

EVOLUÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DA ENSEADA DE MUCURIBE (FORTALEZA – CEARÁ – BRASIL)

Jáder Onofre de Morais⁽¹⁾

Laboratório de Ciências do Mar
Universidade Federal do Ceará
Fortaleza – Ceará – Brasil

A Enseada de Mucuripe limita o litoral noroeste da cidade de Fortaleza, entre a Ponta de Mucuripe e a Praia de Iracema, tendo sido submetida, ao longo do tempo, a processos de erosão e sedimentação motivados pelos padrões naturais de sedimentação costeira e, sobretudo, pela ação do homem (figura 1).

Neste trabalho, tentamos recompor a história evolutiva desta enseada com o objetivo de eleger diagnósticos e prever situações que possam ser utilizados para preservação desta área portuária, importantíssima para a economia regional. Uma vasta bibliografia foi consultada, dados originais em empresas federais foram analisados e interpretados, além de campanhas de campo, no intuito de integrar os resultados aqui apresentados.

MATERIAL E MÉTODO

As campanhas de campo foram realizadas durante o ano de 1980, de acordo com as seguintes etapas: a) sobrevôo na área, utilizando helicóptero pertencente à Base Aérea de Fortaleza; b) medições de correntes com derivadores *tipo arte-*

sanal e correntômetro *hidrocean*; c) coleta de sedimentos na enseada, com ênfase na região em torno do molhe do Porto de Mucuripe, utilizando-se dragas cônicas.

Em laboratório, os sedimentos foram analisados sob os pontos de vista granulométrico, morfoscópico e morfométrico. Estes estudos foram associados a dados cedidos por empresas de perfuração, Companhia DOCAS e Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias.

GEOLOGIA

O município de Fortaleza e área adjacente apresentam três feições geológicas distintas: os terrenos cristalinos, o vulcanismo alcalino em torno do paralelo 4°S e a faixa sedimentar costeira.

Os terrenos cristalinos são representados por migmatitos e granitos localizados ao sul do município, constituindo também as serras adjacentes de Maranguape e Aratanha (Braga *et al.*, 1977). Aflorando à margem oeste do Rio Pacoti, estão os gnaisses e migmatitos com quartzitos, calcários cristalinos, metarcósios, anfíbolitos e calcosilicatos subordinados. As lineações mostram direções NE-SW às margens do rio Pacoti e NNE-SSW nas nascentes do rio Cocó.

(1) Professor Titular do Departamento de Geociências da Universidade Federal do Ceará e Pesquisador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

dimentos terrígenos que se estendem da linha de baixa-mar até a profundidade de 10 a 20 metros, em uma faixa bastante estreita. Em seguida, estão as algas calcárias que ocorrem em manchas esparsas na profundidade de 10 a 20 metros e, daí em diante, em bancos contínuos até a borda da plataforma continental.

Sondagens a percussão em terra firme

Alguns furos realizados pela P.H.D., PROTEGIA e Companhia DOCAS foram analisados com o intuito de definir a profundidade do embasamento no litoral, já que não dispunhamos de dados sísmicos satisfatórios.

A figura 2 mostra um perfil efetuado em frente à Volta da Jurema perto das rochas de praia do Meireles, onde foi encontrado um nível impenetrável a percussão a 16,4 metros de profundidade, depois de 30 golpes. Este nível era constituído de arenito, semelhante aos que ocorrem na praia do Meireles. Outros furos realizados no mesmo litoral em locais diversos indicavam este mesmo arenito ferruginoso na base das sondagens a percussão.

Os furos realizados na embocadura do Rio Pacoti (na extremidade leste da área em estudo) mostram na parte superior argila orgânica mole de cor preta, de 2,45 m de espessura, representando a acumulação superficial de sedimentos em mangue. Em seguida, com espessura aproximada de 1 m ocorre uma camada de areia fofa, fina, com pouca argila de cor cinza-escuro. Abaixo dessa camada encontra-se um pacote de argila rija e dura de cor branca a variegada, de 6,5 m de espessura. Daí em diante aparece a camada impenetrável a percussão. Podemos interpretar claramente um nível de areia antigo a 2,5 m de profundidade onde acumularam-se, posteriormente, os sedimentos argilosos de mangue.

Nas praias a NW do Rio Pacoti, foi efetuado pela PROTEGIA os furos mostrados na figura 3. Nota-se aí uma situa-

ção um pouco diferente das anteriores, com o aparecimento de rochas metamórficas alteradas, no caso, muscovita - xisto, a uma profundidade aproximada de 7 m e não é localmente recoberta por sedimentos do Grupo Barreiras.

Sondagens a percussão na faixa costeira submersa

Para determinação da espessura do pacote sedimentar recente, foram observados furos realizados na bacia de evolução do Porto do Mucuripe. Com isso, tentou-se também avaliar a taxa de sedimentação daquela área.

A figura 4 mostra um perfil paralelo à costa, com 11 furos, dos quais os seis primeiros são espaçados de 125 metros e o restante variável entre 70 e 100 metros, estando o último afastado de 200 metros. A espessura da lâmina d'água varia de 4,30 m, no furo S4, a 7,95 m no furo S2. A camada de argila siltosa orgânica com areia fina e fragmentos de moluscos, cinza-escuro, representa a sedimentação do último estágio de assoreamento, depositando-se principalmente preenchendo as depressões formadas pelo antigo nível de erosão representado pela parte superior da camada arenosa sotoposta. Esta camada arenosa em alguns pontos, como nos furos S3, S9 e S7, apresenta-se com granulação fina e média, ainda com fragmentos de moluscos, atestando influência marinha. Nos outros furos, nota-se a presença da argila arenosa com muitos pedregulhos de arenitos ferruginosos duros amarelados e avermelhados, semelhantes a sedimentos remanescentes do Terciário. A camada impenetrável a percussão situa-se em uma profundidade que varia de 12,80 a 20 m.

A figura 5 mostra dois perfis transversais formados pelas seqüências dos furos S10, S11, S13 e S14, S15, S16 e S17. Na primeira seqüência nota-se um aumento da fração arenosa na camada superficial de argila siltosa, devido possivelmente à diferença de velocidade de

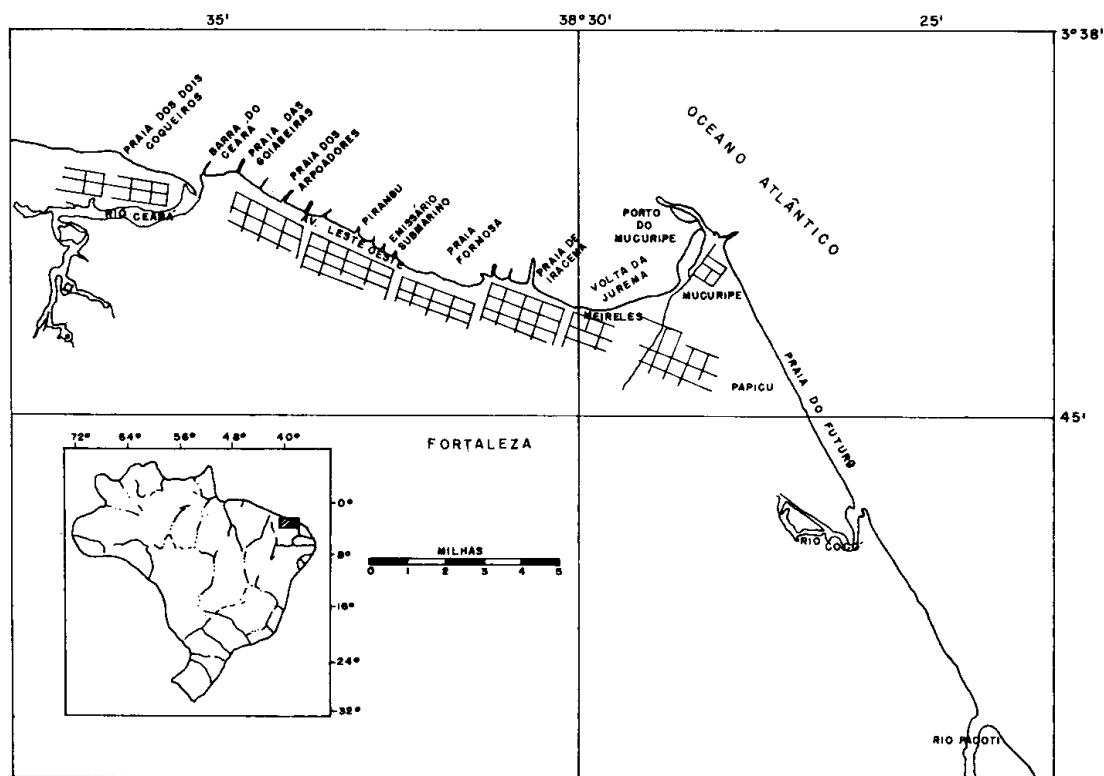


Figura 1 — Localização da área de estudo.

O vulcanismo alcalino localizado nas proximidades do paralelo de 4°S constitui um alinhamento de vulcões subordinados a uma linha de fratura (Almeida, 1958; Vandores & Oliveira, 1968; Moraes, 1969; e Damuth & Gorini, 1976). O Arquipélago de Fernando de Noronha e Atol das Rocas são os testemunhos emersos deste vulcanismo na área marinha, e o Morro de Caruru é o primeiro ponto na área continental.

A faixa sedimentar litorânea é constituída por sedimentos do Grupo Barreiras já estudado em diversas partes do litoral brasileiro por Branner (1904), Oliveira & Leonardos (1943), Oliveira & Andrade Ramos (1956), Kegel (1957), Bigarella & Andrade (1964), Campos e Silva (1965), Mabesoone *et al.* (1972) e Campos e Silva, Mabesoone & Beurlen (1972). Estes sedimentos terciários do Grupo Barreira são capeados na área pelas dunas, através de discordâncias. Estas dunas bordejam paralelamente a linha de

costa em uma faixa que vai de dezenas de metros a 3 km, concentrando-se em maior escala no litoral leste de Fortaleza. As dunas móveis (Moraes & Souza, 1971) são constituídas de areia média e fina e migram com deslocamento aproximado de $0,045\text{ g/cm/s}$, para uma velocidade média do vento de 9 m/s . Possuem estratificação diagonal cruzada e sua espessura chega, às vezes, a ser superior a 30 metros. Dunas fixas ou paleodunas ocorrem em nível mais rebaixado, às vezes são recobertas pelas dunas móveis, e são mais oxidadas com grãos arredondados e foscos, bem selecionados.

As rochas de praia estão localizadas nas embocaduras dos rios Pacoti, Cocó e Ceará, sempre a jusante da corrente litorânea, e nas enseadas das praias da COFECO, Volta da Jurema e Praia dos Dois Coqueiros (figura 1).

