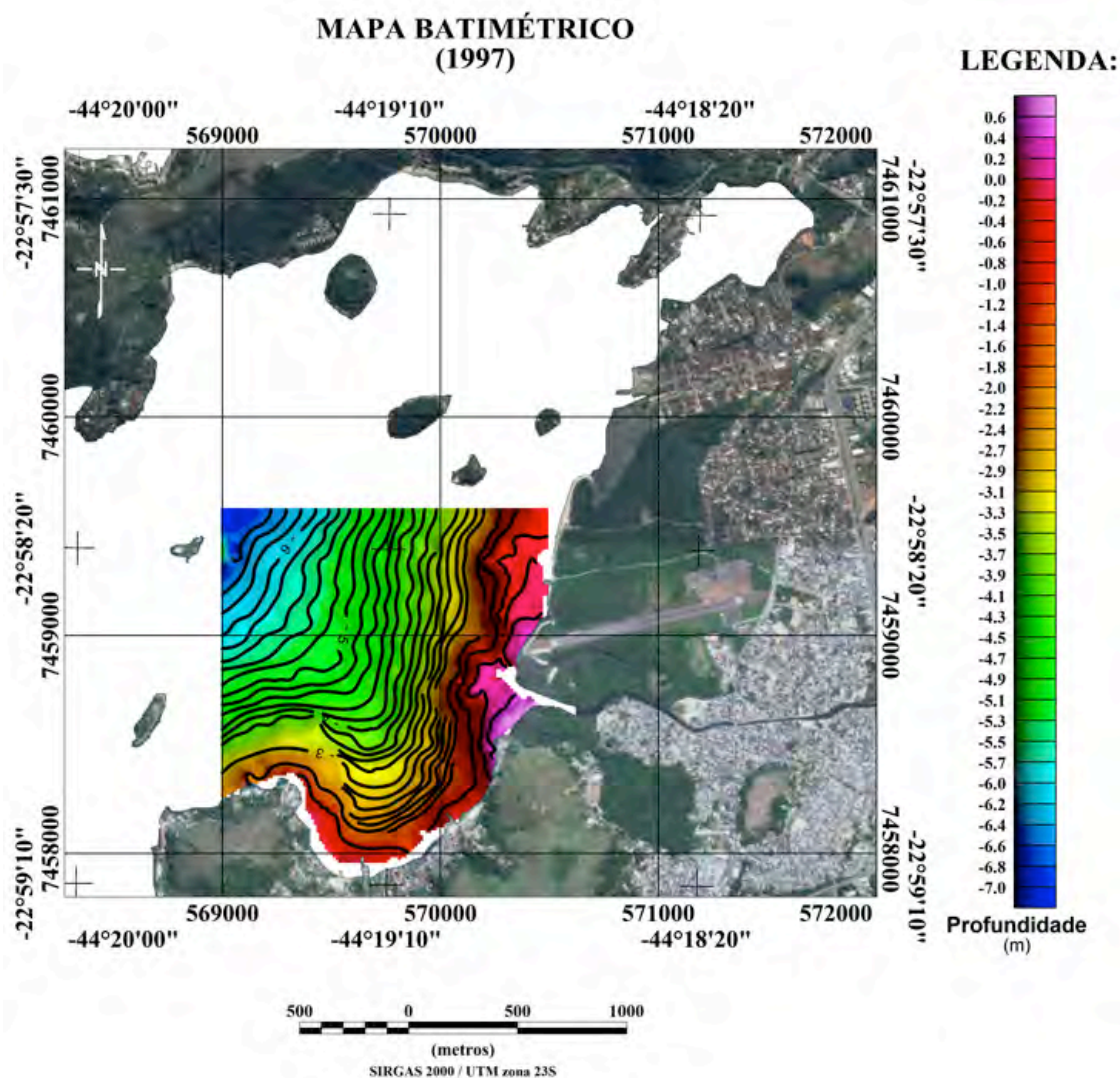


Figura 7. Mapa Batimétrico de 1997 (Modificado de VILLENA, 1999).

A batimetria atual pode ser observada na Figura 8.

Nota-se que as maiores profundidades da enseada ficam próximas a Ilha da Murta na região NW, com profundidades variando de - 5,7 metros (azul claro) a - 7 metros (azul escuro), corroborando o descrito por VILLENA (1999).

