

TESSLER, M. G. *Sedimentação atual na região lagunar de Canaéia-Iguape, Estado de São Paulo*. 1982. Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de mestre, 110p, inédito.

O Problema De Assoreamento Da Marina Do Sol, Baía De Guaratuba (PR)

*The silting problem at "Marina do Sol"
harbor, Guaratuba Bay (PR)*

Carlos Roberto Soares*
Ricardo de Camargo**
Eduardo Marone**

RESUMO

Este trabalho visa analisar o problema de assoreamento na Marina do Sol, localizada na Baía de Guaratuba (figuras 1 e 2), no sul do litoral do Estado do Paraná (Brasil). A marina foi construída em 1989 e desde então verificou-se um processo de assoreamento. Conseqüentemente, a profundidade do local diminuiu e os barcos de maior calado não puderam mais ser atracados nas vagas de seus respectivos proprietários.

Para investigar o problema de assoreamento e propor soluções, foram efetuadas vistorias nas obras de engenharia adotadas na construção da marina (figuras 3, 5 e 6), além de terem sido elaborados mapas de distribuição do teor em areia, silte e argila dos sedimentos de fundo (figuras 4, 9, 10 e 11) e um mapa batimétrico local (figuras 4 e 8). Tendo em vista o interesse dos administradores locais em obter previsões de maré para a Baía de Guaratuba, área não contemplada nas Tábuas de Maré editadas pela Marinha Brasileira, foi efetuada uma análise do comportamento das marés locais, baseada em 61 dias de observação contínua (figura 7), a partir de uma régua de maré instalada no local. Onze amostras de sedimentos de fundo foram coletadas (figura 4) com busca fundo do tipo Van-Veen, tendo-se analisado a fração fina (silte e argila, por pipetagem) e grosseira (areia, por peneiramento), cujos limites são respectivamente abaixo e acima de 0.062 mm. Dos parâmetros estatísticos sedimentológicos foram calculadas a média e o desvio padrão (grau de seleção). Com base nestes resultados foram elaboradas as seguintes cartas temáticas: distribuição da % de areia (figura 9), % de silte (figura 10), % de argila (figura 11), relação areia/silte+argila (figura 12), média (figura 13) e grau de seleção (figura 14).

Os trabalhos e vistorias efetuadas no local permitiram indicar que o transporte pelas correntes de maré dentro da marina, o sistema de drenagem adotado no local e o tipo de construção são as principais causas do assoreamento (figura 15). A estrutura de concreto (ou cortina) empregada na construção da marina foi edificada até o fundo, provocando o bloqueio do transporte sedimentar, acabando por capturar os sedimentos transportados pelas correntes locais. O padrão de redistribuição destes sedimentos dentro da piscina da marina foi retratado nos mapas dos teores de areia, silte e argila, havendo um predomínio de areia (> 0.062 mm) na boca da marina e uma dispersão a partir deste ponto, no sentido anti-horário. Maiores concentrações da fração de finos (silte+argila) ocorrem na frente da sede social e na zona de sobra da boca da marina. Por acumular as frações finas (silte+argila), o setor oeste da piscina da Marina do Sol é o setor de

* Laboratório de Oceanografia Geológica - Centro de Estudos do Mar/UFPR

** Laboratório de Física Marinha - Centro de Estudos do Mar/UFPR

mais baixa hidrodinâmica do local, enquanto que fluxos de maior energia ocorrem na boca da marina, onde predomina a fração arenosa.

Um fator agravante ao problema é o fato da marina estar situada entre dois rios, cuja boca de acesso de barcos está voltada para a zona de maior fluxo, o que acelera o assoreamento. Desta forma, romper toda a cortina próxima ao fundo marinho não pode ser adotada como a solução ideal para o problema, visto que a contribuição dos rios vizinhos é permanente. A sugestão dada aos administradores seria a de romper apenas parte da cortina de concreto próximo ao fundo, aumentando um pouco a circulação local, embora se recomende uma dragagem para atingir a cota necessária para o atracamento das embarcações (figura 16).

ABSTRACT

The silting problem at "Marina do Sol" harbor, Guaratuba Bay (PR)

This paper examines the silting problem at the "Marina do Sol" harbor, which located at Guaratuba Bay (figures 1 and 2), in the southern coast of Paraná State (Brazil). The harbor was built in 1989 and since its construction silting became significant. Consequently, depth has decreased, and it became a serious problem since some embarcations could not be overtaken in their respective owners areas. To investigate the silting problem and to offer solutions to the local problem, inspections were done on the engineering structure adopted for the construction of the harbor (figures 3, 5 and 6), as well a bathimetric map (figures 4 and 8) and bottom sediment distribution maps (figures 4, 9, 10 and 11) were performed. An analysis of the behaviour of the local tides, since there is no data available for the area, based on 61 days of observation using a local tidal level (figure 7). The bottom sediments were collected in 11 stations (figure 4) using a Van Veen grab. Sediments were characterized by sieving and pipette analysis (respectively for fractions up and down to 0.062 mm) and sediment statistic parameters calculated (mean and standard deviation). The following maps were created with these results: % of sand content (figure 9), % of silt (figure 10), % of clay (figure 11), sand/sil+clay relation (figure 12), mean (figure 13) and standard deviation distribution (figure 14).

This study indicates that the main cause for silting problem in the harbor is the sediment transported by tidal currents and by the harbour design (figure 15). The concrete structure adopted traps sediments carried by local currents, since it was built down to the bottom, and thus creating an entire closed area. Sand predominates in the area with higher concentration at the entrance. Inside the harbor, fine sediments increasingly accumulates in an anticlockwise direction. Silt and clay occur just in the shadow area of the entrance, where hydrodynamic conditions are lower than the harbor's entrance.