Os ambientes superficiais submersos marinhos em frente à cidade de Fortaleza caracterizam-se pela ocorrência de se-

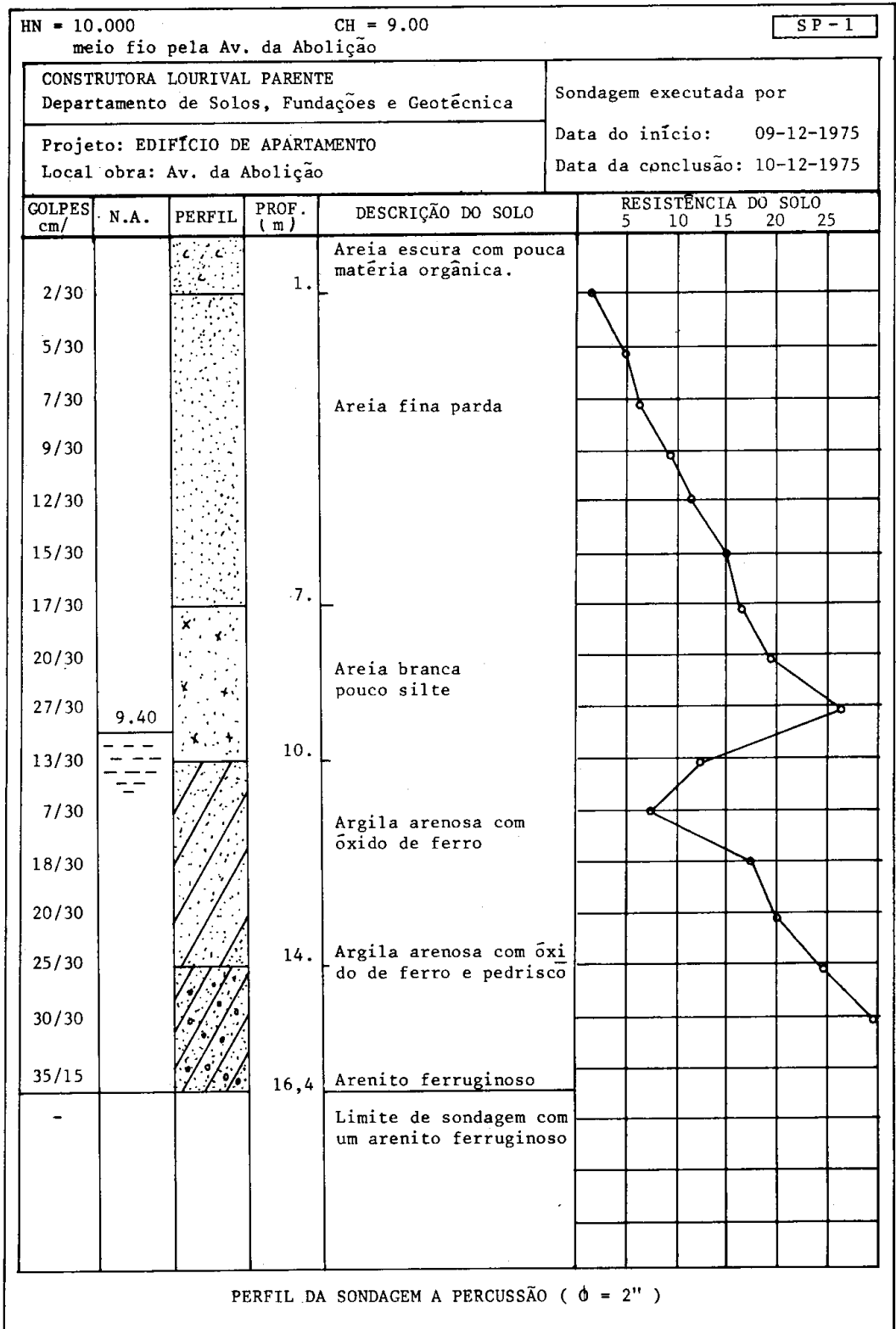


Figura 2 — Furo estratigráfico em frente a Volta da Jurema.

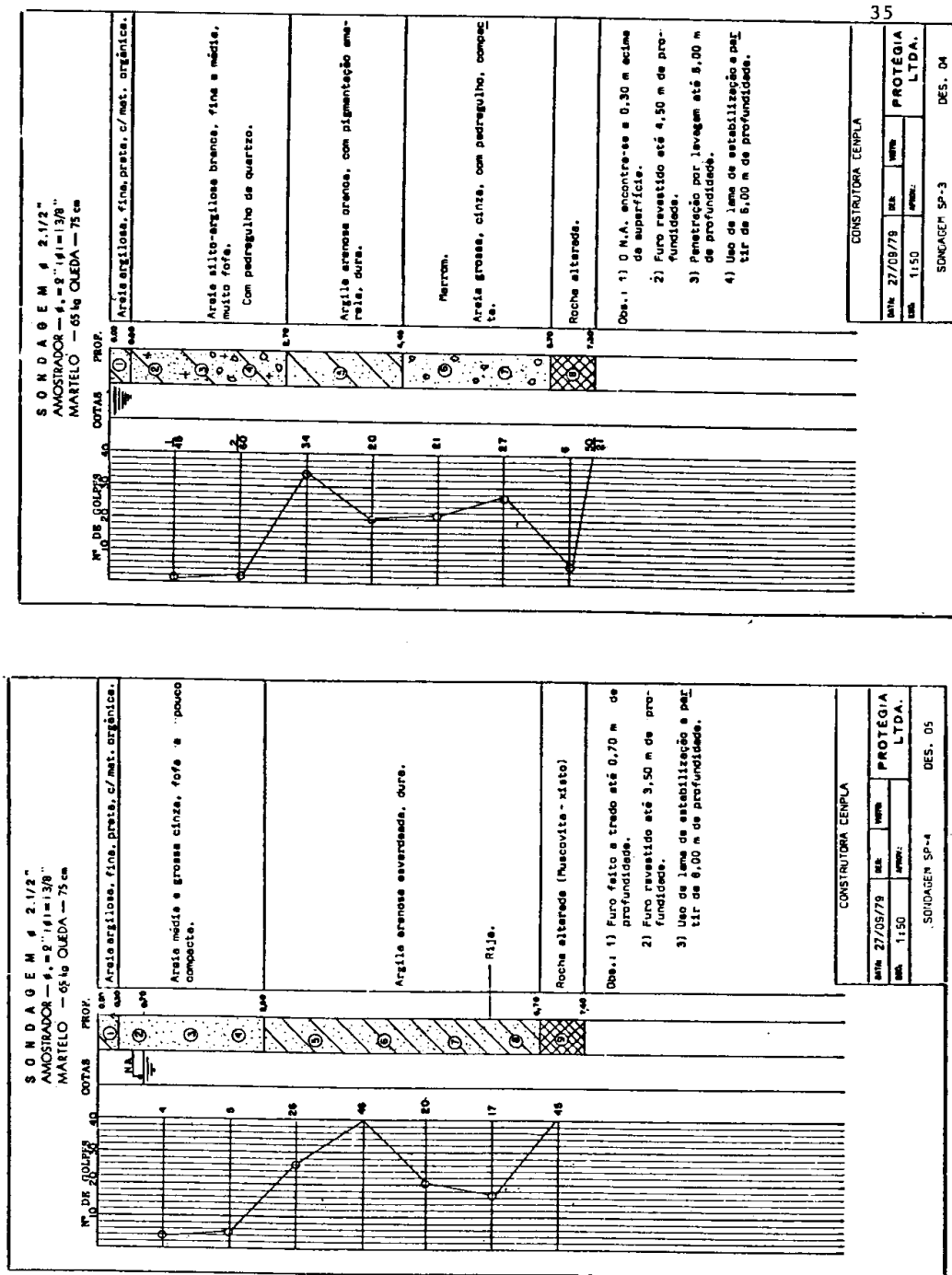


Figura 3 - Furo estratigráfico realizado na Praia da COFECO.

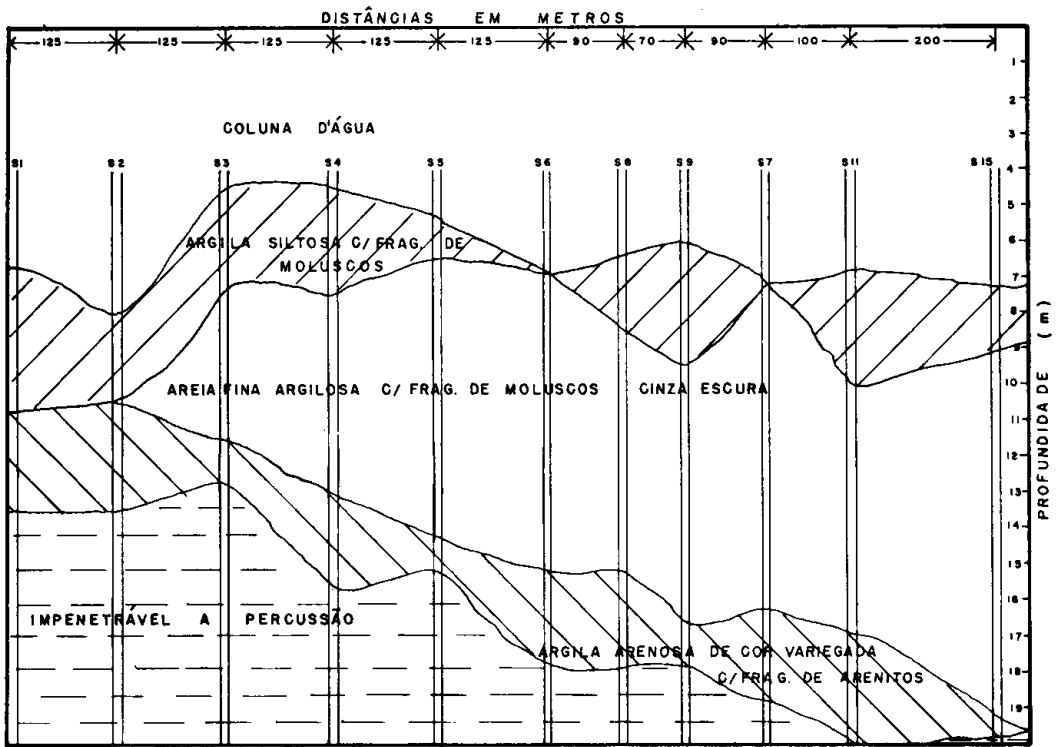


Figura 4 — Furos estratigráficos na área submersa do Porto de Mucuripe.

circulação da água. A segunda seqüência caracteriza-se pela grande espessura da camada de argila siltosa orgânica, que atinge até 18 metros em contato direto com a rocha impenetrável a percussão.

A análise dos furos S18, S19, S20, S21, S22 e S23, espaçados de 200 m, revela também uma camada relativamente espessa de sedimentos argilosos, em contato direto sobre a camada de areia fina com espessura de menos de um metro. Os trabalhos nos furos S21, S22 e S23 foram interrompidos por condições de mar desfavoráveis.

Perfilagens sísmicas

A avaliação da espessura do pacote sedimentar foi também tentada através de sísmica de reflexão, realizada na área do Porto de Mucuripe e na região ao largo da Praia do Pirambu, pela Companhia Brasileira de Dragagem (CBD), onde fo-

ram utilizadas as técnicas do Sparker e penetrador.

A figura 6 mostra a localização dos perfis sísmicos na área do Porto de Mucuripe, feitos pela CBD. Estes perfis foram espaçados em 50 metros, perpendiculares ao primeiro eixo do molhe do porto. Este levantamento pode nos fornecer a batimetria da área e a configuração geral do subsolo marinho (teto do embasamento), através da análise de todos os perfis, dos quais os sete mais representativos estão expostos na figura 7.

Os perfis de perfuração expostos e comentados nas figuras 3, 4 e 5 mostraram uma espessura de depósitos arenosos e argilosos de superfície que variava de 10 a 20 m. Abaixo deste depósito aparece sempre um solo muito compacto, impenetrável a percussão, localizado nas cotas de 16 a 21,4 m (S20).

Neste trabalho de sísmica de reflexão, o sistema penetrador foi essencial-

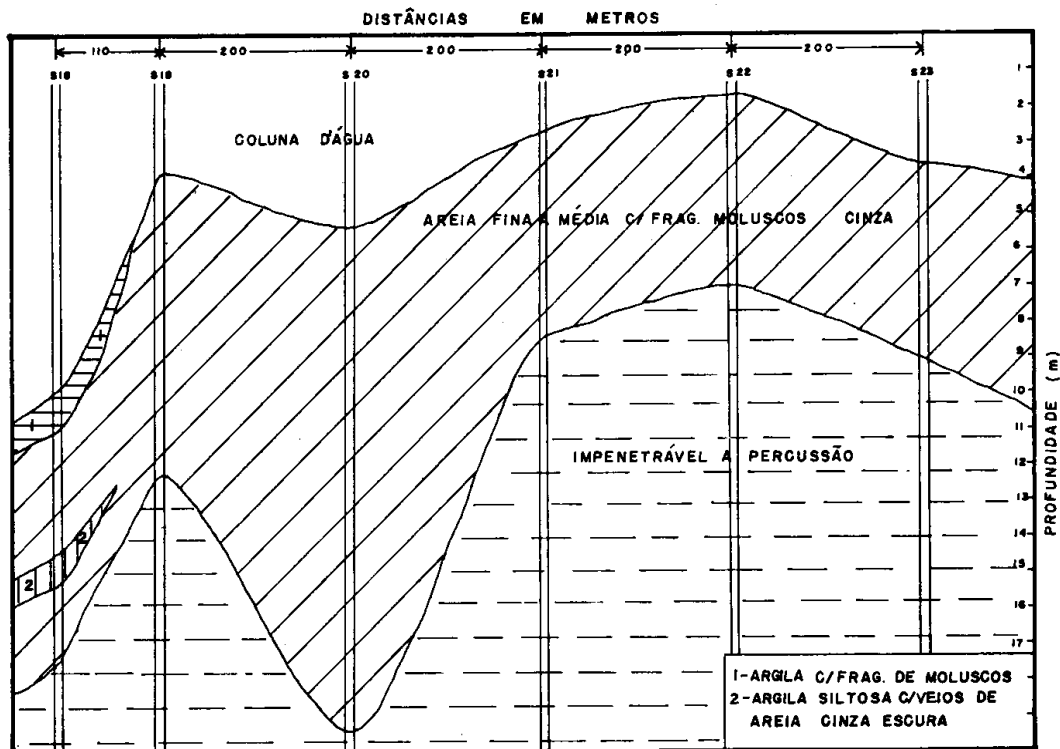


Figura 5 – Furos estratigráficos na área do Porto de Mucuripe.

mente utilizado para batimetria, uma vez que o embasamento não foi detectado. O sparker, no entanto, permitiu evidenciar em discordância nítida os níveis localizados entre 10 e 20 metros de profundidade abaixo do fundo do mar que foram atribuídos ao embasamento comentado na parte de sondagem a percussão.