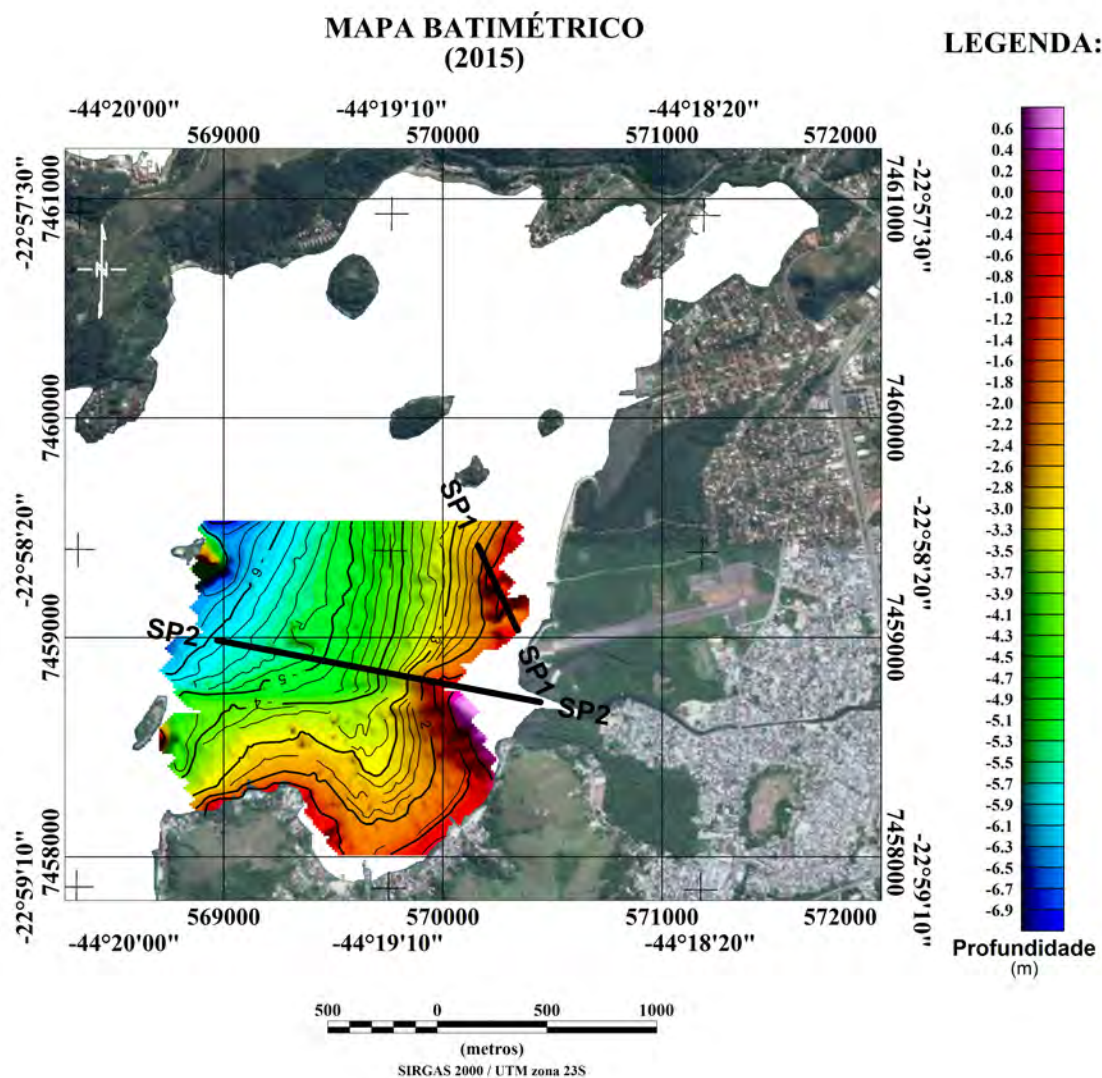
Não foi possível a obtenção de dados, em frente à desembocadura do rio Japuíba (570159 E, 7458656 N), devido ao encalhe da embarcação no banco progradante da desembocadura do rio, impossibilitando o avanço da sondagem. As áreas de entorno deste banco, de coloração vermelha e rosada no mapa, indicam que a profundidade local



varia de – 0,5 metros a 0,6 metros, ficando o fundo marinho exposto nas baixa-mares.

A região a norte do Aeroporto de Angra dos Reis (570351 E, 7459132 N), na porção NE da batimetria, apresenta uma zona rasa com profundidades acima de – 3 metros, com tons variando do laranja ao vermelho intenso

observando-se um pequeno canal passando nesta região. Fica evidente neste mapa a curva que os contornos batimétricos fazem na parte S da enseada, mostrando um canal mais suavizado. Os contornos batimétricos ficam entre – 3,3 metros a – 1 metro, sendo marcado pela variação de cores entre o amarelo ao vermelho.



**Figura 8.** Mapa Batimétrico de 2015.

O Grid de Gradiente de VILLENA (1999), que indica a inclinação do fundo marinho, pode ser visto na Figura 9.

Os maiores gradientes estão associadas à proximidade de ilhas, paredes laterais de canais e vertentes de bancos junto à desembocadura do rio Japuíba (VILLENA, 1999).

Próxima à costa nota-se uma faixa contínua e de valores elevados de gradiente, com coloração vermelha a rosa, descrita desde ao S da Ilha Pequena (570136 E, 7459727 N) até a extremidade da

enseada, após a localidade conhecida como Aterro (SW).

VILLENA (1999) constatou que na área coincidente com o banco descrito na batimetria ocorre um afastamento da faixa de alto gradiente em relação à costa e a inserção de uma área de baixo gradiente tendo coloração variando entre azul e verde.

O mapa de gradiente atual pode ser visto na Figura 10.