To make the problem even worse, the harbor is located between two small rivers, which also contributes to the silting problem. Thus, just disrupting the entire structure close to the bottom it is not the solution for the silting problem, since the contribution from the neighboring rivers are permanent. The suggestion given to the administrators to minimize the problem was to disrupt just a small part of the structure, near the bottom. As well this would provide a stronger circulation inside the harbor, dredging must be used to control the desired level for the doking of ships (figure 16).

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O presente trabalho visa analisar o processo de assoreamento na Marina do Sol, Baía de Guaratuba, a partir da solicitação efetuada pelos administradores locais

ao Centro de Estudos do Mar da UFPR, buscando encontrar soluções para minimizar o problema.

As obras de construção da marina foram terminadas em 1989, verificando-se desde sua conclusão um rápido processo de assoreamento na área de atracamento das embarcações, também conhecida como piscina da marina. O problema do assoreamento tornou-se iminente no momento em que determinados barcos não puderam mais ser atracados nas vagas de seus respectivos proprietários. Na marina vizinha, o Porto Marina, ocorre o mesmo problema.

Assim, foram conduzidos trabalhos visando uma caracterização do local, já que não havia dados pretéritos para a Baía de Guaratuba, como dados meteorológicos, previsões de marés, batimetria e mapas de distribuição sedimentar. Tais dados foram levantados neste estudo, através dos trabalhos de campo e a partir da instalação de uma estação meteorológica digital e de uma régua de maré na Marina do Sol. Os dados referentes às marés apresentados neste trabalho são, desta forma, pioneiros para a região, já que a área não é contemplada pelas Tâbuas de Previsão de Marés da Diretoria de Hidrografia e Navegação (da Marinha Brasileira). Entretanto, não foi possível obter uma relação direta quantitativa entre os valores das marés obtidas pelas previsões e a taxa de assoreamento local. Tal meta só poderia ser atingida a partir de uma análise mais detalhada do transporte de sedimentos em suspensão e



Fig. 1

Mapa de localização da Marina do Sol, Baía de Guaratuba (PR). Location map of "Marina do Sol" harbor, Guaratuba Bay (PR).

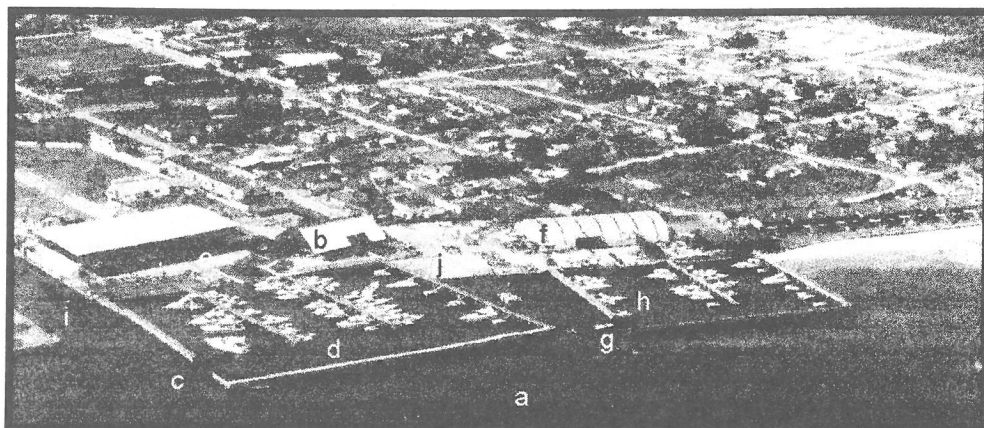


Fig. 2

Vista panorâmica do Sol: (a) Baía de Guaratuba; (b) sede social da Marina do Sol; (c) entrada (boca) da Marina do Sol; (d) piscina da Marina do Sol; (e) rampa dos barcos; (f) sede do Porto Marina; (g) entrada (boca) do Porto Marina; (h) piscina da marina; (i) Rio dos Paus; (j) Rio Piçarras. *Scenic view of "Marina do Sol" and "Porto Marina" harbor: (a) Guaratuba Bay; (b) the club house; (c) entrance of "Marina do Sol" harbor; (d) doking area; (e) boat ramp; (f) "Porto Marina" harbor; (g) entrance of "Porto Marina" harbor; (h) doking area; (i) "rio dos Paus" river; (j) "rio Piçarras" river*

de fundo num período de tempo mais amplo, ou a partir da comparação de cartas batimétricas de distintas idades. Como não existe um documento pretérito relativo à batimetria da piscina da marina, as taxas de sedimentação envolvidas no intervalo de tempo entre o final da construção da marina e a realização deste estudo não puderam ser calculadas. Não obstante, os dados apresentados constituirão a base para o monitoramento das futuras variações volumétricas e sedimentológicas que venham a ocorrer na região. Os dados adquiridos através da estação meteorológica, cujo início de operação ocorreu em outubro de 1994, não serão aqui analisados.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área estudada localiza-se na margem sul da Baía de Guaratuba, no litoral do Estado do Paraná (figura 1). A baía tem como limites aproximados 25°50' e 25°55' de latitude sul e 48°30' e 48°45' de longitude oeste, e tem um eixo alongado na direção leste-oeste, com largura máxima de 5 km. Sua conexão com o oceano é efetuada por uma abertura de 700 metros de largura (BARBOSA, 1991), provavelmente com fortes correntes de maré. A região da Baía de Guaratuba é pouco conhecida no que se refere aos aspectos físico-oceanográficos, exceto pela contribuição de JAKOBI (1953), que analisou a distribuição da salinidade e do pH da baía. Entretanto, diversos estudos com cunho geológico e geomorfológico já foram realizados neste setor do litoral paranaense, destacando-se os trabalhos de BIGARELLA (1950-1951) e BIGARELLA *et al.* (1970), que estudaram, respectivamente, os sambaquis da região e as causas e processos que conduziram ao acidente ocorrido em 1968, no qual várias casas desapareceram pelo afundamento de um pequeno trecho da cidade, fronteiro à Baía de Guaratuba. BARBOSA (1991) descreveu os sedimentos de fundo da baía, levando em