Ao largo da Praia do Pirambu, também foram feitos perfis sísmicos posicionados, aproximadamente, perpendiculares à linha de costa.

A interpretação destes perfis tornou-se um tanto mais difícil que os realizados no porto, em virtude da superposição dos múltiplos chegados aos registros. Os perfis representados na figura 7 mostram resoluções nítidas para o embasamento também em torno de 20 m mas, em alguns casos, como na parte central dos perfis AA', CC' e DD', torna-se quase impossível uma resolução clara. Nesta

área a presença dos recifes de arenitos ferruginosos foi detectada até a profun-

Destes perfis pode-se inferir, portanto, que o embasamento cristalino deve estar representado pelas superfícies irregulares de reflexão. As superfícies refletoras planas devem ser representativas dos níveis consolidados de arenitos ferruginosos e/ou argilitos e siltitos que aparecem como superfícies impenetráveis a percussão.

didade aproximada de 10m. Na figura 9, o perfil JJ' é o que apresenta maior constância dos impulsos representativos dos arenitos ferruginosos. A figura 10 mostra os perfis com excelente poder de resolução para as camadas do embasamento, assim como para os limites de ocorrência de recifes de arenitos ferruginosos. A espessura do pacote de sedimentos argilosos mantém-se quase que constante ao longo de todos os perfis.

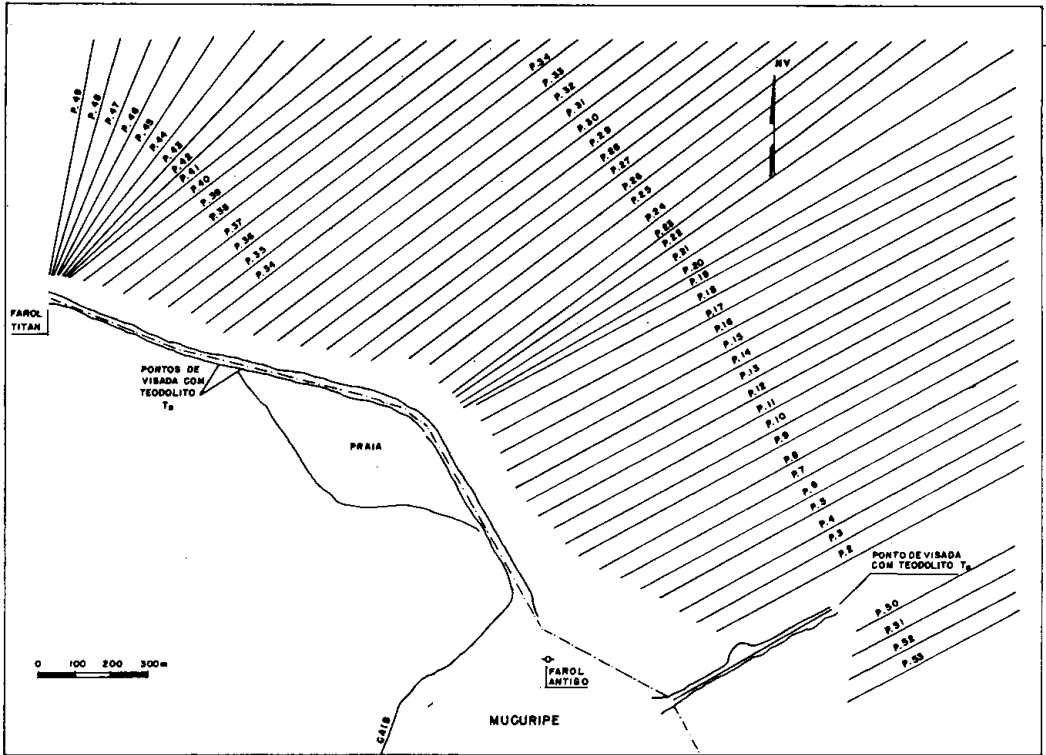


Figura 6 — Localização dos perfis sísmicos na área externa do molhe do Porto de Mucuri.

EVOLUÇÃO SEDIMENTAR

Histórico do porto

Desde 1807, quando as primeiras tentativas de construção de um porto em Fortaleza foram estabelecidas, que se pensava em aproveitar as feições geomorfológicas existentes na área, que pudessem oferecer um melhor abrigo às embarcações. Em torno dessa idéia, todos os projetos discutidos até 1866 levaram em consideração uma linha de arenitos ferruginosos a 100 metros de distância da praia (atual Poço da Draga) com direção WNW, em uma profundidade média de 3 metros. Estes arenitos constituíam, de fato, abrigo parcial e impediam a propagação das vagas em maré baixa até o cais. Foi construído, então, sobre estes arenitos um quebra-mar projetado por Sir John Hawkshaw, em 1874, que deu origem ao Porto de Fortaleza.

A construção deste quebra-mar denominado Muralha Hawkshaw, causou intenso assoreamento e conseqüente recuo da linha de baixa-mar, o que provou a inviabilidade do porto naquele local.

Em 1908 foi processado um levantamento topo-hidrográfico, em detalhe, da Enseada de Mucuri pela Comissão Bandeira, seguido por vários outros estudos, bem discutidos por Meyell (1930), que levaram a definir a localização do porto na Ponta de Mucuri, acidente geográfico situado na extremidade leste da enseada.

A construção do Porto de Mucuri foi realizada no período 1940-45 e também causou assoreamento e erosão, trazendo como conseqüência principal a destruição da Praia de Iracema. Estes processos de erosão e assoreamento foram amenizados pelas obras implantadas como resultado dos estudos, em modelo reduzido, efetuados pelo Laboratoire

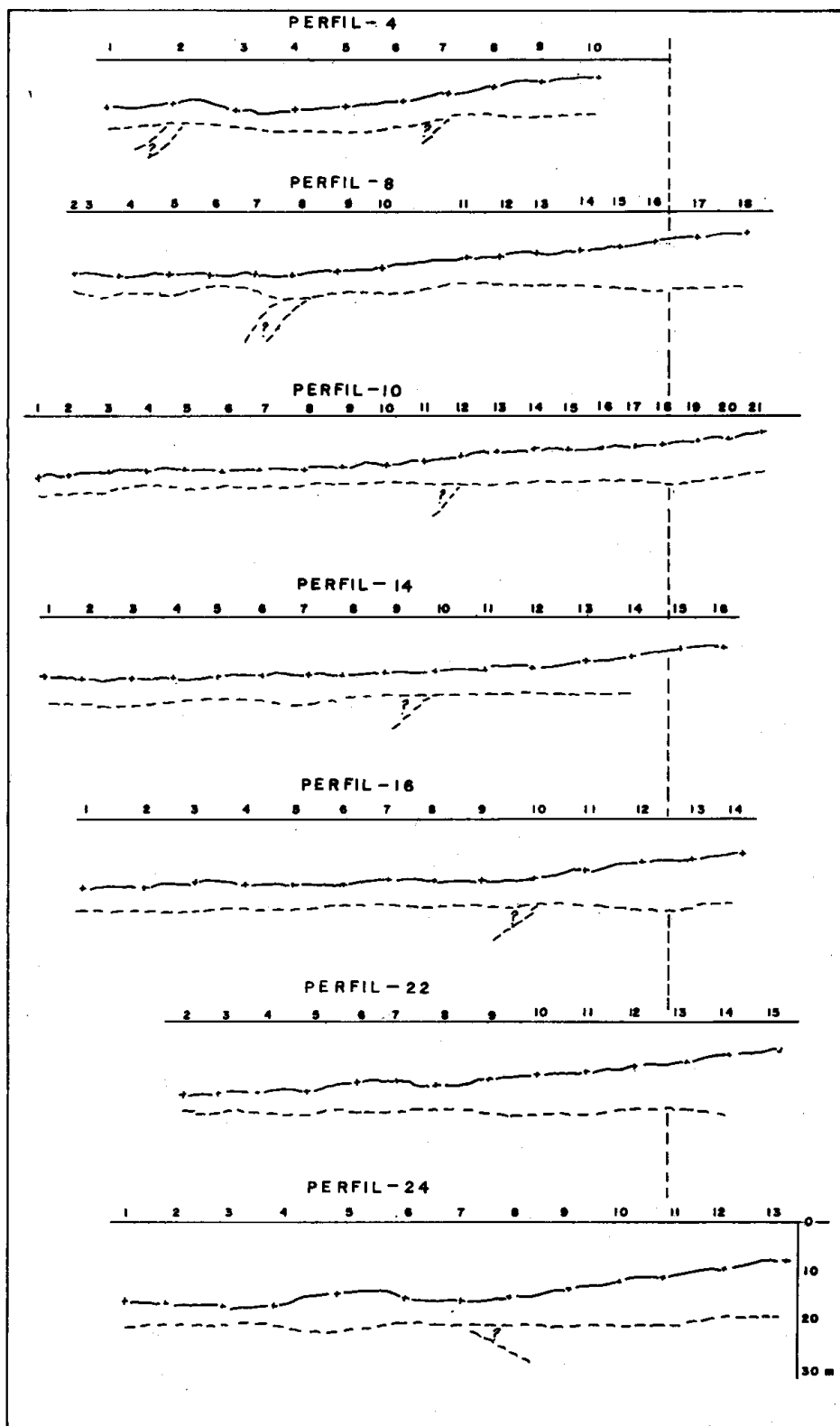


Figura 7 — Perfis sísmicos que apresentaram melhor resolução na interpretação das camadas subjacentes, na área externa do molhe do Porto de Mucuribe.

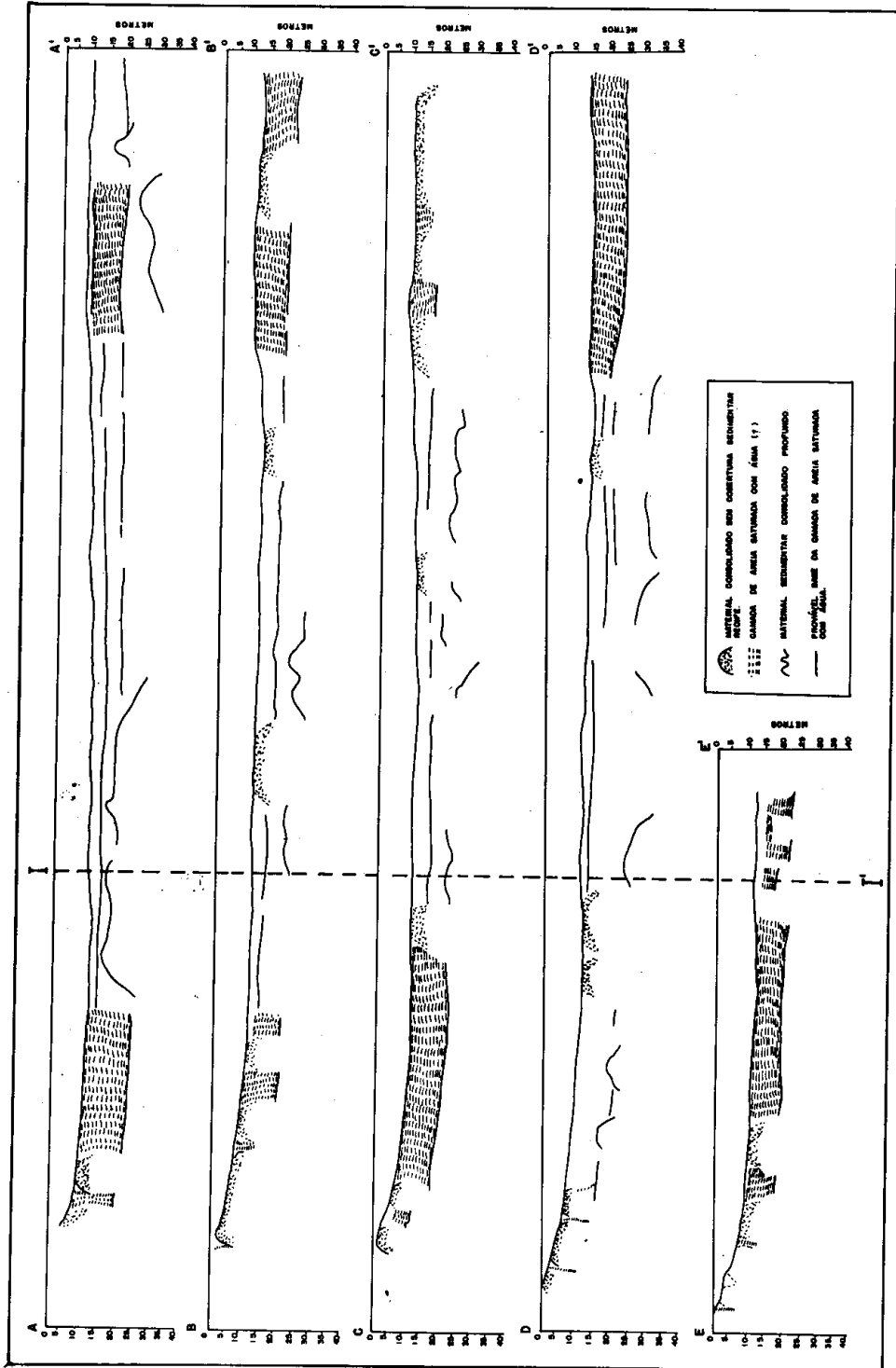


Figura 8 — Planta de perfis sísmicos nas proximidades do Porto de Mucuripe.