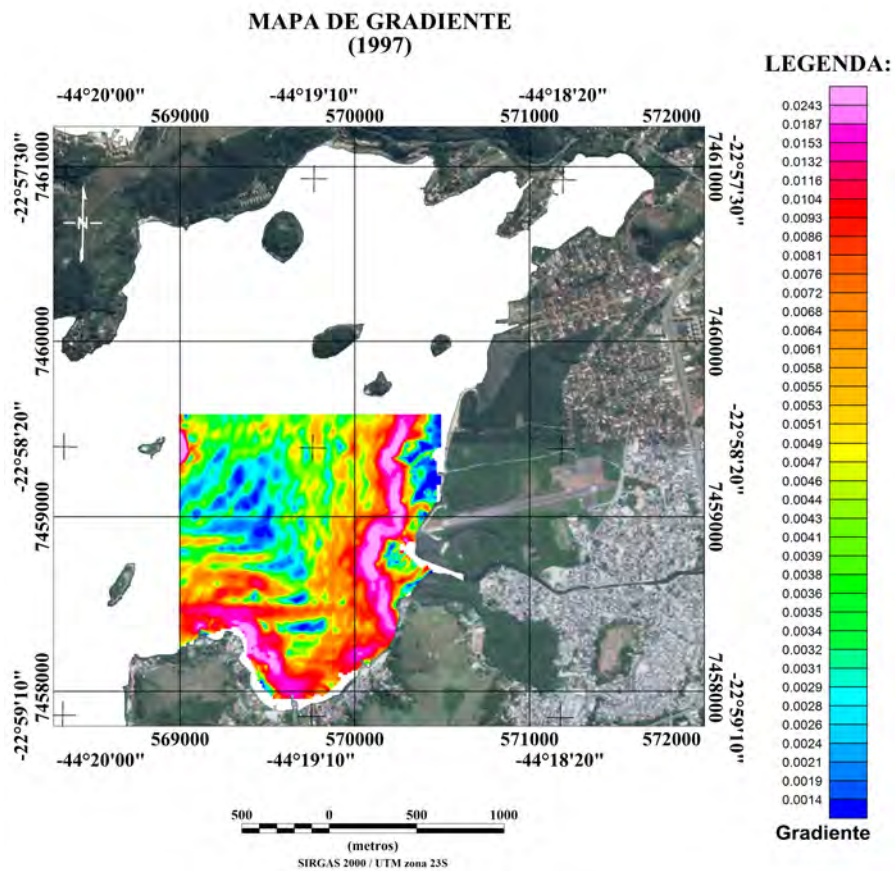


Figura 9. Mapa de Gradiente de 1997  
(Modificado de VILLENA, 1999).

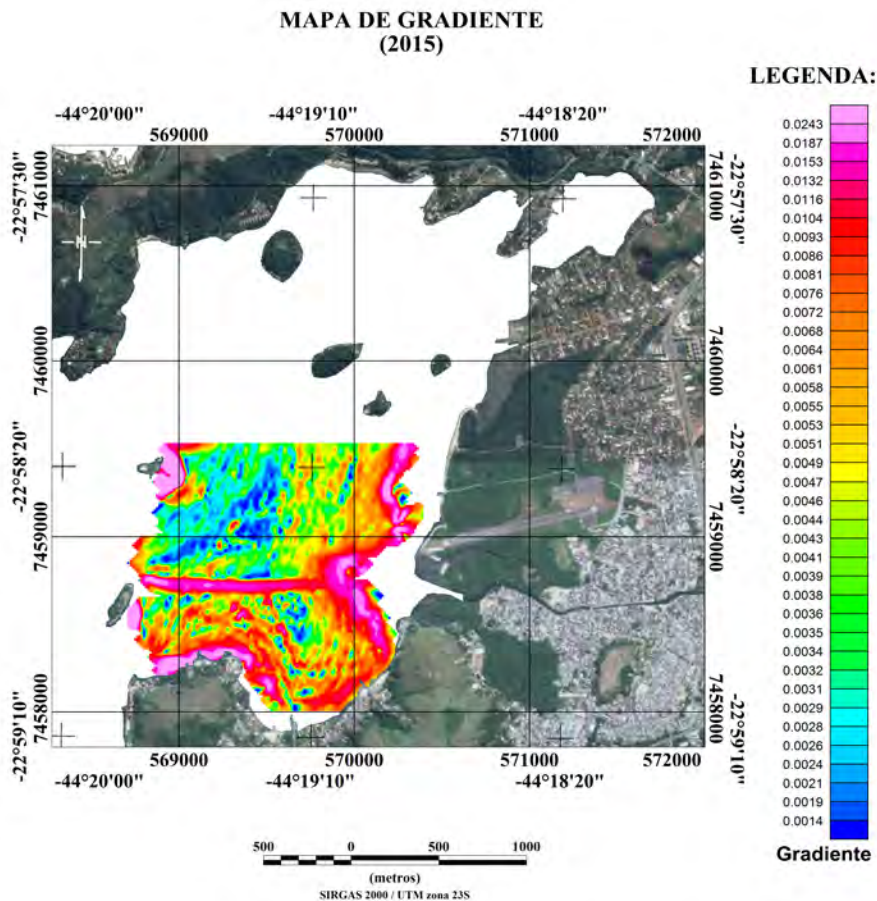


Figura 10. Mapa de Gradiente de 2015.