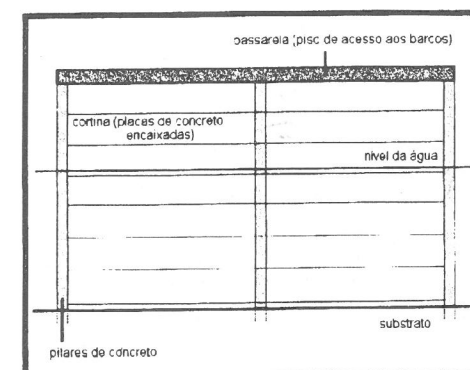


Fig. 3

Tipo de material de construção empregado nas piscinas da Marina do Sol e Porto Marina. *Type of engineering structure adopted in "Marina do Sol" and "Porto Marina" harbors.*

consideração aspectos biossedimentológicos. Mapeamentos geológicos da região de Guaratuba foram efetuados por SALAMUNI & BIGARELLA (1962), FUCK *et al.* (1969), MARTIN *et al.* (1988) e ANGULO (1992).

A Marina do Sol situa-se no bairro Piçarras, na margem sul da Baía de Guaratuba, possui em planta uma forma geométrica quase regular (figura 2), cuja área para atracamento das embarcações é delimitada por passarelas sustentadas por pilares ou estacas, interligadas por placas horizontais de concreto que se encaixam até o fundo marinho (figura 3). A piscina da Marina do Sol é subdividida em três compartimentos, que serão aqui designados para fins de descrição de setores oeste, central e leste, em função de sua posição geográfica. O mesmo tipo de estrutura de engenharia foi empregada no Porto Marina.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a análise do problema de assoreamento da Marina do Sol foi efetuada uma inspeção nas estruturas de engenharia da piscina da marina, bem como foi analisado o sistema de drenagem local.

A batimetria da piscina da Marina do Sol foi investigada com um ecobatímetro Hummingbird (modelo LCR 400) e um GPS Garmin 50, em junho/1994, utilizando-se como nível de referência a cota 0.7 metros da régua de maré instalada na marina. Ao todo, 34 leituras foram efetuadas dentro da piscina (figura 4), e 6 nas áreas externas adjacentes, procurando saber se o assoreamento era local ou geral.

As medições de maré foram efetuadas através de uma régua de maré instalada num pilar de uma das passarelas da marina (figura 4). As leituras foram feitas sistematicamente a cada 30 minutos pelos funcionários da Marina do Sol, durante o período de 14 de maio a 13 de julho de 1994. Os valores observados possuem precisão de 5 centímetros, sendo que foram observadas 1464 horas, ou 61 dias de medição. Os valores numéricos resultantes são alturas relativas, pois o zero da régua é arbitrário, não tendo-se efetuado nenhuma amarração topográfica com uma cota conhecida. A série de dados de altura do nível do mar obtida pela Marina do Sol foi submetida a análise harmônica (FRANCO, 1988), obtendo-se os valores das constantes harmônicas de amplitude e fase das ondas de maré. Com estes resultados foi possível

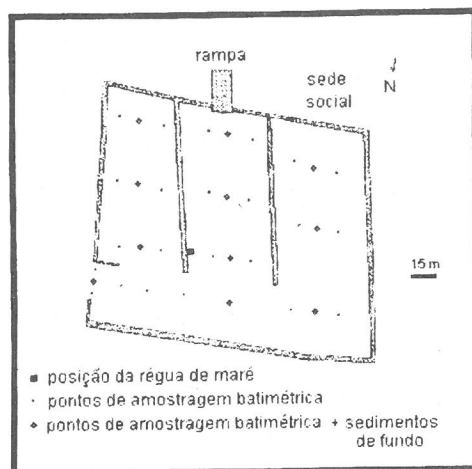


Fig. 4

Mapa de distribuição dos pontos de amostragem batimétrica, de amostragem dos sedimentos de fundo e a posição da régua de maré instalada no local. *Location map of bathymetric points, bottom sediments and the position of the local tidal level used to measure the tidal behaviour.*

elaborar uma tábua de previsão de maré para o local em estudo (reportada por CAMARGO & MARONE, 1994).

Foi instalada na sede social da Marina do Sol uma estação meteorológica digital modelo Davies Monitor II, cujo início operacional ocorreu em outubro de 1994, obtendo-se leituras contínuas dos seguintes itens: pluviosidade, temperatura do ar, umidade relativa, pressão atmosférica, direção e intensidade do vento. Tais dados não serão analisados neste trabalho.



Fig. 5.a

Vista parcial da Marina do Sol e do Porto Marina, assinalando-se os trechos em que a cortina de concreto está rompida. *Partial view of "Marina do Sol" and "Porto Marina" harbor, where the concrete structure is disrupted.*