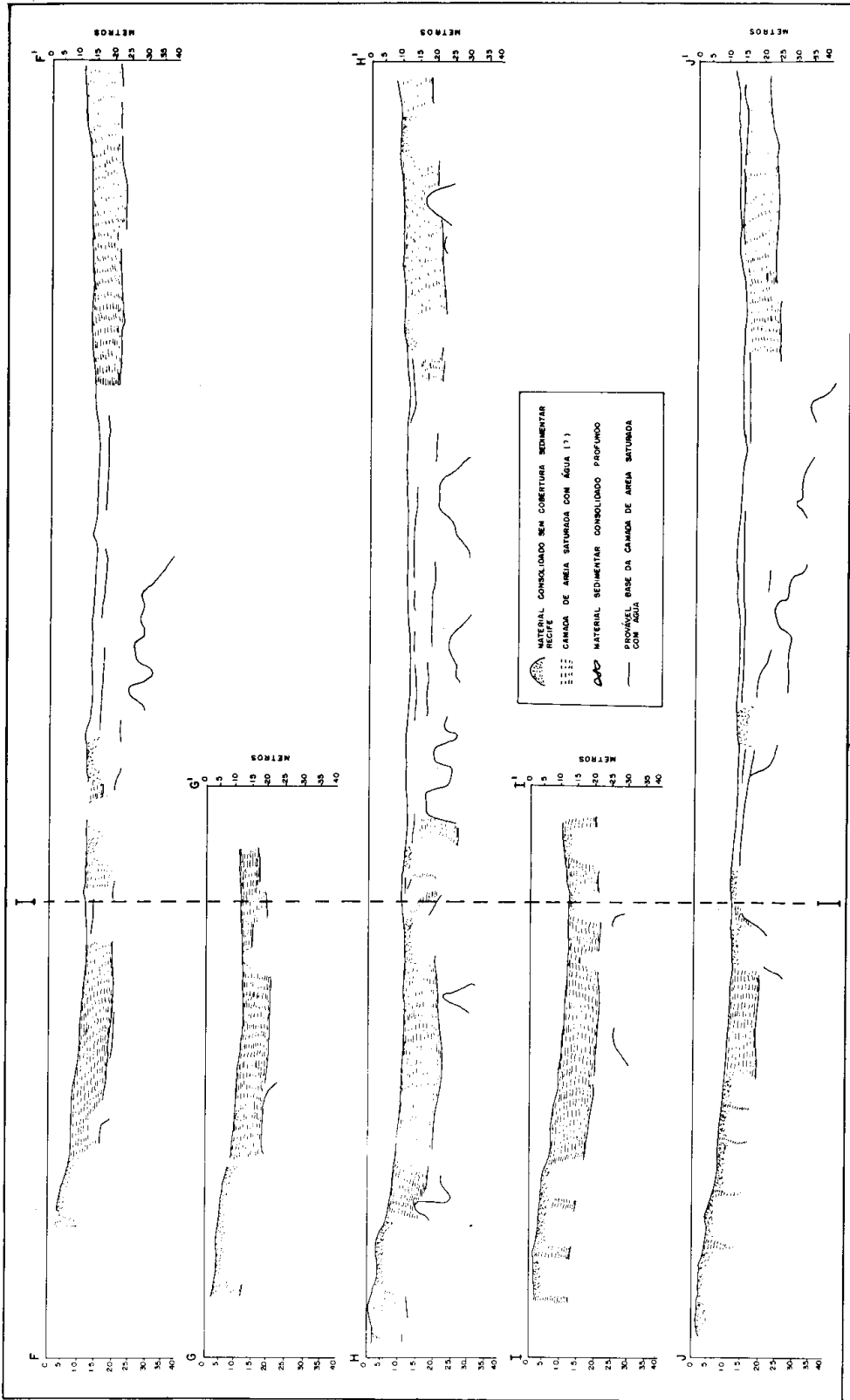


Figura 9 — Planta de perfis sísmicos nas proximidades do Porto de Mucuripe.

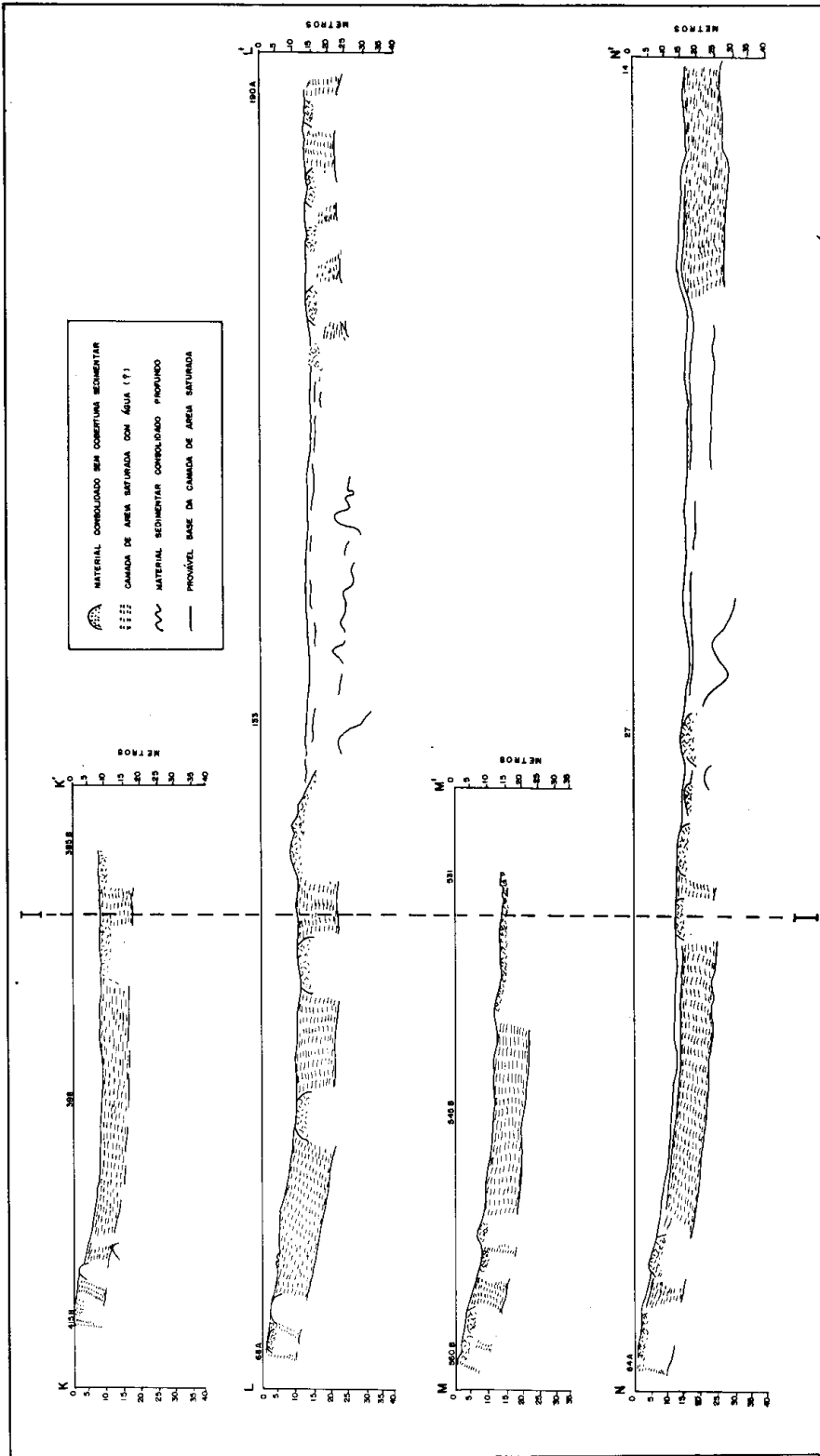


Figura 10 — Planta de perfis sísmicos nas proximidades do Porto de Mucuripe.

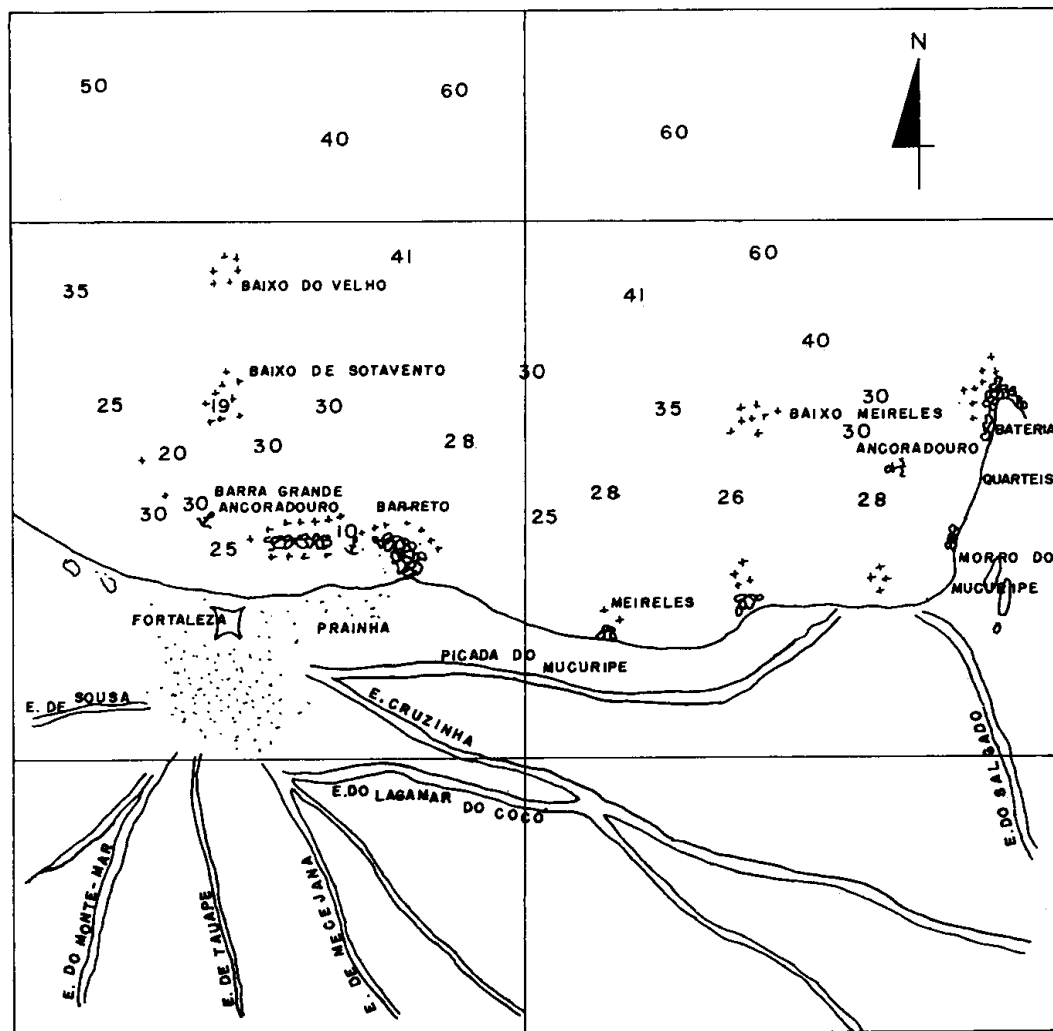


Figura 11 — Planta-croquis da área do Porto de Mucuripe, datada de 1818, elaborada pelo Cel. Paulet.