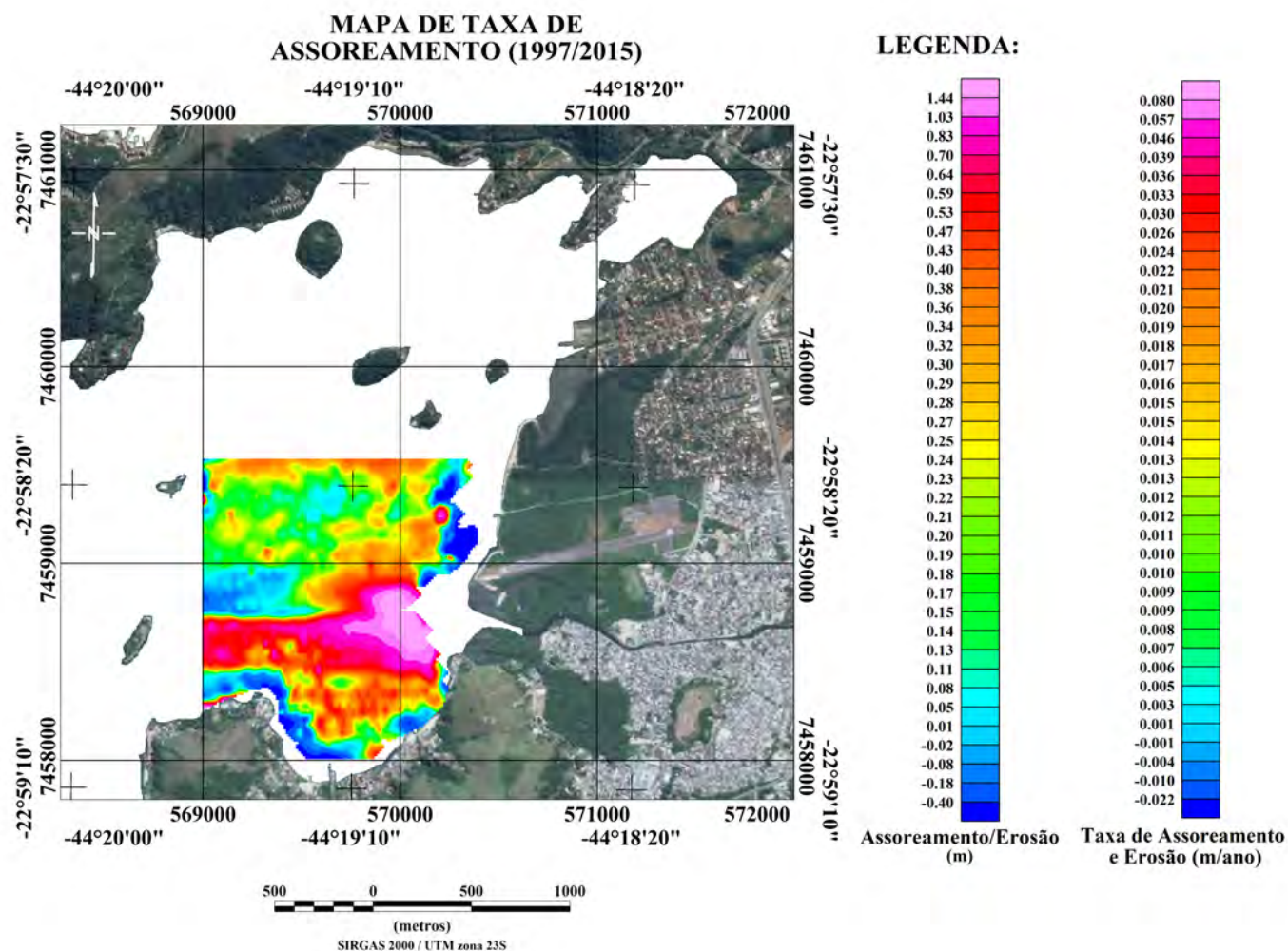
Assim como no mapa de 1997, os maiores gradientes de 2015 estão associados à proximidades com ilhas, paredes laterais de canais e vertentes de bancos junto à desembocadura do rio Japuíba.

Nota-se também uma faixa contínua de valores altos de gradiente na área sul, devido à proximidade da linha de costa. Isto se explica pela morfologia emersa, onde temos uma planície costeira bem desenvolvida à leste e área de costão na parte sul e norte da enseada, sendo fruto do aporte sedimentar

principal pelo rio e a disposição em delta na desembocadura deste.

Neste mapa destaca-se uma faixa no sentido E-W de alto gradiente, em tons de vermelho e rosa, que segue na direção da desembocadura do rio Japuíba.

Em termos de volume e taxa de assoreamento/erosão, temos na Figura 11, o mapa com o observado entre 1997 e 2015.



**Figura 11.** Mapa de Assoreamento/Erosão (1997/2015).

A área que experimentou variação positiva de mais destaque fica localizada na desembocadura do rio Japuíba onde se encontra uma grande zona de assoreamento com valores acima de 1,44m. Essa área se estende no sentido E-W formando uma faixa de assoreamento na enseada. O valor máximo de assoreamento calculado é de 2,36 m, localizado na desembocadura do Rio Japuíba (coloração rosa mais claro).

Pequenas áreas negativas próximas à linha de

costa ficam em evidência, destacando-se a situada na área nordeste (NE) da enseada onde fica evidente a dragagem para passagem de embarcações. O maior valor de erosão é localizado nesta área (azul mais escuro) e foi calculado em 1,5 m.

Ao analisar a taxa de assoreamento nota-se que a área de maior assoreamento corresponde à quantidade de 0,050m de sedimentos sendo depositados anualmente. Já na área erodida temos a

remoção de 0,022m por ano.

Por fim, os cálculos de volume total de assoreamento no domínio estudado) resultou num total de 581.259,88 m<sup>3</sup>, enquanto que os valores de erosão somam 53.584,76 m<sup>3</sup>

## DISCUSSÃO

A comparação dos resultados obtidos nos estudos de VILLENA (1999) e no atual mostra, pela observação do mapa de comparação das isolinhas batimétricas dos dois estudos (Figura 12), uma progradação das isolinhas nas áreas mais profundas que -3m, sendo esta progradação no sentido SE-NW, comprovando-se o descrito por VILLENA (1999) sobre o assoreamento da enseada.

Nas proximidades do aeroporto de Angra dos Reis, entre os paralelos 7458878N e 7459393N e os meridianos 570159E e 570288E, não se nota destacado avanço das isolinhas, mas sim inflexões abruptas e angulosas. Esta constatação coincide com a área de erosão máxima observada no mapa de assoreamento/erosão. Isso ocorre devido a interferência humana no fundo marinho através de

dragagem para a construção de um píer para a atracação de embarcações.

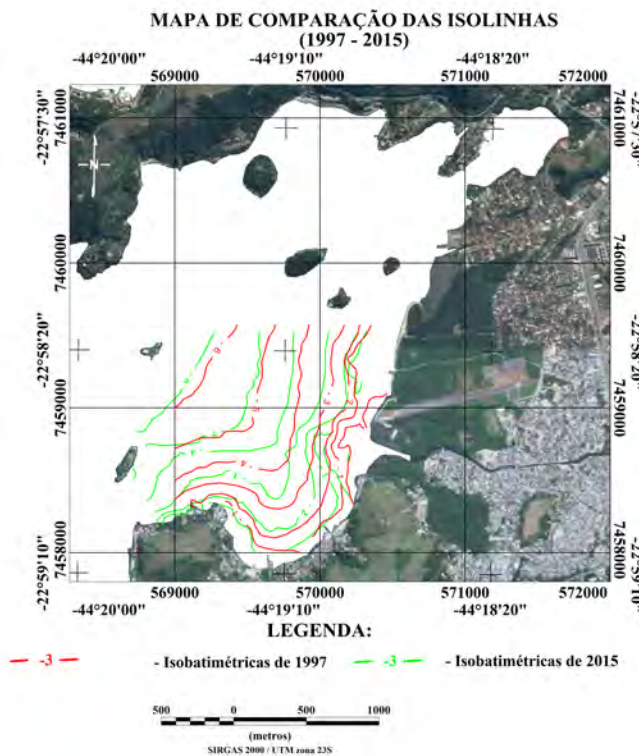


Figura 12. Mapa de Comparação das Isolinhas de 1997 (vermelho) e 2015 (verde).