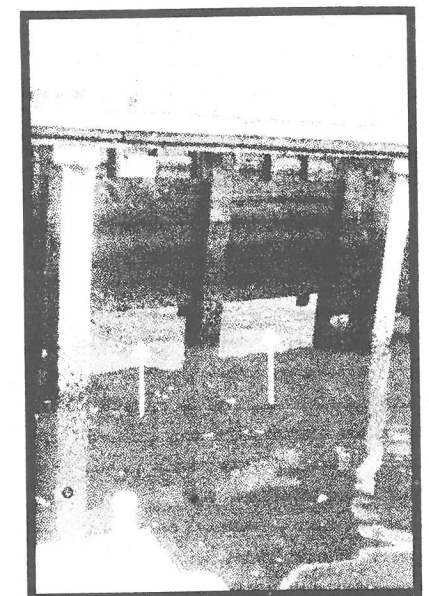


Fig. 5b

Detalhe da cortina rompida. *Detail of the disrupted structure.*

Para caracterizar o fundo da marina, foram coletadas 11 amostras de sedimento dentro da piscina (figura 4) e 4 amostras nas áreas externas adjacentes, com um busca-fundo do tipo Van Veen. Efetuou-se a análise granulométrica dos sedimentos, envolvendo a pipetagem (% de silte e % de argila) e o peneiramento da fração de grosseiros (% de areia), com queima prévia por água oxigenada (30%) para a eliminação da matéria orgânica antes da pipetagem e do peneiramento. Os valores resultantes foram corrigidos e os parâmetros estatísticos de FOLK & WARD (1957, *apud* SUGUIO, 1973) calculados pelo *software* Granulo (Lab. de Geomatemática da UNESP-SP). Estes dados foram plotados em cartas temáticas, envolvendo mapas de isovalores dos teores de areia, silte e argila, relação areia/silte+argila, diâmetro médio e grau de seleção dos sedimentos.

Com base nas visitas ao local, nos dados obtidos e na interpretação dos mapas temáticos foram tecidas as sugestões para minimizar o problema de assoreamento da Marina do Sol e do Porto Marina.

RESULTADOS

VISTORIA NAS ESTRUTURAS DA MARINA

As vistorias na estrutura da Marina do Sol e do Porto Marina permitiram constatar que vários trechos das placas de concreto (ou cortinas), que se estendem até o fundo marinho, encontram-se rompidas (figuras 5a e 5b), pelo desgaste e pela ação contínua das ondas locais. Os trechos rompidos estão situados nos setores oeste e leste da Marina do Sol, respectivamente, no lado voltado para o Rio dos Paus e no lado que margeia o Rio Piçarras.

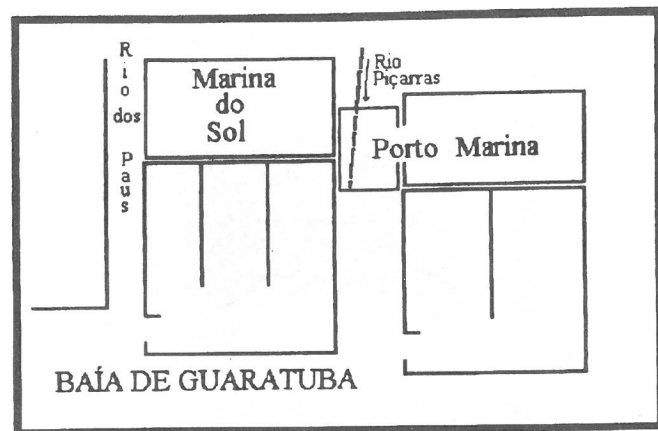


Fig.6

Sistema de drenagem local: a foz do Rio dos Paus situa-se praticamente na boca da Marina do Sol e o Rio Piçarras na área situada entre a Marina do Sol e o Porto Marina. The drainage system in the studied area: the discharge of "Paus" river is located at the mouth of "Marina do Sol" harbor and from the "Piçarras" river at the "Porto Marina" harbor.

A drenagem da região é um fator que deve ser considerado, pois a boca da Marina do Sol é voltada para a foz do Rio dos Paus, havendo ainda a descarga do Rio Piçarras, cuja canalização foi indevidamente efetuada para a área situada entre a Marina do Sol e o Porto Marina (figura 6). Esta obra deveria ter sido construída de forma a contornar a sede do Porto Marina, com deságua da canalização ao oeste desta, evitando assim a captura sedimentar pela entrada da própria marina.

MARÉS

Os dados de alturas do nível do mar (figura 7) permitem classificar a maré como sendo semidiurna com desigualdades diurnas, isto é, com duas preamaras e duas baixamars por dia, onde geralmente uma preamar é maior do que a outra, ou uma baixamar é menor do que a outra (GODIN, 1972). As variações típicas em períodos de quadratura oscilam de 0.5 a 1 metro, e em períodos de sizigia em torno de 1.5 metros.

Assim como em outros estuários, a Baía de Guaratuba apresenta uma maré com características peculiares. Isto porque a onda de maré é bastante modificada ao atingir locais rasos e canais, comportando-se de uma maneira distinta ao ser comparada com observações em mar aberto. Estas modificações referem-se a diferenças nas elevações e horários de máximas e mínimas; em alguns casos extremos, chega a haver o aparecimento de uma terceira preamar e uma terceira baixamar relativa, como é o caso em questão. Na figura 7 encontram-se plotados os valores obtidos em todo o período amostrado.

Com base na referência adotada para instalação da régua de maré, foram observados os seguintes valores:

Valor médio dos dados: 117.32 cm
 Valor máximo atingido: 230 cm
 Valor mínimo atingido: 20 cm
 Média das preamaras de sizigia: 176.10 cm
 Média das baixamars de sizigia: 65.25 cm

Média das preamaras de quadratura: 153.18 cm
 Média das baixamars de quadratura: 66.95 cm

As alturas do nível do mar obtidas através da régua de maré indicam que, no período amostrado, as maiores amplitudes de maré não corresponderam exclusivamente a períodos de sizigia, quando normalmente se observam as maiores preamaras e as menores baixamars. Isto se deve a um aumento do nível médio do mar, geralmente causado por influências meteorológicas.