Dauphinois d'Hydraulique, de Grenoble, França, e Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH), no Rio de Janeiro.

Evolução dos fundos

A figura 11, que exibe a planta-croquis da área do porto em 1818, evidencia a linha de recifes perto da Prainha, que serviam de ancoradouro e local para onde todas as idéias de construção de um porto convergiram, na tentativa de construir um quebra-mar sobre os mesmos.

A figura 12 evidencia o fato de que em 1826 a Enseada de Mucuripe era rasa, com a isóbata de 2 m distanciando-se bastante da praia, e a isóbata de 4 m chegando a se afastar 630 m do litoral. Esta isóbata limitava a parte externa de um banco de areia que se estendia do local correspondente ao atual Poço da Draga até a Praia de Meireles. Outras cartas batimétricas consultadas revelaram que estas profundidades persistiram até 1832 quando a isóbata de 1 m afastava-se 550 m do litoral (figura 13). Com a construção do quebra-mar Hawkshaw

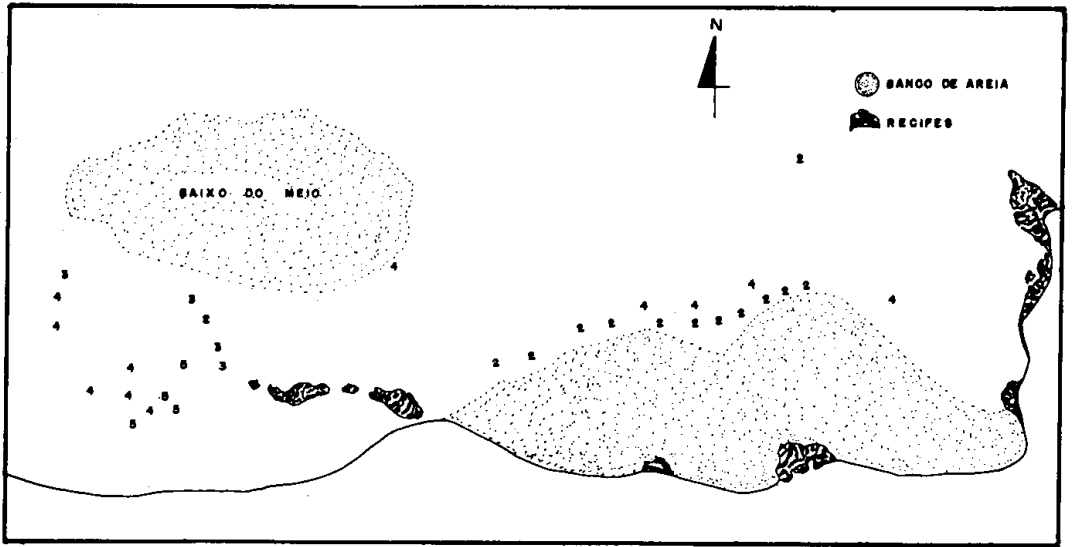


Figura 12 — Levantamentos batimétricos realizados por Boen, 1826.

sobre os arenitos de praia, expostos na figura 11, houve intenso assoreamento, diminuindo as profundidades na parte interna do molhe, e praias a oeste do mesmo, afastando a Fortaleza de Nossa Senhora da Assunção, de 160 m da zona de maré alta. Segundo Meyell (1930), as águas batiam ao pé da muralha da Fortaleza em 1812. Essa situação foi totalmente mudada, de acordo com o que se pode observar na tabela I. As profundidades aumentaram na Enseada do Mucuripe e diminuíram na região do Poço da Draga, em frente ao núcleo litorâneo central da cidade no início deste século.

Analisando este quadro de situações isobatimétricas, pode-se ver claramente a tendência de aprofundamento natural da enseada. Tudo isto indica que as areias carreadas pelo vento das dunas para a praia assumiam transporte litorâneo, começando a depositar-se na Praia de Iracema. Os fundos da enseada sofriam apenas erosão intensa e os sedimentos erodidos da Praia de Mucuripe também seguiam o transporte litorâneo em faixas de pequena profundidade.

A situação modificou-se bastante a partir da construção do porto de Mucuripe em 1940. A figura 14 compara as

TABELA I

Quadro de situação isobatimétrica em frente à cidade de Fortaleza, nos anos de 1909 e 1929.

| Isóbatas | Distância à isóbata zero (metros) | | Avanço para terra (metros) |
|----------|-----------------------------------|-------|----------------------------|
| | 1909 | 1929 | |
| - 5 | 256 | 185 | 71 |
| - 6 | 720 | 265 | 455 |
| - 7 | 1.120 | 480 | 640 |
| - 8 | 1.664 | 830 | 834 |
| - 9 | 2.024 | 1.330 | 694 |
| -10 | 2.336 | 1.590 | 764 |

Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH).

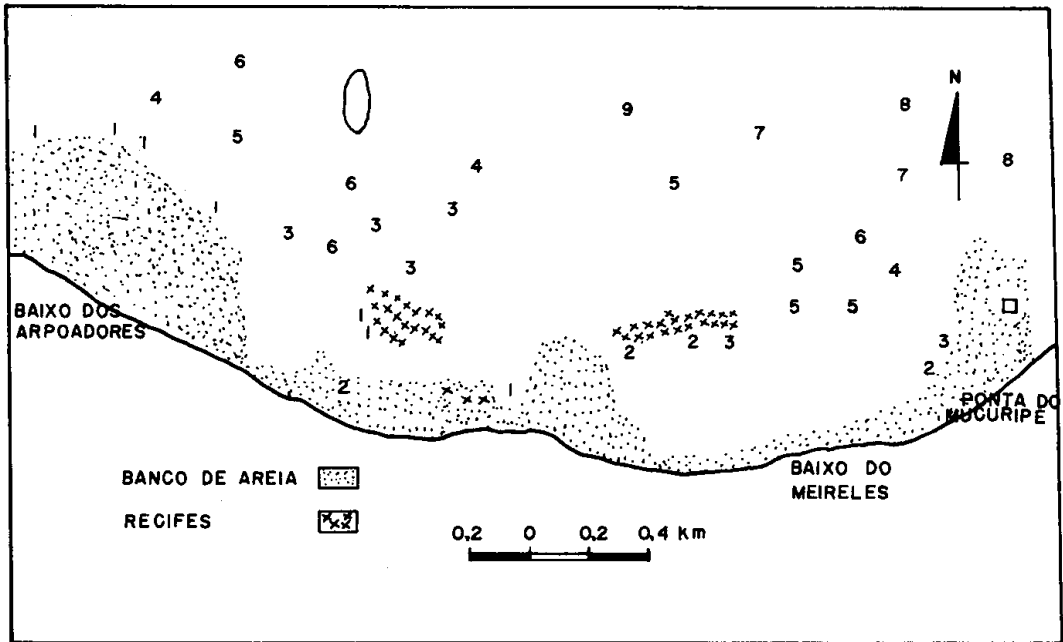


Figura 13 — Levantamentos batimétricos realizados por J. L. Araújo.

isóbatas de zero e 5 m de 1931 (antes da construção do quebra-mar) com as de 1940-46 (período de construção das obras do porto). Seguindo-se a evolução destas linhas, nota-se que há uma progradação dos sedimentos no sentido de formação de uma praia na parte interior do quebra-mar e da própria enseada. Em 1946, uma Comissão de Estudos Complementares do Porto elaborou a carta batimétrica da área exposta na figura 15. As linhas batimétricas de 6, 7 e 8 m dentro da enseada acham-se bem mais afastadas que nas figuras anteriormente analisadas, e a Praia de Iracema já se encontra protegida parcialmente por quebra-mares longitudinais, atestando o comportamento sedimentológico diferente assumido por toda enseada depois da construção do porto. As figuras 16 e 17, mostram a que ponto chegou a evolução dos fundos junto ao molhe do Mucuripe no período de 1947 a 1951 e no ano de 1956, isto é, depois de terminadas as obras do porto. Pode-se constatar claramente que uma quantidade progressiva de sedimentos passou pela extremidade do molhe. Uma verdadeira praia foi criada na parte interna do molhe onde inici-

almente havia sido localizado o cais petroleiro. Esses levantamentos sistematizados de 1947 a 1951 permitiram calcular o volume anual de sedimentos movimentados. Já que a maior parte da areia transportada depositava-se perto da extremidade do quebra-mar, o volume do transporte sólido anual era, em média, de cerca de 200.000 m³.

O estudo da progradação das isóbatas no período 1965-1970 revela erosão progressiva nas batimétricas em frente ao cais com redistribuição de sedimentos, ocasionando áreas de assoreamento locais. O caminhamento de areias vindo da Praia do Futuro assoreava o braço interno do molhe e a bacia de evolução.

As figuras 18 e 19 mostram a evolução da praia formada na parte interna do molhe atual, com o caminhamento das areias e com apenas o remanejamento dos sedimentos.

Condições hidrodinâmicas-sedimentológicas

Os ventos, um dos fatores preponderantes na propagação das ondas, têm predominância de ESE. As vagas que

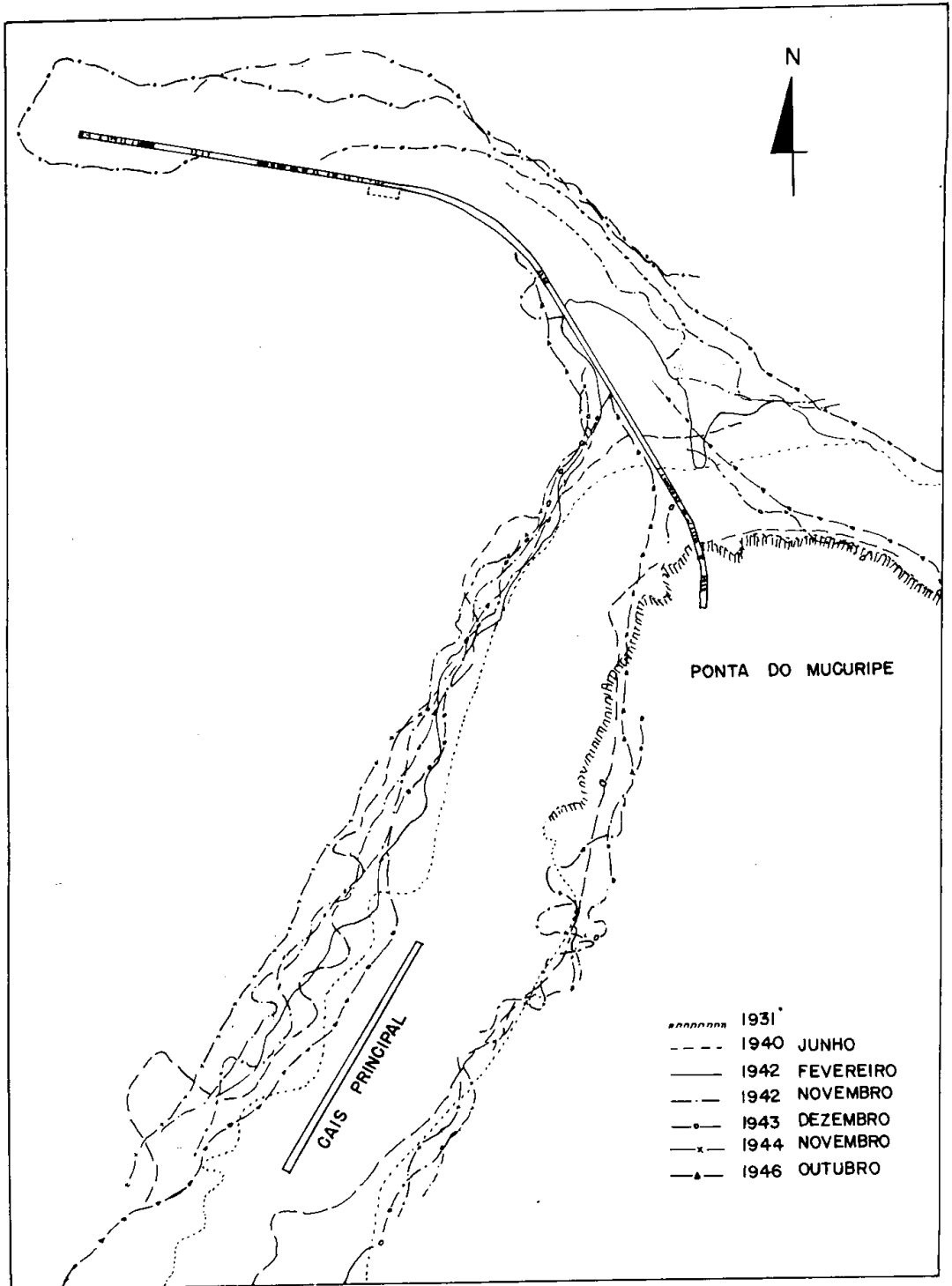


Figura 14 — Evolução das isóbatas de 0 m e 5 m, de 1931 a 1946.