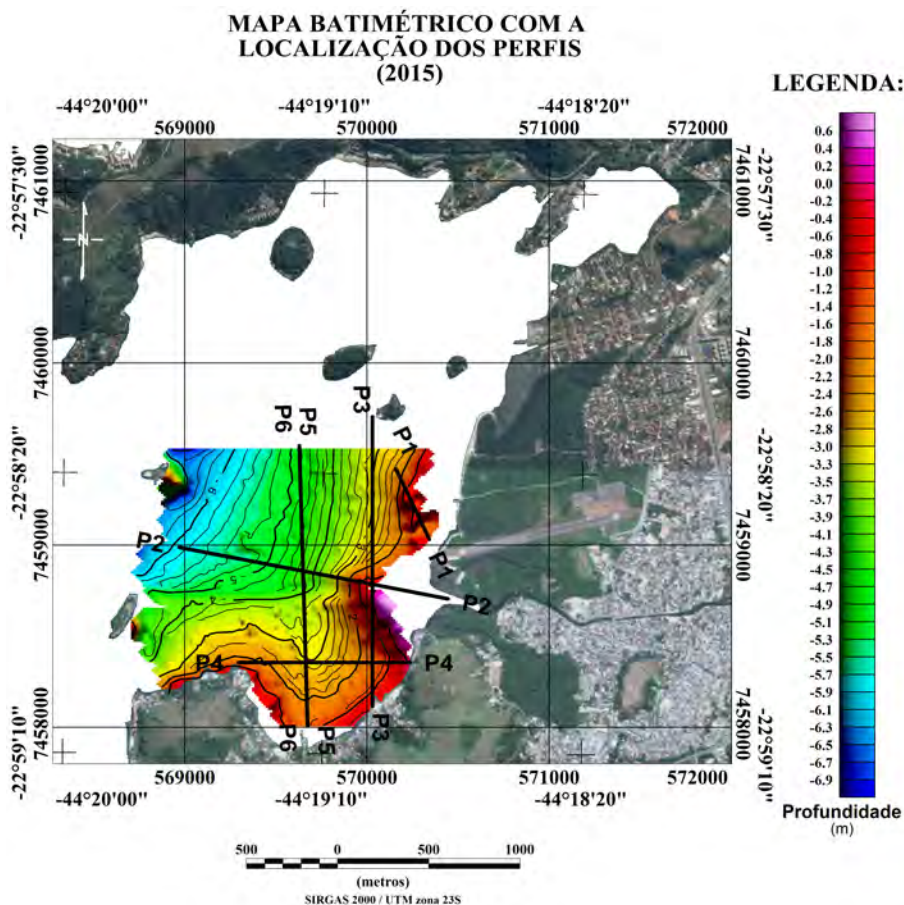
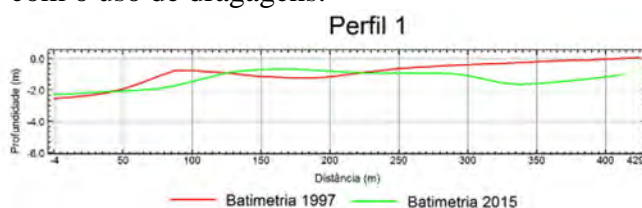


Figura 13. Mapa Batimétrico com a localização dos Perfis.



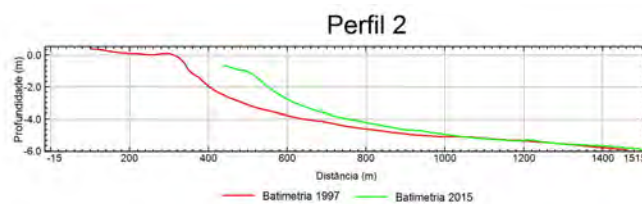
Para uma melhor compreensão foram plotados seis perfis comparativos cujas localizações podem ser vistas na Figura 13:

- Perfil 1 (Figura 14) - comparação entre as batimetrias de 1997 e 2015 na área ao norte do aeroporto de Angra dos Reis, onde temos a dragagem para construção de píer de atracação. Nota-se que ocorreu remobilização de sedimentos, onde a batimetria 2015 chegou, em certo momento, a ficar - 2 metros de profundidade em comparação a batimetria 1997. Essas nuances nas curvas batimétricas mostram que o fundo marinho foi remexido, provando a interferência humana com o uso de dragagens.



**Figura 14.** Perfil 1, onde podemos ver os perfis batimétricos em 1997 e 2015 da área dragada.

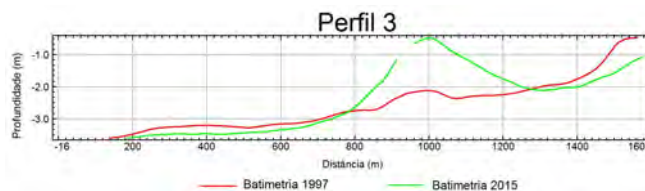
- Perfil 2 (Figura 15) - transecto entre a foz do rio na enseada até a parte mais profunda desta. Neste perfil conseguimos observar a progradação do banco formado na saída do rio Japuiba. Em 1997 tínhamos a porção mais rasa em torno de 300 a 400 metros, seguindo-se um talude suavizado, enquanto que em 2015 as menores profundidades se estendem a 400/500 metros de distância do início do perfil. Os dados até aproximadamente 500 metros, na batimetria de 2015, não estão presentes devido ao encalhe da embarcação no banco de deposição, mostrando a progradação do banco.