Na figura 7 estão plotados os valores observados, o valor médio de todos os dados e os valores médios filtrados, sendo estes últimos, os resultados da aplicação

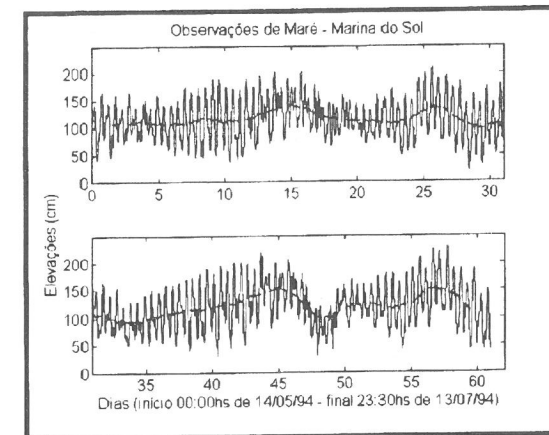


Fig.7

Alturas de maré (contínuo) e valor médio filtrado (tracejado) das observações efetuadas na Marina do Sol no período de 14/5 a 13/7/1994, a cada 30 minutos. Tidal height (continuous) and filtered mean sea level observed at "Marina do Sol" harbor, from 5/14 to 7/13/1994, sampled each 30 minutes.

de um filtro das médias móveis à série original, procedimento este que remove oscilações com períodos menores do que 3 dias (GODIN, 1972). Pode-se observar a oscilação do nível médio filtrado em torno da média dos dados. Estas variações são forçadas por condições meteorológicas, as quais podem estar associadas a sistemas predominantes, como a Alta Pressão do Atlântico Sul, ou a situações transientes, como a passagem de frentes frias na região. Os desvios acima da média referem-se às frentes frias e os desvios abaixo, às condições prevalecentes. Em geral, os desvios acima têm maior amplitude e perduram por menos tempo do que os desvios abaixo.

As componentes que possuem maior amplitude, em ordem decrescente, são as semidiurnas M2 e S2, a quarto-diurna M4, a diurna O1, a ter-diurna M3 e a diurna K1. Observa-se também uma componente oitavo-diurna com amplitude considerável para a sua banda de frequência, a qual é gerada por interações não-lineares entre as principais componentes. De qualquer forma, o modo mais energético é o semidiurno (2 ciclos por dia), devido às grandes amplitudes das componentes neste grupo. Este é o motivo pelo qual a maré da Baía de Guaratuba é predominantemente semidiurna.

BATIMETRIA

A figura 8 apresenta os resultados obtidos, constatando-se que as profundidades são menores na porção oeste da marina (cota -0.5 m), na região adjacente à rampa.

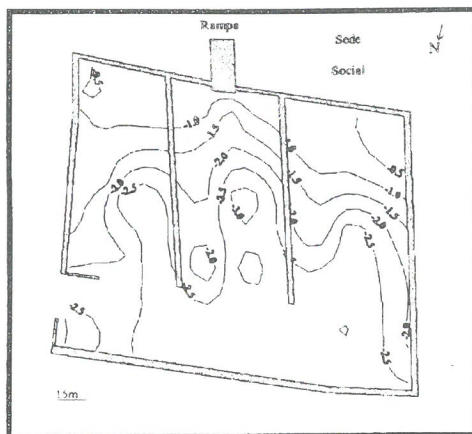


Fig. 8

Mapa batimétrico efetuado na Marina do Sol (em metros). Bathymetric map of "Marina do Sol" harbor (in meters).

(-1 m) e no lado que margeia o Rio dos Paus (-0.5 a -1.5 m), este último na porção leste da piscina. As maiores profundidades são encontradas ao longo do eixo de acesso à marina, que em planta é subdividida em três compartimentos, nos quais os barcos são atracados.

TEORES DE AREIA, SILTE E ARGILA

O teor de areia nos sedimentos de fundo da Marina do Sol foi a que apresentou maior variação entre as frações granulométricas analisadas (figura 9). As maiores concentrações de areia são verificadas na sua boca (máximo de 94.978%), sendo que as menores concentrações (mínimo de 37.663%) ocorrem junto à cortina que limita a piscina da marina e o Rio dos Paus (setor oeste), cuja estrutura encontra-se

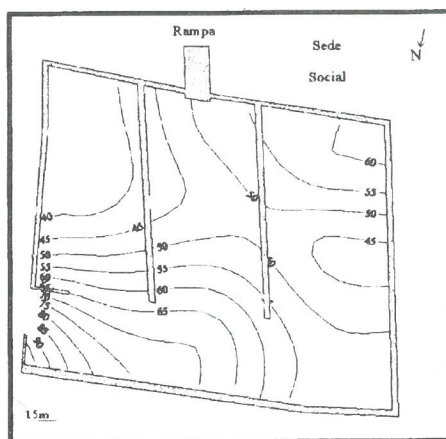


Fig. 9

Mapa de distribuição do teor de areia dos sedimentos (em %). Distribution map of sand content (in %).

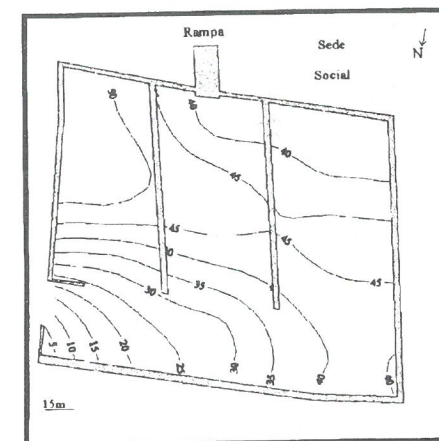


Fig. 10

Mapa de distribuição do teor de silte dos sedimentos (em %). Distribution map of silt content (in %).

parcialmente rompida neste setor. Também ocorre uma menor concentração dos teores de areia na parte que margeia a sede social e a rampa. O padrão de distribuição da fração areia no local mostra uma dispersão no sentido anti-horário a partir da boca da marina (cujos teores de areia são >85%), sendo a boca da marina a área de maior energia hidrodinâmica.

