

A DINÂMICA HIDROSEDIMENTOLÓGICA DA BAÍA DE SÃO MARCOS (MA) COMO CONDICIONANTE DA METODOLOGIA DE DRAGAGEM DO COMPLEXO PORTUÁRIO DE PONTA DA MADEIRA

Paolo Alfredini¹; Odair José de Souza²; Guilherme da Costa Silva³.

¹Professor Livre-Docente da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Laboratório de Hidráulica, Av. Professor Lúcio Martins Rodrigues 120, CEP 05508-900 – Cidade Universitária, São Paulo (SP)

Fone: +55 11 3091-5735 e-mail: alfredin@usp.br, paolo.alfredini@poli.usp.br

²Professor da Universidade Presbiteriana Mackenzie

³Doutor em Engenharia Civil na área de Hidráulica Marítima pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e-mail: guilherme.silva@poli.usp.br

RESUMO

A Área Portuária do Maranhão constitui-se no segundo maior complexo portuário do Brasil e um dos maiores do mundo em termos de movimentação de carga. O Laboratório de Hidráulica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – LHEPUSP – tem uma longa história de 25 anos de parceria tecnológica com a Companhia Vale do Rio Doce S. A. no estudo em modelo físico do Complexo Portuário de Ponta da Madeira (CPPM). Para caracterizar e analisar a dinâmica da sedimentação e os serviços de dragagem no CPPM, a Área de Hidráulica Marítima do LHEPUSP desenvolveu entre 1983 e 2002 a otimização da metodologia de dragagem.

ABSTRACT

The Maranhão Harbour Area is the second Brazilian port complex and one of the largest in the world in terms of cargo handling. The Hydraulic Laboratory of Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – LHEPUSP – has a 25 years long term history of technological partnership with Companhia Vale do Rio Doce S. A. studying in a physical model the Ponta da Madeira Port Complex (CPPM). With the purpose of describe and evaluate the sedimentation dynamics and the dredging works in the CPPM, the Maritime Hydraulics Branch of the LHEPUSP performed from 1983 to 2002 studies for the dredging technique improvement.

Palavras-Chave: hidráulica marítima, dragagem, hidrossedimentologia

1. INTRODUÇÃO

A Área Portuária do Maranhão constitui-se no segundo maior complexo portuário do Brasil e um dos maiores do mundo em termos de movimentação de carga, com mais de 60 milhões de toneladas movimentadas em 2002, isto é mais de 10% da movimentação portuária anual do país. Situada na costa ocidental da Ilha de São Luís, na Baía de São Marcos, esta área portuária abrange os pieres do Complexo Portuário de Ponta da Madeira (CPPM), da CVRD - Companhia Vale do Rio Doce S. A. O Laboratório de Hidráulica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – LHEPUSP – tem uma longa história de 25 anos de parceria tecnológica com a Companhia Vale do Rio Doce S. A. no estudo em modelo físico do CPPM. A Baía de São Marcos na Área Portuária do Maranhão apresenta marés que podem atingir amplitudes de até 6,5 m, com correntes associadas de mais de 6 nós e milhões de m³ de sedimentos transportados anualmente.

Para caracterizar e analisar a dinâmica da sedimentação no CPPM, a Área de Hidráulica Marítima do Laboratório de Hidráulica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo desenvolveu entre 1983 e 2002 estudos hidrossedimentológicos visando a implementação de propostas de alternativas de dragagem.

2. MAPEAMENTO COMPARATIVO DA SEDI-MENTAÇÃO NOS PERÍODOS DE DRAGAGEM

Dispondo-se da coleção completa de sondagens batimétricas efetuadas no período de dragagens, a partir de 1985, e contando-se com o conhecimento da evolução dos fundos da área do CPPM desde 1983, quando os es-

pigões tiveram sua implantação concluída, foram selecionados períodos de comparação do mapeamento da sedimentação para cada sistema de dragagem. Estes critérios permitem estabelecer uma base de comparação objetiva, uma vez que o aporte sedimentar está ligado às descargas das drenagens que aportam na vizinhança imediata e mais afastada ao sul do porto, bem como ao ciclo das correntes de maré, que varia de acordo com o mês lunar (sizígias e quadraturas), bem como ao longo do ano. Assim, como exemplo, está apresentado o período de comparação de dragagem por draga hopper de grande porte (que atuaram de 1985 a 1995) de julho de 1989 a janeiro de 1991, o maior conseguido com este sistema, com o período de dragagem permanente de manutenção por jato d'água (que atuou de 1996 a 2001) de 1998 e 1999 e com o período de dragagem preventiva com draga hopper de pequeno porte (a partir de 2002) de julho a dezembro de 2002.