**Figura 15.** Perfil 2, onde podemos ver os perfis batimétricos em 1997 e 2015 da saída do rio Japuiba até o ponto mais profundo da enseada.

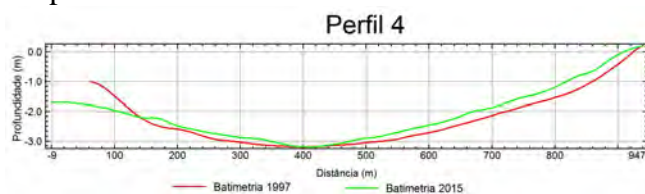
- Perfil 3 (Figura 16) – observa-se com clareza as diferenças entre as batimetrias de 1997 e 2015 neste perfil N-S sobre a porção frontal do banco de deposição. No início nota-se que os dois perfis estão próximos ficando na faixa dos -3 metros de profundidade. Quando este se aproxima do banco da foz do rio, o perfil de 2015 diminui

drasticamente a sua profundidade, tendo uma diferença de aproximadamente 2 metros, mostrando assim a evolução sedimentar deste banco. Em seguida as duas batimetrias se aproximam e voltam a se distanciar próximo à costa.



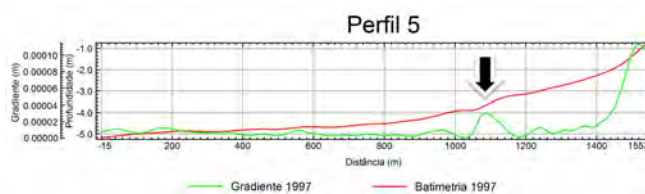
**Figura 16.** Perfil 3, onde podemos ver os perfis batimétricos em 1997 e 2015 saindo do S da ilha Pequena e indo em direção ao S da enseada.

- Perfil 4 (Figura 17) – perfil N-S, mostra a diferença batimétrica de 1997 e 2015 na boca de um pequeno embaimento na parte sul da enseada, formado devido a mudança na direção da linha de costa. As diferenças batimétricas expressas pelos perfis foram pequenas, ocorrendo assoreamento pouco expressivo, exceto na região lateral ao banco, extremidade direita do perfil, onde alguns sedimentos advindo do rio depositaram-se.

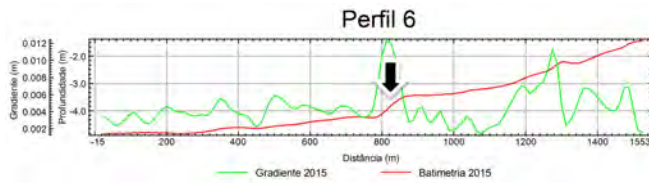


**Figura 17.** Perfil 4, mostrando os perfis batimétricos em 1997 e 2015 dando enfoque na boca do embaimento formado devido a mudança na direção da linha de costa.

- Perfis 5 e 6 – perfis N-S (Figuras 18 e 19) que expõem a mudança da batimetria (em vermelho) e do gradiente (em verde) nos anos de 1997 e 2015 respectivamente. Nota-se que em 1997 a maior mudança de gradiente localiza-se na base da frente de deposição (seta preta). Em 2015, por sua vez, temos variações abruptas no gradiente em todo o perfil, indicando diversas mudanças na inclinação do leito marinho, com o maior valor localizado na base da frente de deposição também.



**Figura 18.** Perfil 5, comparando as linhas batimétricas e gradientes de 1997.



**Figura 19.** Perfil 6, comparando as linhas batimétricas e gradientes de 2015.

Esse comportamento do Perfil 6 de gradiente pode denotar um ambiente sedimentologicamente ativo, o que é evidenciado pelo avanço da frente de progradação, localizada à 800 metros do início do perfil hoje, em relação ao ano de 1997, onde a frente de deposição localiza-se à 1100 metros do início. Em 1997 a deposição era mais local, se concentrando em pontos específicos da enseada, passando em 2015 a uma deposição que se espalha mais pela enseada, embora a maior deposição ainda seja no banco progradante.