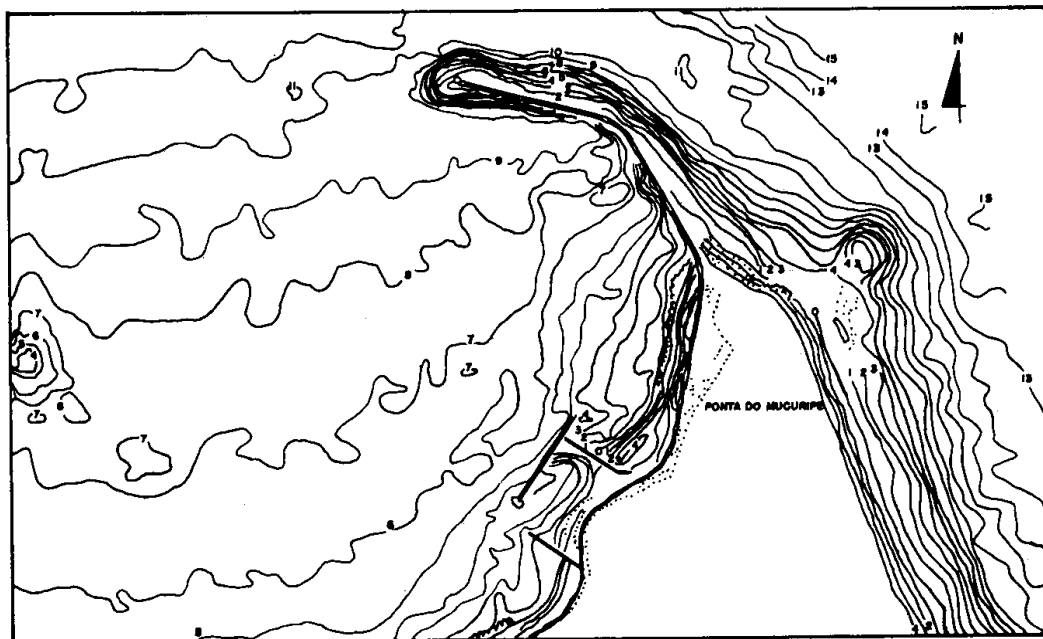


Figura 15 — Comportamento da batimetria no ano 1946.

vêm ao largo tomam a direção dos ventos que lhes dão origem e deveriam portanto tomar o rumo WNW. Antes da construção do molhe, estas ondas sofriam um retardamento ao encontrar a ponta do Mucuripe e dirigiam-se para a Praia de Iracema com direção $N35^{\circ}E$. Depois da construção do molhe, os processos de difração causaram uma direção diferente. As correntes, tanto de enchente como vazante, sofrem uma ação constante do vento e se direcionam sempre do Mucuripe para oeste; deste modo, até a construção do porto, dirigiam-se geralmente para o largo e não entravam propriamente na Enseada do Mucuripe.

A Comissão de Estudos Complementares do Porto do Mucuripe fez um estudo de correntes e assoreamento logo após a conclusão do porto. As figuras 20, 21, 22 e 23 mostram a área do porto nos primeiros anos após a construção do molhe. Baseada nos dados da figura 20, esta Comissão chegou à conclusão de que a parte interna do molhe sofreu um assoreamento de $58.150m^3$ e um aprofundamento de $11.434 m^3$ resultando portanto $46.716 m^3$ de assoreamento. Nota-

se claramente na seqüência das figuras o engordamento progressivo da praia em torno do molhe. Observando-se em detalhe nas figuras 21 e 22, nota-se um recobrimento parcial dos afloramentos de arenitos ferruginosos das praias. Na figura 23 nota-se o descobrimento destes bancos com o avanço da isóbata zero sobre a praia. É bem patente que o comportamento das correntes mudou bastante depois da construção do porto. Todas têm uma tendência a penetrar na enseada.

Os aspectos básicos da sedimentação têm como característica inicial o revolvimento do fundo do mar pelas ondas, colocando os sedimentos em suspensão e jogando-os sobre as praias. Estes sedimentos, uma vez secos, são transportados pelos ventos para a formação de dunas e para o caminhamento pela praia. Dependendo da direção do vento, uma parte desta areia pode ser lançada novamente ao mar. Em 1946 (Portugal, 1946), quando ainda não existiam edifícios na orla nem retenção das areias, o transporte de sedimento era bem maior que o atual. A corrente litorânea nesta

área chegava a ser maior que 1 m/s, e transportava um volume considerável de sedimento. Atualmente, muito sedimento é transportado na praia pelos ventos. Se estes sopram ENE, as areias são lançadas sobre a terra; se sopram ESE, são lançadas ao longo da praia.

provocando assoreamento e engordamento; se diminuem de intensidade, mas sopram sobre a costa, a vaga incide frontalmente no litoral e predominam as erosões na praia com solapamentos. Estas vagas, de direção nordeste, deveriam ser as responsáveis pelo antigo apro-

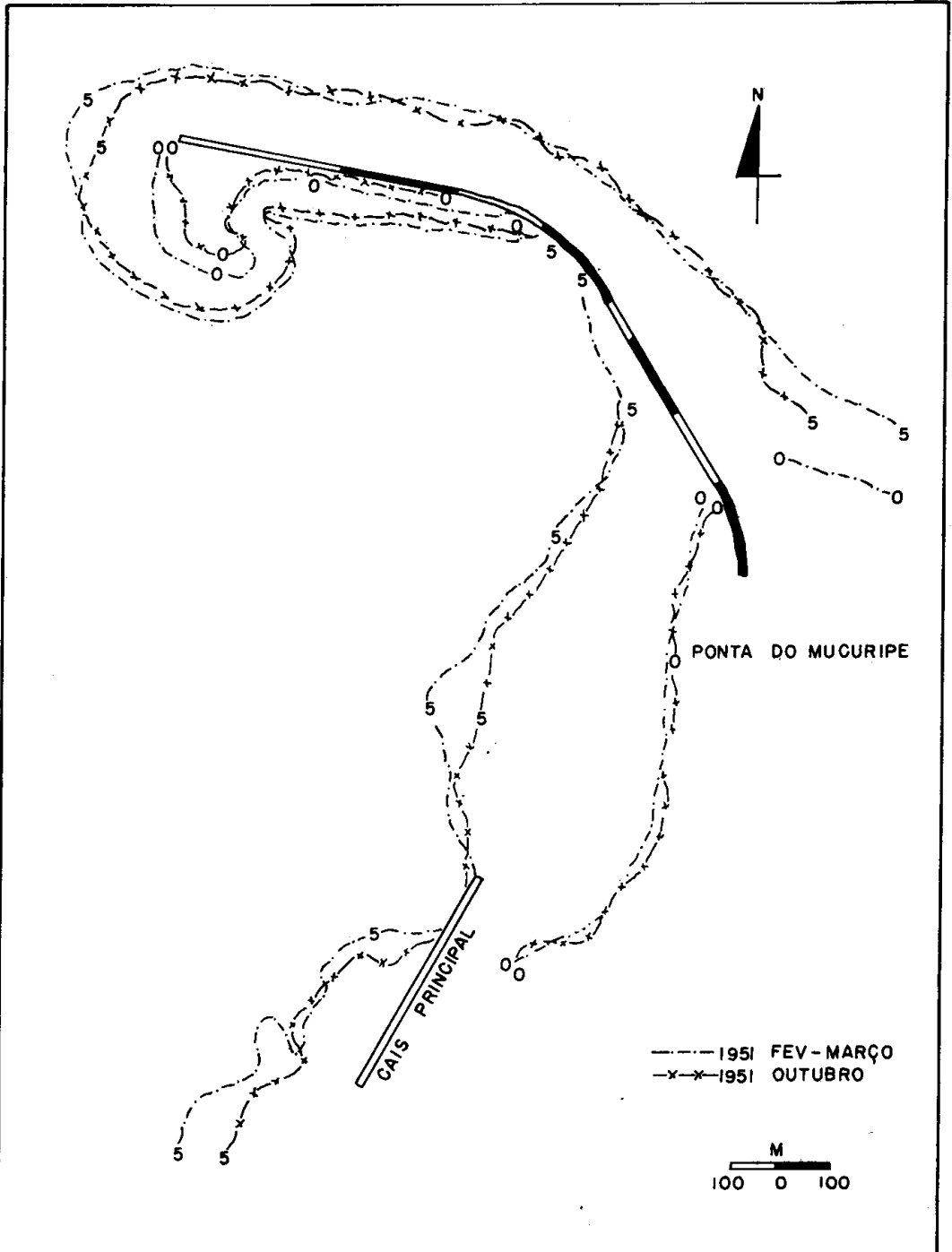


Figura 16 — Comportamento das isobatemétricas de 0 m e 5 m, em duas épocas do ano de 1951.

fundamento da enseada. Hoje nota-se que nos meses de janeiro e fevereiro, quando o vento não é muito intenso, há maior erosão nas praias, exatamente devido à direção das ondas. No período de abril a novembro, embora sejam, mais intensos, os ventos de certo modo se contrapõem às vagas que chegam ao litoral da cidade, amortecendo-se e evitando a formação de ressacas.

Com a construção do molhe do Mucuripe e conseqüente assoreamento da bacia de evolução e erosão nas praias dispostas a oeste do porto, foram tentados ensaios de laboratório. Inicialmente foram testados os prolongamentos de 150, 300, 600 e 700m. Os fenômenos de assoreamento, no entanto, permaneceram os mesmos já que as forças litorâneas não se haviam modificado numa

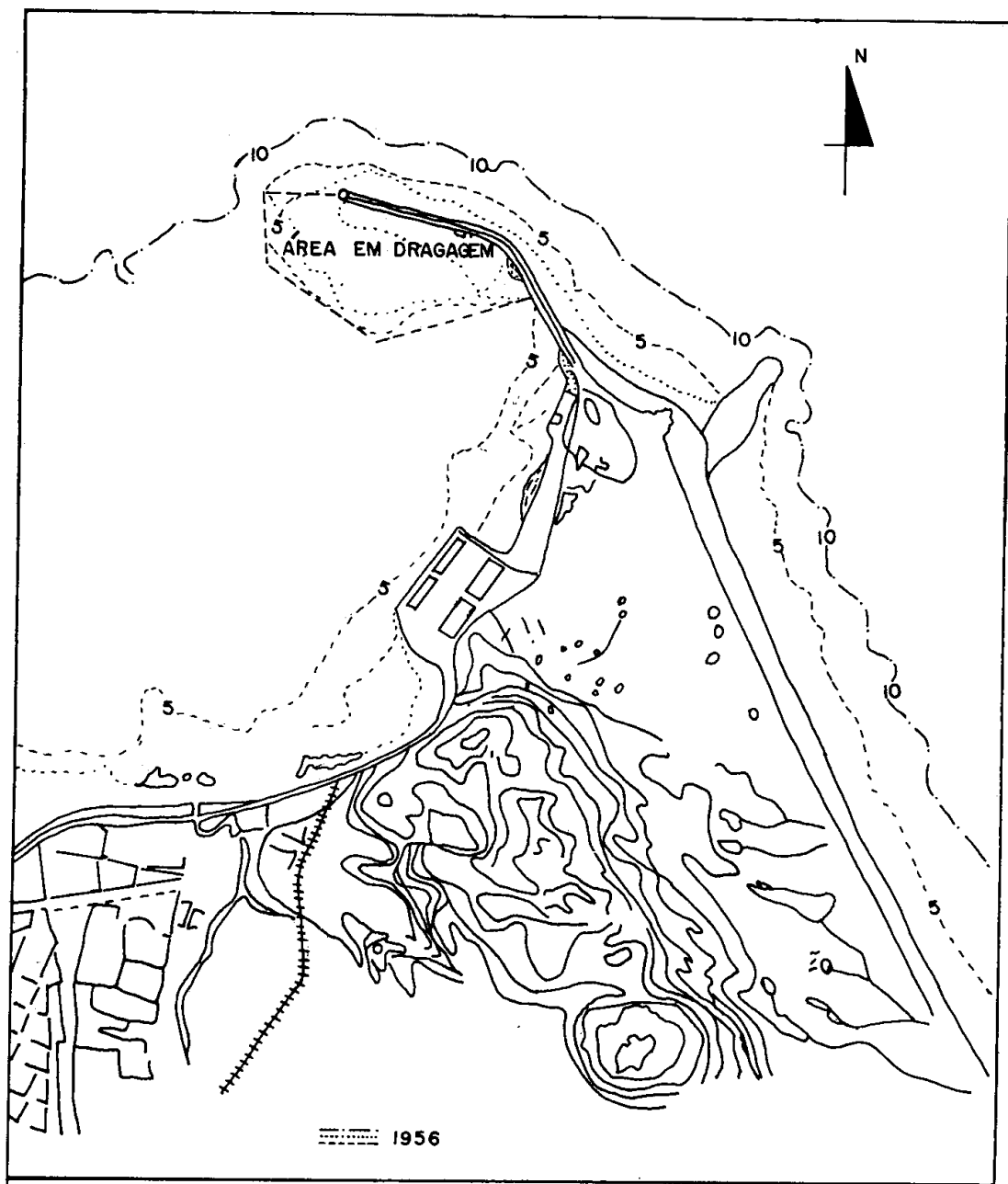


Figura 17 — Traçado das linhas isobatimétricas no ano de 1956.