As isóbatas de cada um dos períodos selecionados foram superpostas em desenhos individuais para cada isóbata, permitindo a comparação das evoluções dos fundos por cada processo de dragagem. A isóbata de 25 m é a de projeto para o Pier I e ilustra estes resultados na Figura 1, permitindo que se tenha idéia da oscilação planimétrica característica. Para o período selecionado de atuação de draga hopper de grande porte é apresentada a Figura 2 com as taxas de evolução dos fundos. As curvas de isotaxas permitem identificar as diversificadas regiões de sedimentação, evidenciando a gênese e a progressão da mesma.

As análises granulométricas dos sedimentos coletados no CPPM caracterizam os sedimentos como areia fina. Na área fronteira aos berços de atracação os fundos são

constituídos de areia fina com diâmetros médios que variam de 0,15 a 0,25 mm. No tardoz do berço encontram-se sedimentos mais finos, desde areia fina de diâmetro médio 0,15 mm até silte e argila nas áreas mais internas. A oeste da área de atracação a granulometria aumenta chegando-se a observar a presença de areia média e em alguns pontos pedregulho. A redução da granulometria da área externa para a área interna é resultante do processo de segregação provocado pela redução da capacidade de transporte das correntes que transportam os sedimentos para o interior da área do terminal.

Na Figura 3 estão esquematizados os fluxos hidrosedimentológicos atuantes:

- Os aportes sedimentares na maré vazante sofrem perda de competência de capacidade de transporte ao penetrarem (A) e induzem escoamento em reversa pela porção mais ao norte da área abrigada (B). Esta carga sedimentar aportada pela vazante é, em parte, descarregada pelo Canal do Boqueirão (C), enquanto a porção majoritária segrega no tardoz da área do futuro Pier III (D), sendo a área da Plataforma a área que pode ser considerada de maior intensidade de deposição primária (D).
- Em maré enchente o efeito dominante é o de ocorrer um arrasto sedimentar para o sul na frente de atracação (E), enquanto internamente ocorre uma recirculação de lenta velocidade (F), que redistribui os sedimentos mais finos.
- No decorrer dos vários ciclos de maré, o efeito das correntes de reversa da vazante, combinado com o arrasto sedimentar da enchente para o sul, empurra os depósitos sedimentares para a área imediatamente ao norte do berço do Pier I.
- A utilização do modelo físico na visualização e caracterização, por meio de traçador dos sedimentos e de corantes junto ao fundo, da competência dos sistemas de correntes capazes de transportar sedimentos permitiu efetuar a comparação das condições anteriormente vigentes com as que passarão a vigorar com a implantação do Pier III.

3. METODOLOGIAS DE DRAGAGEM DE MANUTENÇÃO UTILIZADAS

De 1985 a 1995 foram feitas 6 dragagens periódicas de manutenção com dragas hopper de grande porte (acima de 5000 m³ na cisterna) e despejo em área autorizada pela Marinha a 3 MN do porto.

De 1996 a 2001 foi utilizada a dragagem por jato d'água, modificando-se o princípio de remover o sedimento da área portuária para a área de despejo. Este sistema ressuspende e redistribui os sedimentos da área onde atua contando com o efeito das correntes de densidade e das correntes de maré, ficando boa parte do material movimentado nas imediatas vizinhanças.

A dragagem preventiva permanente com draga hopper de pequeno porte foi concebida em 1992 pelo LHEPUSP para atuar numa área poligonal no tardoz dos berços, estando assinalada nas Figuras 1 e 2, por corresponder, pela análise da evolução da sedimentação constatada desde 1983 pelos estudos do LHEPUSP, à área nascedouro da sedimentação interna ao CPPM. O objetivo dessa dragagem é obter a captação do assoreamento das bacias e ber-

ços acostáveis em sua gênese, isto é na Plataforma de cota 20,0 m (CHM).