Os teores máximos e mínimos da fração silte nos sedimentos da marina foram, respectivamente, de 53.695 e 5.024%. O mapa de isodistribuição (figura 10) mostra pólos de deposição desta fração em frente à sede social e na porção leste da piscina. A menor concentração da fração silte foi observada próximo à boca da marina.

Das frações sedimentares analisadas, o total de argila foi a que apresentou os teores mais baixos. O teor em argila variou entre 1.005 e 13.258%, verificando-se a maior concentração desta fração na zona de sombra da boca da marina (figura 11). O acúmulo de silte+argila (também chamado de teor em finos ou teor em lama) ocorre

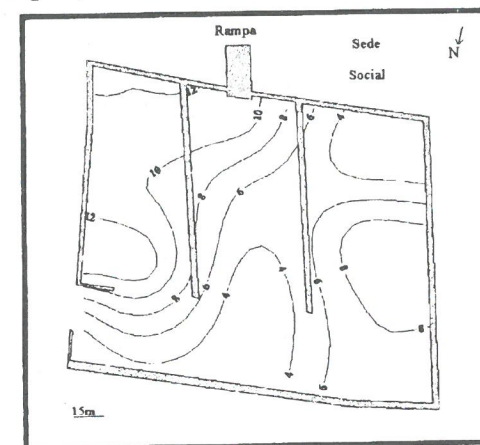


Fig. 11

Mapa de distribuição do teor de argila dos sedimentos (em %). Distribution map of clay content (in %).

no setor leste da Marina do Sol, indicando ser esta a zona de menor energia hidrodinâmica.

RELAÇÃO AREIA/SILTE+ARGILA

A relação básica entre o teor de areia/silte+argila (ou grosseiros/finos) fornece um bom indicativo do balanço hidrodinâmico dentro da piscina da marina. Um valor igual a 1 (=1, adimensional) para uma determinada amostra indica que ocorre 50% de cada uma das frações acima mencionadas. Valores maiores do que 1 (> 1) indicam um predomínio de grosseiros (areia e frações mais grossas) e valores menores do que 1 (< 1) um predomínio da fração finos (silte+argila). Os valores máximos e mínimos deste parâmetro na piscina da marina foram, respectivamente, de 0.601 e 18.904. A figura 12 mostra a distribuição de isovalores obtidos da relação areia/silte+argila para os sedimentos de fundo da Marina do Sol, constatando-se um predomínio de valores maiores do que 1 em praticamente toda a marina, exceto na zona de sombra da boca da marina e junto ao muro que limita a piscina e o Rio dos Paus (porção leste da marina). Os valores encontrados na boca da marina foram os mais elevados, indicando um predomínio da fração areia.

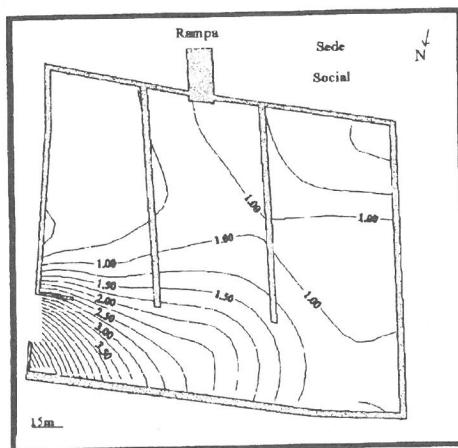


Fig. 12

Mapa de distribuição da relação dos teores areia/silte+argila (adimensional). Distribution map of the sand/silt+clay relation (nondimensional).

DIÂMETRO MÉDIO E GRAU DE SELEÇÃO

O diâmetro médio dos sedimentos é uma medida de tendência central tomada em diversos pontos (quartis) da curva de distribuição das frequências das classes granulométricas de cada amostra. Normalmente seu valor é expresso na escala, sendo que na área estudada estes valores variaram entre 2.748 (areia fina) nas áreas externas à piscina da marina e 5.060 (silte médio) dentro da piscina. A figura 13 mostra a distribuição dos isovalores, observando-se que há um aumento nos valores de ϕ (implicando numa diminuição do tamanho dos sedimentos) na frente da sede social e na porção leste da marina, onde as concentrações de silte grosso e silte médio são maiores. Na boca da marina constata-se um predomínio de valores de ϕ menores do que 4, indicando haver apenas areia nos sedimentos de fundo.

Na área estudada os valores do desvio padrão ou grau de seleção variaram entre 0.692 até 2.015, respectivamente, de moderadamente selecionado até muito pobremente selecionado. O mapa de isodistribuição dos valores de seleção (figura 14) mostram que os sedimentos são melhor selecionados na boca da marina do que na parte interna da piscina, onde os sedimentos são menos selecionados.

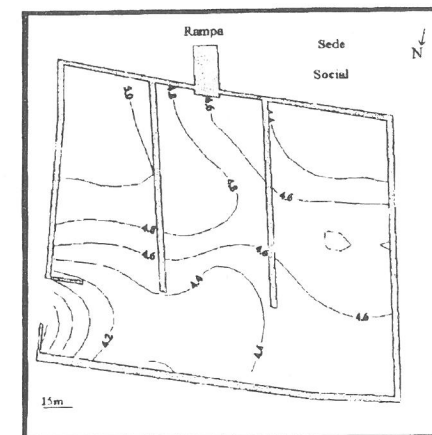


Fig. 13

Mapa de distribuição do diâmetro médio dos sedimentos (na escala ϕ). Distribution map of sediment mean (ϕ scale).