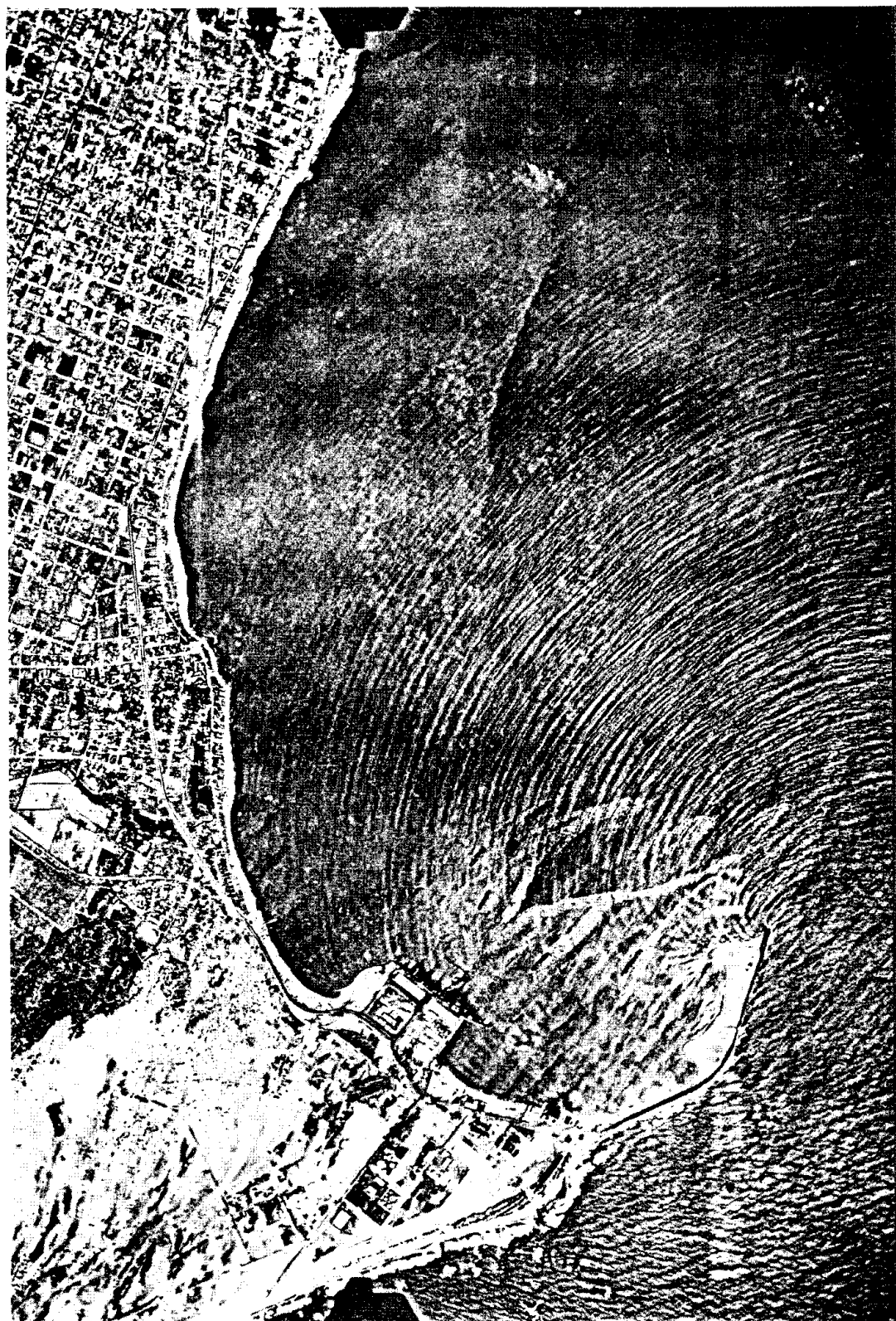


Figura 18 — Caminhamento de areias na parte interna do molhe do Porto de Mucuripe, antes da construção do espigão de retenção na Praia do Futuro.



Figura 19 — Redistribuição do material depositado na parte interna do molhe, depois da implantação do espigão de retenção na Praia do Futuro.

área de pouca declividade e ausência de fossas (Relatórios internos da Companhia DOCAS).

Em um modelo reduzido, com escalas horizontal 1: 300 e vertical 1: 100, foi estudada a possibilidade de interromper a translação das areias perto da extremidade do quebra-mar. Foram executados dois trechos do quebra-mar, um

150 m em direção N15°W e outro de 225 m com direção N15° E. Esta solução, embora pudesse reter o caminhar das areias por um certo tempo, não era aconselhável por provocar agitação na bacia e erosão nas praias a oeste.

Foram feitas comparações sucessivas posicionando os espigões pelo lado de fora do molhe, para identificar a posição mais eficaz.

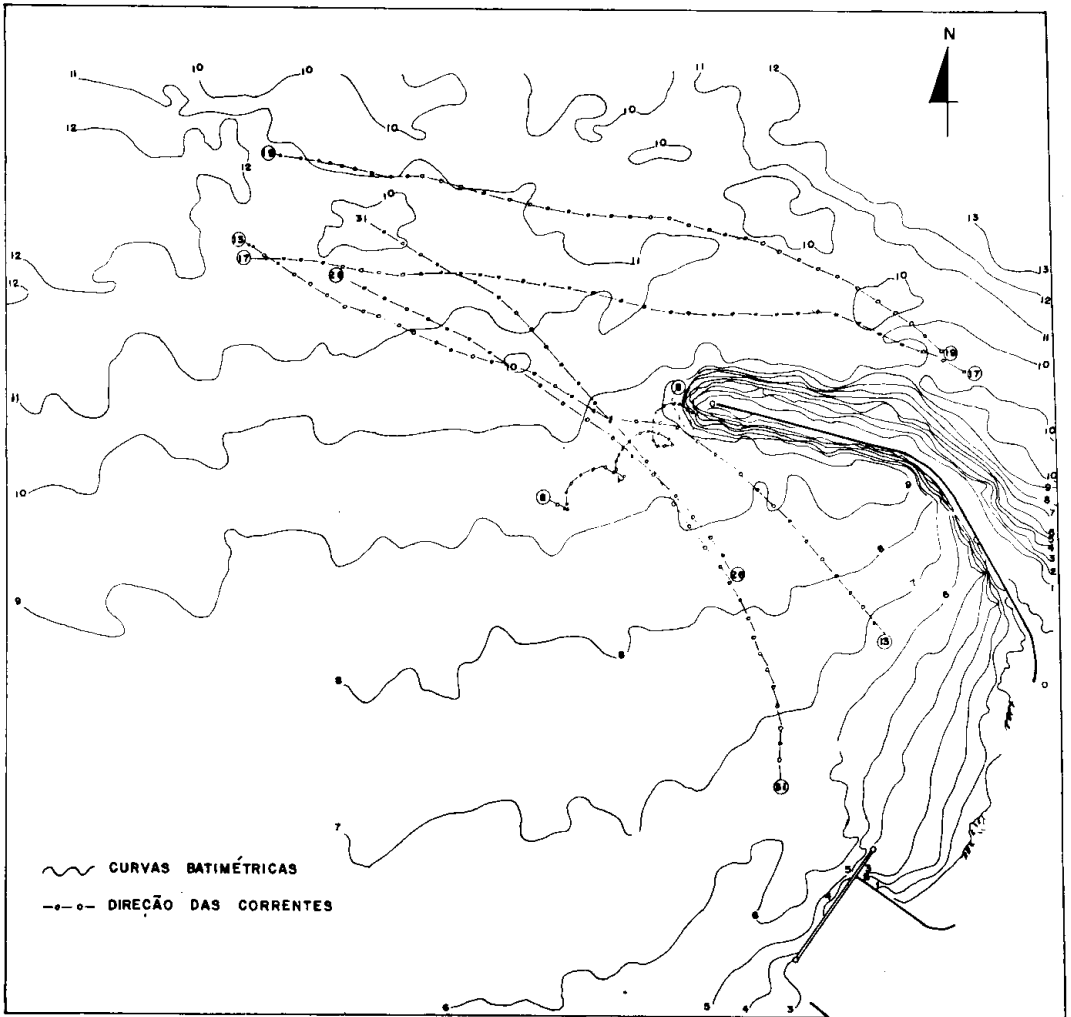


Figura 20 — Comportamento das correntes no ano de 1946.

Destes estudos, chegou-se à conclusão de que dois tipos de soluções poderiam resolver o problema do assoreamento do porto: a) interromper da maneira mais eficaz o movimento litorâneo dos sedimentos, por meio de implantação de espigão a leste da Ponta de Mucuripe; b) fazer com que os sedimentos transitem para oeste em processo artificial de recalque hidráulico. Foi escolhida a primeira hipótese. O problema de erosão da Praia de Iracema seria resolvido independentemente do problema de assoreamento, por alimentação artificial das praias e de defesa da costa.

Portanto, foi executada a construção de um espigão enraizado a montante do quebra-mar, que de fato reteve as areias.

Em uma primeira fase de trabalhos este espigão poderia atingir um comprimento de 300 a 400 m, para retenção dos sedimentos durante 10 a 20 anos, e seria eventualmente prolongado.

Ao atingir a época estipulada pelos ensaios de laboratório, começou a haver transpasse das areias, sendo necessário, portanto, o alongamento do espigão. Àquela época, 1974, este transporte de sedimentos se fez sentir pela migração da embocadura do Rio Maceiozinho, na Praia do Meireles, no sentido leste-oeste (Morais & Pitombeira, 1974), modificando completamente a conformação da costa naquela área e na batimetria da praia adjacente (figura 24). Logo depois do aumento na extensão do espigão, o