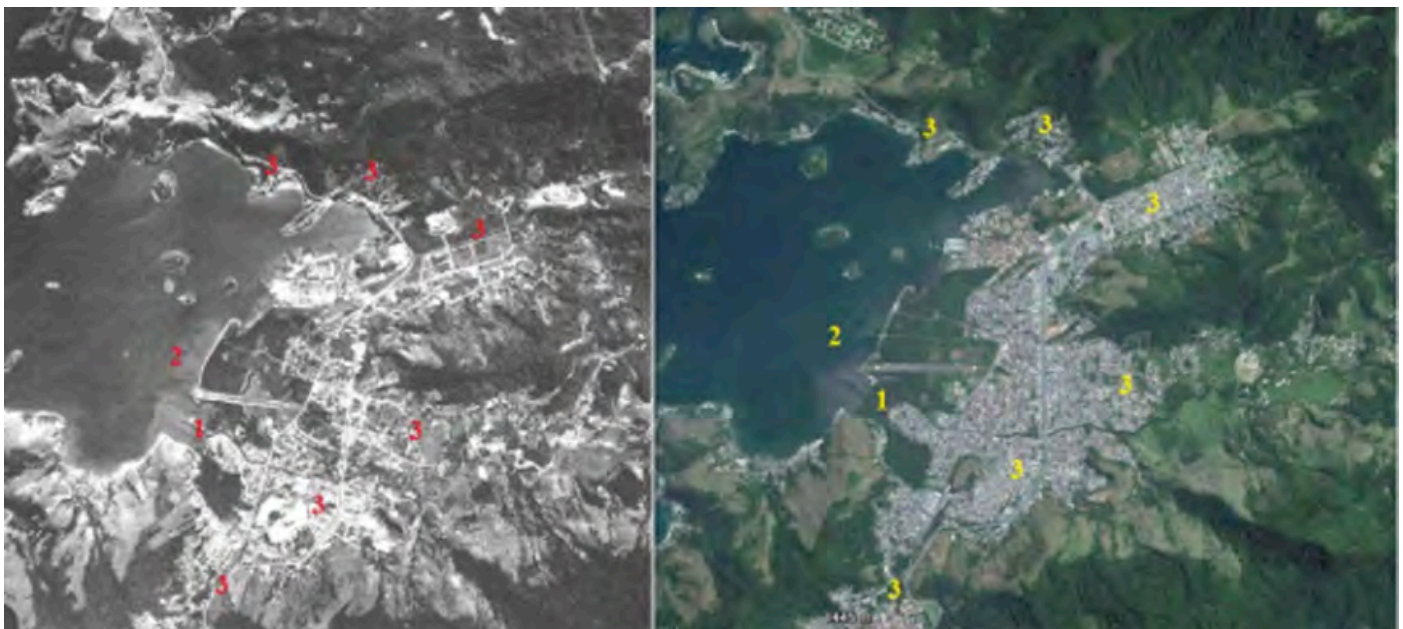
Ao observar novamente o mapa da taxa de assoreamento/erosão fica mais evidente este espalhamento, onde as maiores taxas de assoreamento ficam acima de 0.040 m (locais rosados e avermelhados) iniciando na foz do rio

Japuíba, a partir do banco, e seguindo na direção E-W da enseada. Já paralelo a esta área, conseguimos observar taxas de assoreamento a partir de 0.010 m (tons alaranjados e amarelados), indicado o espalhamento do sedimento.

Hoje, o volume total do assoreamento na enseada é de 581.259,88 m<sup>3</sup> e o de erosão fica em 53.584,76 m<sup>3</sup> para um período de 18 anos. Procedendo-se a razão entre os volumes e o tempo em anos estabelece-se a taxa de assoreamento e a taxa de erosão, ficando, respectivamente em 32.292,26 m<sup>3</sup>/ano e 2.976,93 m<sup>3</sup>/ano.

Considerando-se volume total de assoreamento encontrado por VILLENA (1999), de 439.986,77m<sup>3</sup>, pode-se obter o percentual de aumento do assoreamento na área de estudo para o mesmo período de tempo (18 anos). Fazendo-se a subtração deste volume acima do encontrado neste trabalho, dividindo-se o resultado pelo volume acima e multiplicando-se por 100, temos o percentual de aumento no assoreamento. Este valor de aumento é de 32 %, o que corresponde a um significativo acréscimo de material na enseada.

144



**Figura 20.** Comparação das aerofotos de 1991 (à esquerda) e 2015 (à direita). (1) Avanço do bosque de mangue sobre o leque de deposição; (2) Área dragada nas proximidades do aeroporto de Angra dos Reis; (3) Áreas de expansão urbana.

Segundo VILLENA (1999) as causas do assoreamento na enseada da Japuíba são relacionadas a ações antrópicas que geram um aumento no carreamento de sedimentos, oriundos de um processo de urbanização sem planejamento. Dentre as ações destacam-se a retificação dos cursos

de rios e a remoção da sua mata ciliar, desmatamento/aterro do mangue, a dragagens ocorridas e a extração de areia no rio.

Atualmente (Figura 20) poucas causas se diferem das apontadas por VILLENA (op. cit.). A retificação do rio continua inalterada e sem suas



matas ciliares, a região de mangue teve um pequeno avanço na região da desembocadura do rio Japuiba pela colonização da porção mais proximal do banco de deposição (1), o aumento significativo das dragagens na área próxima ao aeroporto de Angra dos Reis (2), crescimento da extração de areia no leito do rio e evolução da expansão urbana (3).

Um aprofundamento sobre como essa deposição de sedimentos está ocorrendo, infelizmente, não é possível, pois não há qualquer estudo de dinâmica de ondas e correntes no local. VILLENA (1999) apontou a necessidade de estudos complementares sobre a dinâmica oceanográfica local, mas a única ação neste sentido está sendo realizada a partir deste trabalho desenvolvido no ano de 2015. A estação maregráfica instalada na enseada, além de dar suporte à batimetria do presente trabalho, também faz parte de um estudo mais amplo sobre a propagação da onda de maré na Baía da Ilha Grande.

## CONCLUSÃO

À luz de todo o trabalho executado pode-se concluir que:

- 1) O processo de assoreamento da enseada prossegue, destacando-se a área do cone de sedimentação do rio Japuiba, a área a sua frente e o embaiamento a sul da enseada;
- 2) A principal fonte de sedimento continua sendo o rio Japuiba;
- 3) O volume total de sedimentos acumulados na área de estudo entre 1997 e 2015 é de 581.259,88 m<sup>3</sup>, representando um aumento de 32% em relação ao volume determinado por VILLENA (1999);
- 4) A taxa média de assoreamento, calculada pela razão do grid de assoreamento pelos 18 anos de intervalo de tempo, é de 32.292,26 m<sup>3</sup>/ano;
- 5) As causas de assoreamento permanecem as mesmas descritas por VILLENA (1999), entretanto o acréscimo observado no assoreamento deve-se principalmente à expansão urbana observada na região e a maior incidência de eventos de dragagens no canal e na barra do rio Japuiba e na área adjacente ao aeroporto;
- 6) A alteração no padrão de deposição, antes

concentrada no cone de deposição do rio Japuiba e na faixa a sua frente, sofreu alteração, sendo observado o aumento da deposição de sedimento na porção sul da enseada em frente a área conhecida como Aterro;