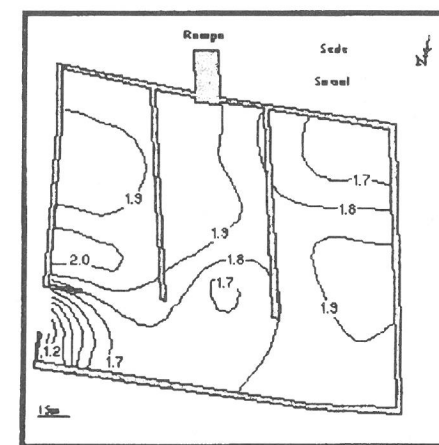


Fig. 14

Mapa de distribuição do grau de seleção (desvio padrão) dos sedimentos. Distribution map of selection (standard deviation) values.

DISCUSSÃO

Os dados levantados neste trabalho sugerem que a principal causa do problema de assoreamento da Marina do Sol e do Porto Marina é o sistema de drenagem do local e o tipo de estrutura empregado na construção da piscina das marinas. As

cortinas de concreto, que se estendem até o fundo marinho, têm basicamente a função de segurança dos barcos ancorados e a de romper a energia das ondas dentro da piscina. Tais estruturas, entretanto, bloqueiam o transporte de sedimentos. As cortinas deveriam ter sido construídas apenas até o ponto atingido pelo nível das baixa-mares de sizígia, deixando o fundo livre para o transporte de sedimentos. A presença de dois rios, no entanto, um na entrada da Marina do Sol (Rio dos Paus) e outro na área situada entre a Marina do Sol e o Porto Marina (Rio Piçarras) não favorece a decisão de romper toda a cortina como solução para o problema de assoreamento, pois ocorre uma descarga sedimentar permanente proveniente dos rios. A figura 15 mostra um esquema resumido das prováveis causas do assoreamento das marinas, inferindo-se o sentido de transporte sedimentar próximo à margem da Baía de Guaratuba, cuja dinâmica é regida pela interação entre as correntes de maré e as ondas geradas pelos ventos locais. A carga sedimentar transportada próximo à margem da baía acaba por ser capturado pelas bocas das marinas, havendo um predomínio da fração areia na boca da Marina do Sol e uma diminuição desta fração em direção ao interior da piscina, cuja distribuição mostra um padrão no sentido anti-horário. As zonas mais rasas, ou seja, as áreas em que a deposição é mais significativa, ocorrem na zona de sombra da boca ou entrada da marina e no setor oeste da piscina, no lado que margeia o Rio dos Paus, havendo um predomínio das frações silte e argila. A baixa porcentagem de argila indica que esta fração não é hidrodinamicamente estável no meio. Parte do assoreamento das piscinas pode ser atribuído à entrada dos sedimentos dos rios diretamente para o interior das piscinas, pelos trechos rompidos da cortina.

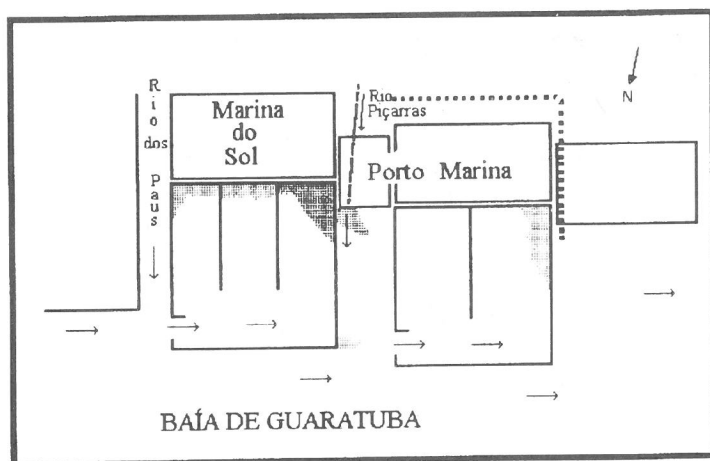


Fig. 15

Croqui representativo da provável causa do problema de assoreamento na Marina do Sol e Porto Marina. Os sedimentos provêm de leste para oeste na Baía de Guaratuba (sedimento das setas), sendo a carga sólida captada pela boca da Marina do Sol, somando-se ainda a descarga do Rio dos Paus, principais responsáveis pelo assoreamento da Marina. O mesmo ocorre com o Porto Marina, pois o deságua da canalização do Rio Piçarras deveria ter contornado a sede do Porto Marina (linha tracejada), correndo para oeste, evitando a captura pela sua boca. Scheme of the cause of the silting at "Marina do Sol" and "Porto Marina" harbors. Sediments in Guaratuba bay are transported from east to west (arrows) and trapped by the entrance of the harbor, including the discharge of "Paus" river, both responsible of the silting problem. The same situation occurs in "Porto Marina" harbor, since the design of the "Piçarras" river canalisation should follow to west of the club house (dot line).

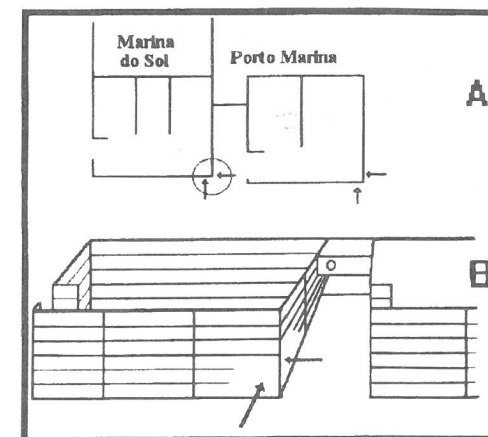


Fig. 16

Sugestão dada aos administradores locais para a melhoria do problema de assoreamento da Marina do Sol e do Porto Marina: romper apenas trechos da cortina no fundo no setor oeste de ambas as Marinas procurando aumentar a dinâmica local. (a) em planta e (b) em perspectiva. Suggestion given to the local administrators to minimize the silting problem in "Marina do Sol" and "Porto Marina" harbors: disrupt the concrete structure near the bottom at the west corners of the both harbors. (a) Plan view and (b) in perspective.