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise comparativa das metodologias de dragagem atuadas desde 1985 evidenciou que:

- A comparação técnico-econômica das dragagens realizadas no TPM, por dragagem convencional com draga hopper e pelo sistema de jato d'água têm eficácias de manutenção equivalentes para profundidades até 22 a 23 m, entretanto neste segundo processo o sedimento não é removido da área, tendendo a retornar e saturar.
- Quanto aos preços desembolsados verifica-se que houve uma equivalência dos pagamentos efetuados pela CVRD com os dois sistemas.
- A dragagem por draga hopper remove na cisterna os dragados do volume de controle, despejando-os na área demarcada pela Marinha, da qual não há retorno para a área de dragagem.
- A dragagem por jato d'água redistribui os sedimentos na área, removendo parte da carga sedimentar para áreas adjacentes, podendo ser remobilizada para retornar à área de dragagem.

5. A OPERACIONALIZAÇÃO DA DRAGAGEM PREVENTIVA

Dentre as alternativas de equipamento a ser utilizado na dragagem preventiva as condições técnico-econômicas para o início da operacionalização em 2002 recaíram numa Trailing Suction Hopper de pequeno porte disponível no mercado nacional. Tal equipamento tem alcance para 29 m de profundidade, capacidade máxima na cisterna de 880 m³, dispõe de dois motores schottel na popa e é dotado de bow thrust. Estas características conferem à draga a possibilidade de atender tanto à Plataforma, quanto à frente de atracação, com grande manobrabilidade e pequena dimensão, suficiente para se inserir entre as estruturas.

A partir da análise das sondagens batimétricas de julho a dezembro de 2002 constata-se que a remoção do material da plataforma no tardoz dos pieres efetivamente retarda a evolução dos fundos na frente da linha de atracação, o que se traduz numa vantagem operacional para o terminal, podendo-se atuar na frente da linha de atracação para limpezas de pequena envergadura. Tem sido utilizadas em média cerca de 650 horas mensais, com viagens em média de 350 m³ na cisterna, para remover em torno de 65000 m³/mês a um preço médio mensal inferior ao que vigorou nas dragagens efetuadas anteriormente. A dragagem na frente da linha de atracação com draga hopper de maior porte, se necessária, seria desta forma realizada em períodos mais longos, diluindo-se seu custo de mobilização. A experiência que vier sendo adquirida por esta metodologia de dragagem irá sendo agregada na condução de um banco de informações que permitirá à CVRD especificar um equipamento dedicado específico à tarefa da manutenção dos fundos. A dragagem preventiva descrita tem o objetivo também de evitar o entulhamento por sedimentos da área do tardoz dos pieres, entulhamento de difícil previsão e de conseqüências também de difí-

cil avaliação, tanto nos esforços que poderá exercer nas estruturas, quanto na possibilidade de deslizamento repentino para a frente da linha de atracação, interrompendo temporariamente a operação das embarcações a serem carregadas.

Nos cinquenta anos da Área de Hidráulica Marítima do LHEPUSP, em 2003, comemoram-se os vinte cinco anos de parceria tecnológica de sucesso com a CVRD na implantação do CPPM.