- 7) A alteração no padrão de deposição reforça a necessidade de estudos oceanográficos complementares na área para o conhecimento da dinâmica que dirige a deposição sedimentar da região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGULO, R.J. & ANDRADE, J.J. 1982. Viabilidade do Controle de Erosão Nas Praias de Caiobá e Guaratuba. *Anais do II Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 3: 681-693, Brasília, Distrito Federal.
- BALAY, M.A. 1952. La cote du plan. *Revue Hydrographic Internationale*, 24(2): 109.
- BASTOS, M. P. & CALLADO, C. H. (Org.). 2009. *O ambiente da Ilha Grande*. Rio de Janeiro: EDUERJ. 562 pp.
- BRASIL. Decreto n. 5334, de 6 de janeiro de 2005. Dá nova redação ao art. 21 e revoga o art. 22 do decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, que estabelece as instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional. Disponível em: <[http://www.inde.gov.br/images/inde/NDecreto\\_5334\\_06jan2005.pdf](http://www.inde.gov.br/images/inde/NDecreto_5334_06jan2005.pdf)> Acesso em: 10 nov. 2016.
- CECCOPIERI, W. 1999. *Avaliação da dinâmica sedimentar no baixo estuário da Guanabara: uma proposta metodológica*. Monografia (Graduação em Oceanografia). Departamento de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 77 pp.
- COURTIER, A. 1938. Marées. Paris: *Service Hydrographique de la Marine*: 149–159.
- DEBUSCHERE, K.; PENLAND, S.; WESTPHAL, K.A.; REIMER, P.D. & McBRIDE, R.A. 1991. Aerial videotape of coastal geomorphic changes. In: *Coastal Zone '91: proceedings of the seventh. Symposium in coastal and oceanic management*, 1: 370-390.
- DHN (DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO -RJ). 1979. *Relatório Final e Folha de Bordo nº 001 do Levantamento*

- Hidrográfico LH003*. Niterói: DHN, 76 pp.
- DHN (DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO -RJ). 1980. *Carta Náutica N° 1637*. Niterói: DHN.
- DHN (DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO -RJ). 1985. *Carta Náutica N° 80*. Niterói: DHN.
- DHN (DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO -RJ). 1993. *Catálogo de Cartas e Publicações: DH7*. Niterói: DHN.
- DHN (DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO -RJ). 2014. *Normas da autoridade marítima para levantamentos hidrográficos: Norma 25*. Niterói: DHN, 52pp.
- ECHEVERRIA, R. M., 2007. *Avaliação de impactos ambientais nos tributários do Lago Paranoá, Brasília – DF*. Dissertação (Mestrado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. 132 pp.
- FRANCO, A.S. 2009. *Marés, Fundamentos, Análise e Previsão*. Niterói: Diretoria de Hidrografia e Navegação, 2ª ed., 344 pp.
- GOOGLE EARTH a, 2016. Imagem orbital do Estado do Rio de Janeiro. Acesso em 19/07/2016.
- GOOGLE EARTH b, 2016. Imagem orbital da Enseada da Japuiba. Acesso em 19/07/2016.
- IBAMA. 1997. Resolução CONAMA 237, 10 págs. In: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>
- MENEZES, P.H.B.J. 2010. *Avaliação do efeito das ações antrópicas no escoamento superficial e assoreamento na bacia do lago Paranoá*. Dissertação de Mestrado apresentada junto ao curso de Pós-graduação em Geociências Aplicadas (Área de concentração Geoprocessamento e Análise Ambiental) do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. 133 pp.
- MIGUENS, A.P. 1996. *Navegação: a ciência e a arte. 1 - Navegação Costeira, Estimada e em Águas Restritas*. Niterói: DHN Marinha do Brasil, 509 pp.
- NITROUER, C.A.; STENBERG, R.W.; CARPENTER, R. & BENNETT, J.T. 1979. The Use of Pb210 Geochronology as a Sedimentological Tool: Application to the Washington Continental Shelf. *Marine Geology*, **31**: 297-316.
- ODERSKI, L.L.R.; SOARES, C.R.; ÂNGULO, R.J. & ZEM, R.C. 2003. Taxas de Assoreamento e a Influência Antrópica no Controle da Sedimentação da Baía de Antonina – Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, 53: 7-12.
- OHI (INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION). 2005. *Manual de Hidrografia* (versão em português do Instituto Hidrográfico de Portugal). Lisboa: Instituto Hidrográfico, 526 pp.
- OHI (INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION). 2008. *Especificações da OHI para levantamentos hidrográficos* (versão em português da Diretoria de Hidrografia e Navegação da marinha do Brasil), 5ª ed., 32 pp.
- ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. 2012. *Relatório sobre a população mundial 2012*. Fundo de População das Nações Unidas, UNFPA Brasília: DF, Brasil, 149 pp.
- PAULA, E.V.; CUNICO, C. & BOLDRINI, E.B. 2006. Aspectos Naturais e Antrópicos Relevantes Para a Compreensão do Assoreamento da Baía de Antonina: Abordagem Introdutória. *Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia*, Goiânia – GO. 9 pp.
- ROIG, H.L. 2005. *Modelagem e integração de processos erosivos e do transporte de sedimentos: o caso da Bacia do Rio Paraíba do Sul*. Tese (Doutorado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 215 pp.
- TORRES, L.C. & VILLENA, H.H. 2007. Mapa de Relevo Submarino Brasileiro. *Anais do XXIII Congresso Brasileiros de Cartografia*: 37 – 40, Rio de Janeiro, Brasil.
- VILLENA, H. H. 1999. *Caracterização do processo de assoreamento na Enseada do Japuiba – Angra dos Reis – RJ*. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha). Departamento de Geologia, Universidade Federal Fluminense, 69 pp.