A medida mais simples para a resolução do problema de assoreamento das piscinas da Marina do Sol e do Porto Marina seria realizar uma pequena dragagem, determinando-se uma cota batimétrica mínima necessária para o atracamento dos barcos nas vagas de seus respectivos proprietários (de no mínimo 4 metros). Após a realização desta obra, deveria ser realizado um novo mapa batimétrico, documento este que deve constituir a base para o cálculo da taxa de assoreamento local. O rompimento da cortina próximo ao fundo no setor oeste de ambas as marinas (figura 16) provavelmente aumentaria a circulação dentro das piscinas.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

Os trabalhos realizados na Marina do Sol indicaram ser a causa do problema de assoreamento local o tipo de estrutura adotada na construção da piscina e o sistema de drenagem das áreas adjacentes. Tanto na boca da Marina do Sol como do Porto Marina ocorre a captura da carga sedimentar transportada pelas correntes de maré, de leste para oeste (margeando o contorno da Baía de Guaratuba), que interagem com pequenas ondas locais geradas pelos ventos. Os rios adjacentes às marinas também contribuem para o assoreamento, pois as suas descargas sólidas ocorrem no mesmo local onde se situam as entradas de acesso dos barcos às marinas (bocas). As placas de concreto (ou cortinas) adotadas na construção das piscinas, que se estendem até o fundo marinho, acabam por trapear o material transportado pelos agentes hidrodinâmicos locais, causando o assoreamento.

Os sedimentos da área são mais arenosos na boca da Marina do Sol do que na parte interna da piscina, onde ocorre uma diminuição do tamanho dos grãos no sentido anti-horário, gerada pela ação localizada de correntes de marés e pequenas ondas, sendo que estas últimas também podem ser geradas pela movimentação das embarcações. Silte e argila concentram-se no setor leste da Marina do Sol, na zona

de sombra da boca da piscina. A análise da distribuição sedimentar indica haver uma queda de energia do meio transportador da boca para o interior da piscina.

Os dados de maré, pioneiros para a região, permitiram classificar a maré como sendo uma semidiurna com desigualdades diurnas, isto é, com duas preamares e duas baixa-mares por dia, onde geralmente uma preamar é maior do que a outra, ou uma baixa-mar é menor do que a outra. As variações típicas em períodos de quadratura oscilam em torno de 0.5 a 1 metro, enquanto que nos períodos de sizígia a variação está em torno de 1.5 metros.

Com base nas inspeções das estruturas de concreto das marinas e nos mapas de distribuição sedimentar foi recomendado aos administradores locais o rompimento das cortinas próximo ao fundo marinho no oeste de ambas as marinas, o que causaria um aumento da energia dos agentes hidrodinâmicos locais (correntes de marés e ondas). Para o atracamento das embarcações em suas respectivas vagas, recomenda-se que uma pequena dragagem seja efetuada para a adoção de uma cota batimétrica, de no mínimo 4 metros, cuja manutenção deverá ser feita através de sucessivos levantamentos batimétricos, a partir dos quais poderão ser calculadas as taxas de sedimentação.

O traçado da drenagem da região, cujos rios acabam por desaguar na boca das marinas, deveria ser reestruturado, evitando a captura do transporte sólido para dentro das piscinas das marinas, principal causa do assoreamento local.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Davi Deutscher (Comodoro da Marina do Sol) e aos funcionários da Marina do Sol;

Aos professores Rodolfo José Angulo, Paulo César Gianini e Guilherme Camargo Lessa pela leitura crítica do texto;

À Márcia Bernini, pela análise laboratorial dos sedimentos de fundo;

À FUNPAR, que viabilizou a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGULO, R. J. *Geologia da planície costeira do Estado do Paraná*. São Paulo, 1992. Tese de doutoramento, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 334 p.
- BARBOSA, C. F. *Caracterização biossedimentológica quantitativa dos sistema estuário-manguezal da Baía de Guaratuba, PR*. São Paulo : 1991, Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 107 p.
- BIGARELLA, J. J. Contribuição ao estudo dos sambaquis no Estado do Paraná. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, 5-6, p. 293-314.
- _____. ; SILVA, J. X. ; DUARTE, G. M. O desastre de Guaratuba. *Revista Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas*, n.14, p. 5-16. 1970.
- CAMARGO, R. ; MARONE, E. Medições de maré na Marina do Sol, Guaratuba (PR). *Relatório inédito*, 1994. Convênio Marina do Sol/FUNPAR/CEM, 7 p. + anexos.
- FRANCO, A. S. *Tides: fundamentals, analysis and prediction*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2. ed., 1988. 146 p.
- FUCK, R. A. ; MURATORI, A. ; TREIN, E. *Guaratuba - Folha Geológica XXV-14*. COMISSÃO DA CARTA GEOLÓGICA DO PARANÁ, 1969, escala 1:70.000.
- GODIN, G. *Analysis of tides*. Liverpool Press, 356 p. 1972.
- JAKOBI, H. Sobre a distribuição da salinidade e do pH na Baía de Guaratuba. *Arquivos do Museu Paranaense*, (10), p. 3-35.

MARTIN, L. ; SUGUIO, K. ; FLEXOR, J. M. ; AZEVEDO, A. E. G. de. *Mapa geológico do Quaternário costeiro dos Estados do Paraná e Santa Catarina*. Brasília, DNPM, texto explicativo (40p.) + 2 mapas. 1988 (Série Geológica, 28; Seção Geológica Básica, 18).

SALAMUNI, R. ; BIGARELLA, J. J. Notas complementares à planta geológica provisória da Baía de Guaratuba (PR). *Boletim Universidade do Paraná*, n.8, p. 1-6. 1962.

SUGUIO, K. *Introdução à sedimentologia*. São Paulo : Edgar Blucher, 1973. 317 p.