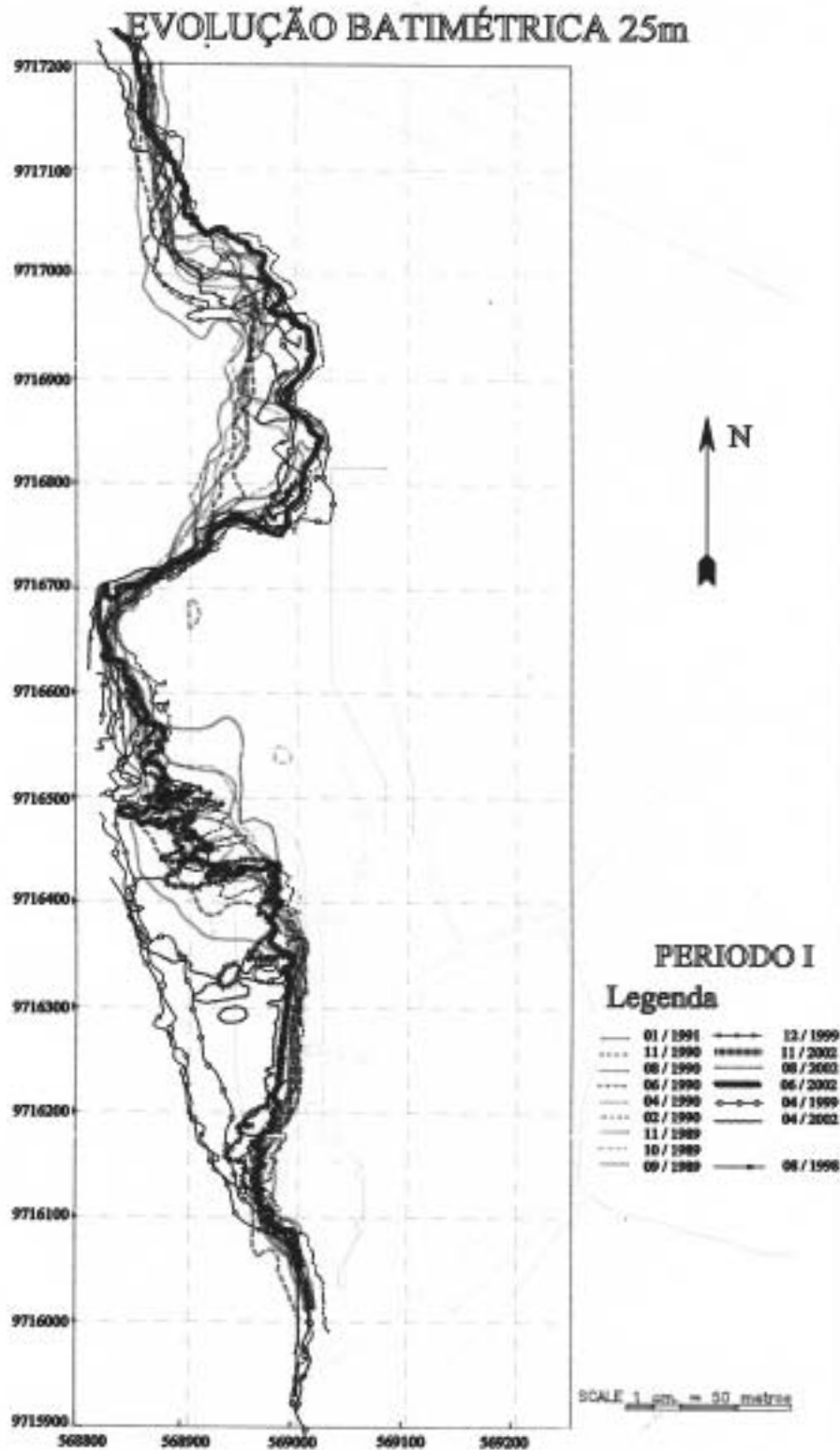


Figura 1 – Evolução da isóbata de 25m

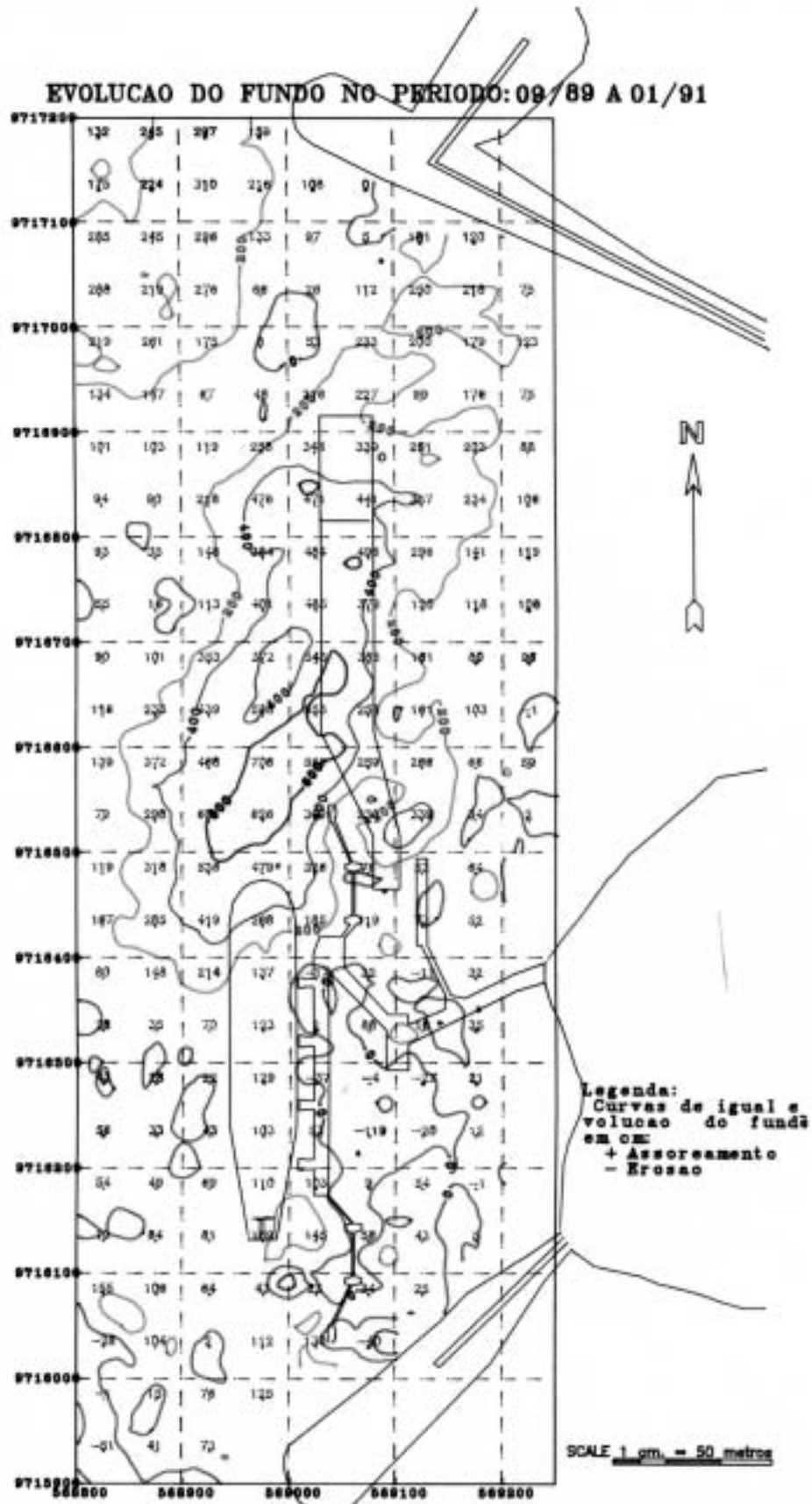
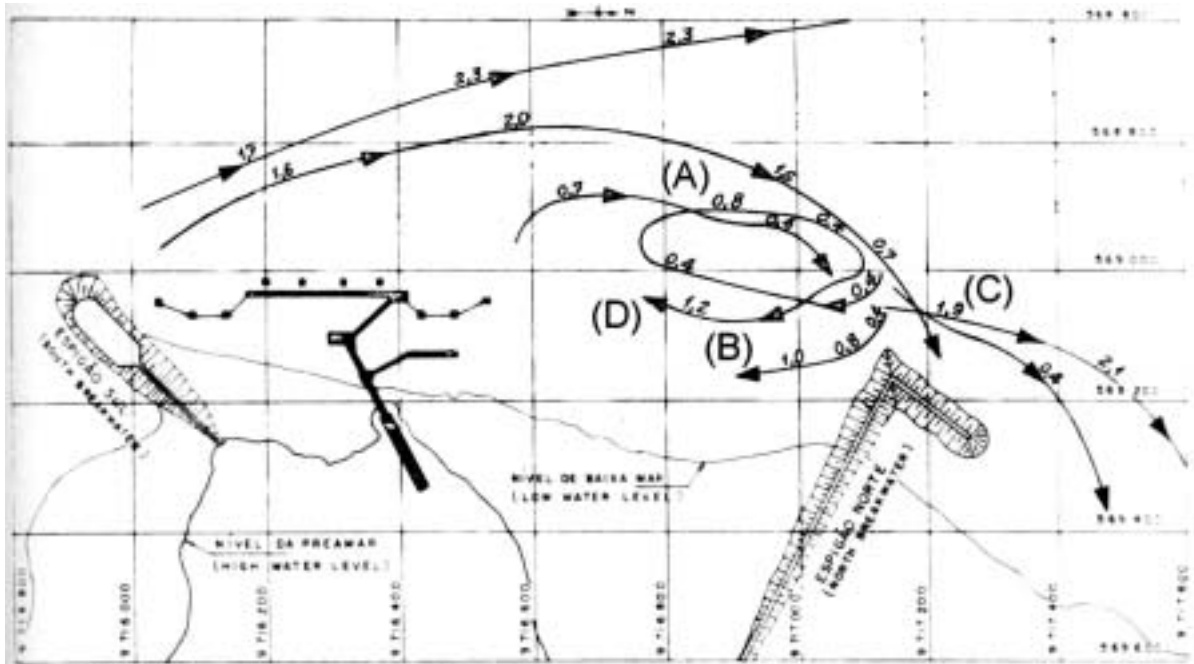
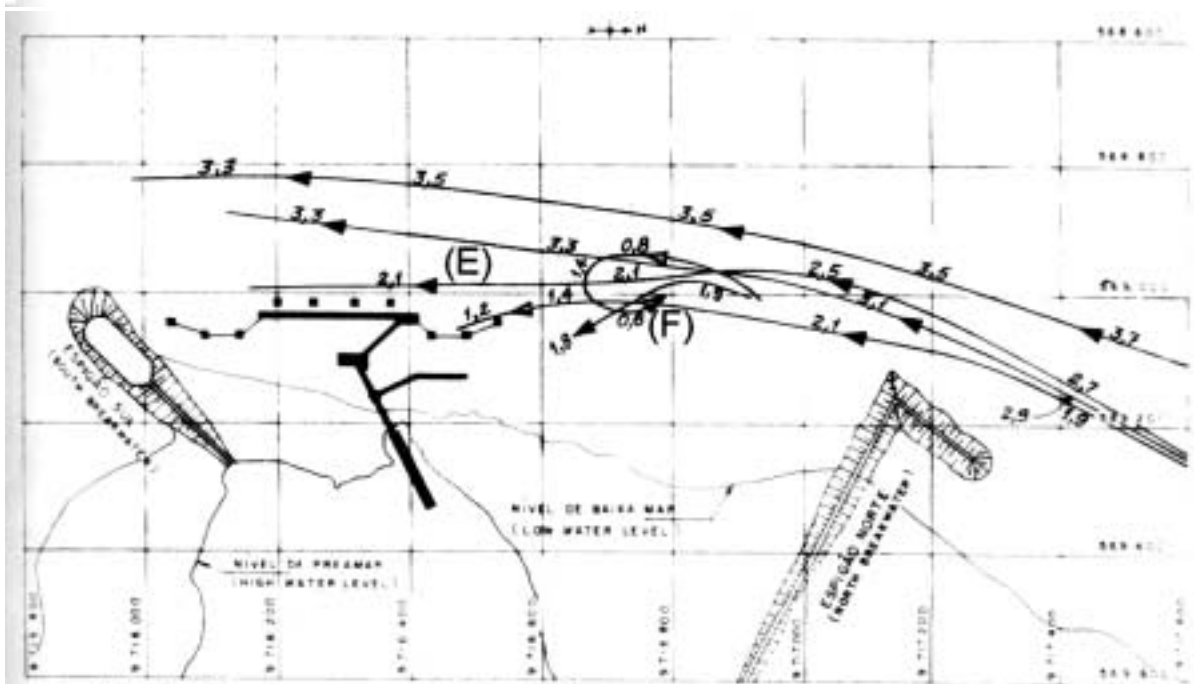


Figura 2 - Taxas de evolução dos fundos



VAZANTE — MEIA-MARÉ
 (EBB TIDE - HALF TIDE)
 AMPLITUDES - 4,5 / 6,0 m
 (TIDE RANGE - 4.5 / 6.0 m)



ENCHENTE — MEIA-MARÉ
 (FLOOD TIDE - HALF TIDE)
 AMPLITUDES - 5,6 / 6,0 m
 (TIDE RANGE - 5.6 / 6.0 m)

OBS (NOTES)
 1-ESCALA - 1:10.000 (ESCALE - 1:10.000)
 2-VELOCIDADES EM NÓS (VELOCITIES IN KNOTS)

Figura 3 - Fluxos hidrossedimentológicos