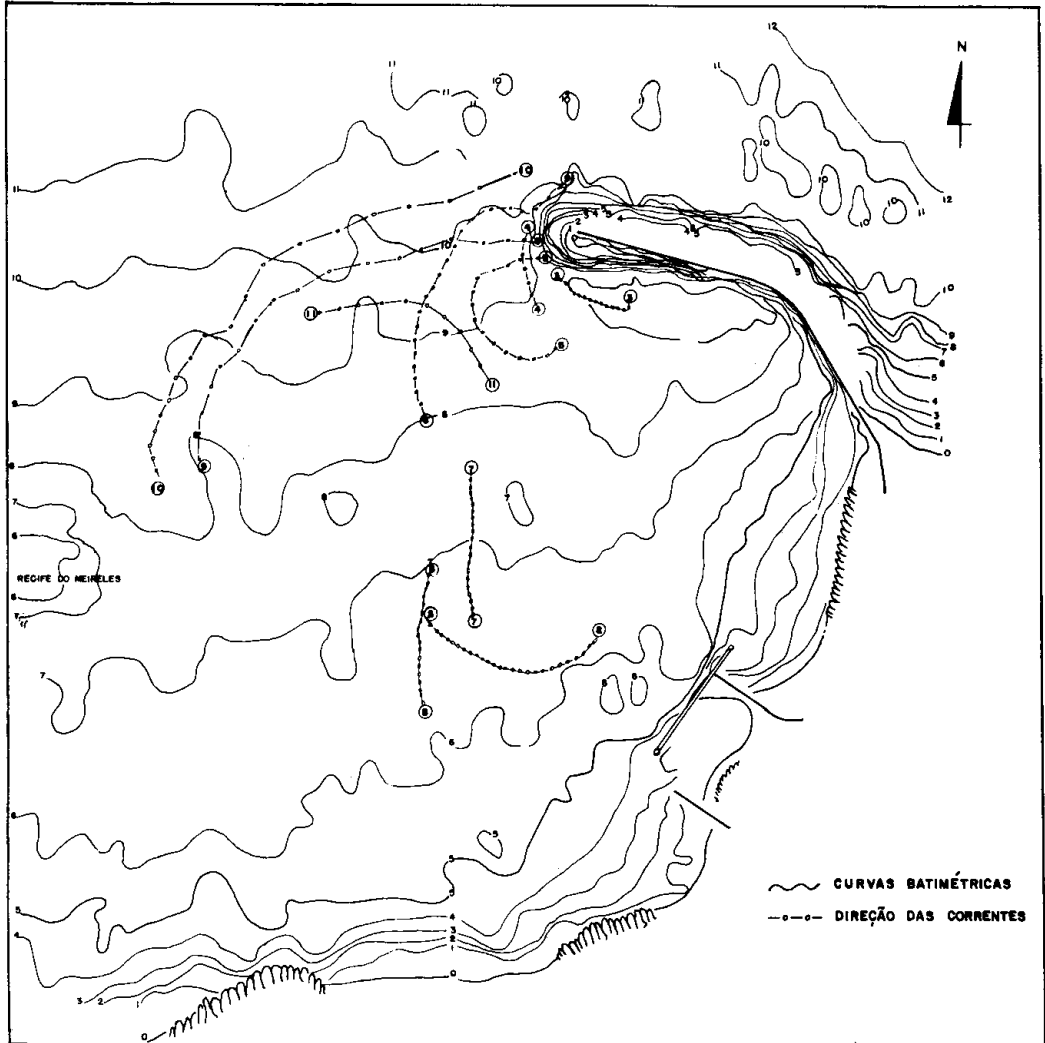


Figura 21 — Comportamento das correntes no ano de 1947.

que provocou novamente a retenção dos sedimentos, a migração do Rio Maceiozinho passou a ser oeste-leste. Observa-se que após a implantação do espigão de retenção da Praia do Futuro, os sedimentos acumulados na parte interna do molhe do Mucuripe assumiram uma forma abaulada, provocada pelo remanejamento das areias já depositadas no local e pelo afluxo de material em suspensão (figura 25).

O prolongamento do molhe do Mucuripe em 400 a 500 metros resolveu em parte a agitação das águas no porto e foi orientado para o alto-mar relativamente

à direção do trecho final das obras existentes, para que se conservasse o mesmo canal de navegação. Para o prolongamento das obras seria necessária a criação eventual de uma fossa na proximidade imediata da extremidade do lado exterior do molhe, e dragagens definitivas no interior do porto.

Em 1973 houve uma consulta ao INPH sobre o estudo em modelo reduzido, para melhor localização do terminal petrolífero, que foi soterrado à época da construção do molhe do porto. Depois de realizados os estudos sobre agitação, foi decidida a construção do *pier* na ex-

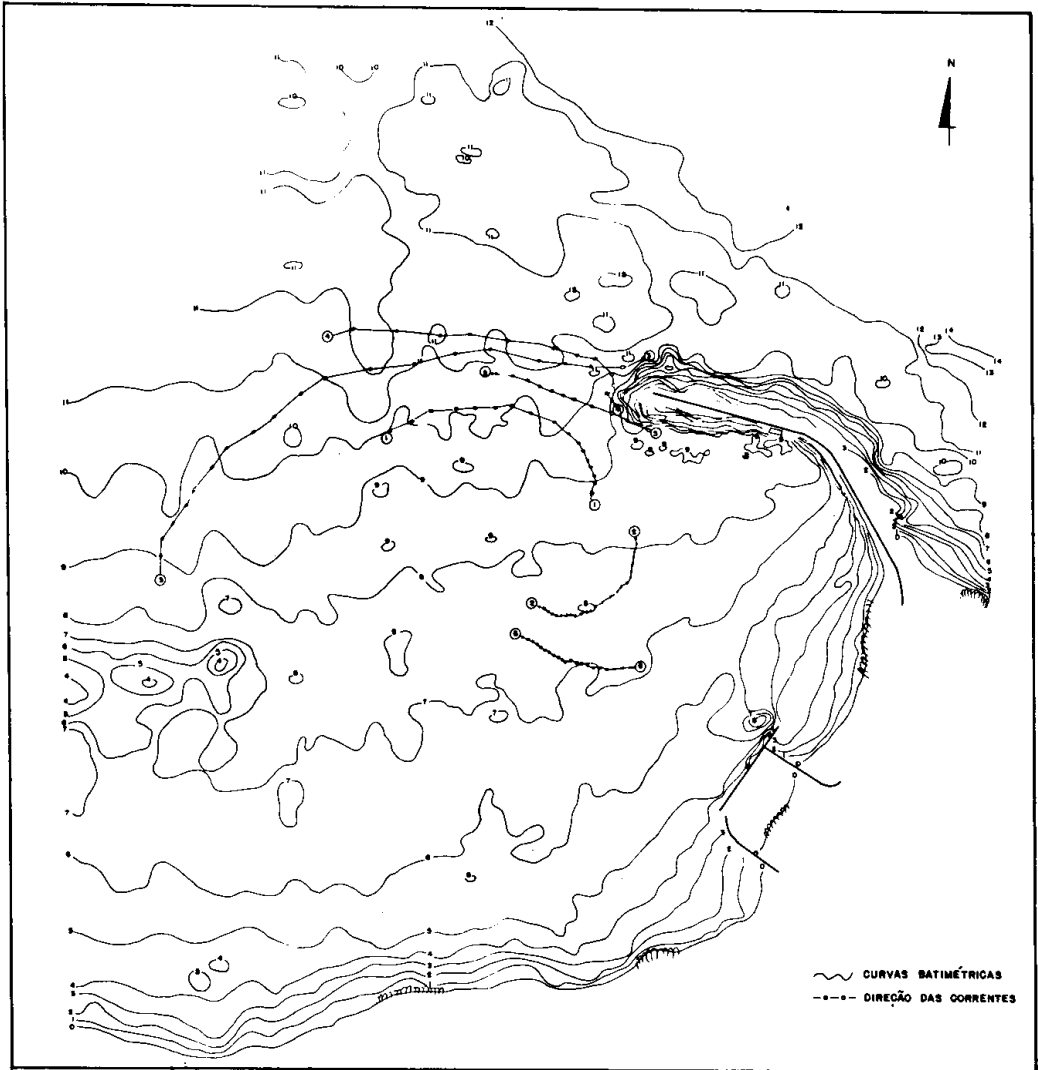


Figura 22 — Comportamento das correntes no ano de 1948.

tremidade oeste do cais, perpendicular ao mesmo. Com esta construção, a batimétrica de 10 metros sofreu um deslocamento em direção ao largo, revelando assoreamento na zona de atracação de petroleiros, mas o restante do canal de acesso permaneceu normal.

CONCLUSÕES

1) A Enseada de Mucuripe foi criada por erosão, pela ação continuada das ondas, cujas evidências são as rochas de

praia isoladas que ocorrem nas isóbatas de 5 metros. Estas rochas aí encontradas nada mais são do que sedimentos terciários consolidados e cimentados pelo óxido de ferro e/ou carbonato de cálcio oriundo da própria água do mar.

2) Os sedimentos provenientes desta erosão foram retrabalhados e redistribuídos formando extensos bancos arenosos no litoral, que persistiram ainda no século passado, o que é evidenciado pelas ilustrações que mostram um banco de areia estendendo-se até os recifes do Mucuripe, com a isóbata de 4 metros distanciando-se 650 metros da praia.

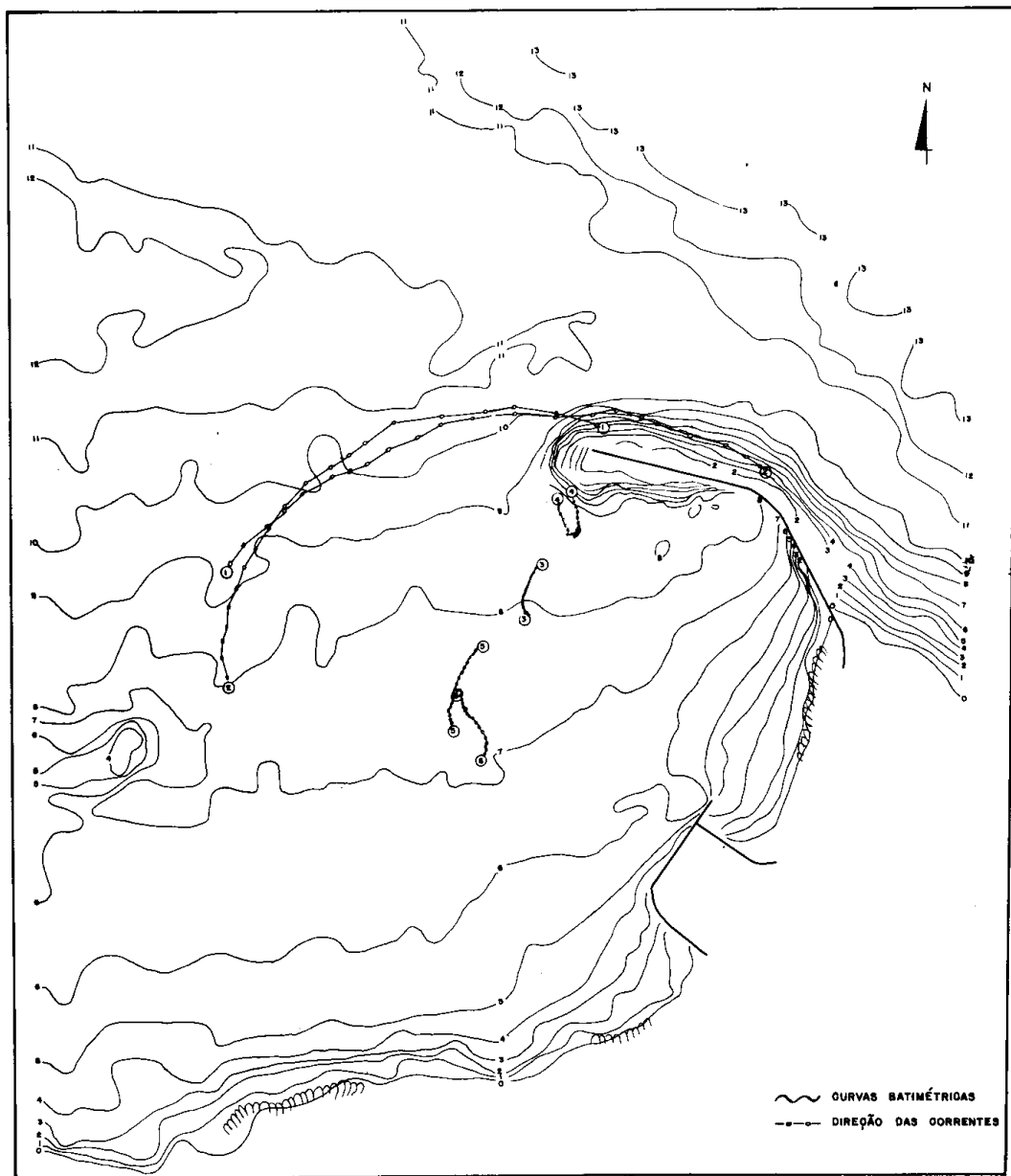


Figura 23 – Comportamento das correntes no ano de 1949.

3) Depois de atingir um perfil aproximado de equilíbrio, o movimento ondulatório encarregou-se de transportar sedimentos da Praia do Futuro e da própria ponta do Mucuripe (àquela época ainda consistindo de material rochoso consolidado) para as praias situadas a oeste do atual porto, ou seja, para a Praia de Iracema.

4) As praias de Iracema e adjacências continuaram com perfil progressivo

de engordamento até 1945, alimentadas pelos sedimentos que continuavam a ser erodidos no atual bairro do Mucuripe.

5) A construção do molhe do Mucuripe em 1940-45 provocou um movimento de difração das ondas, que trouxe modificações marcantes na conformação da linha de costa. Houve erosão nas praias de Iracema e adjacências, provocando também o aumento das profundidades naquela área. Por outro lado, as-

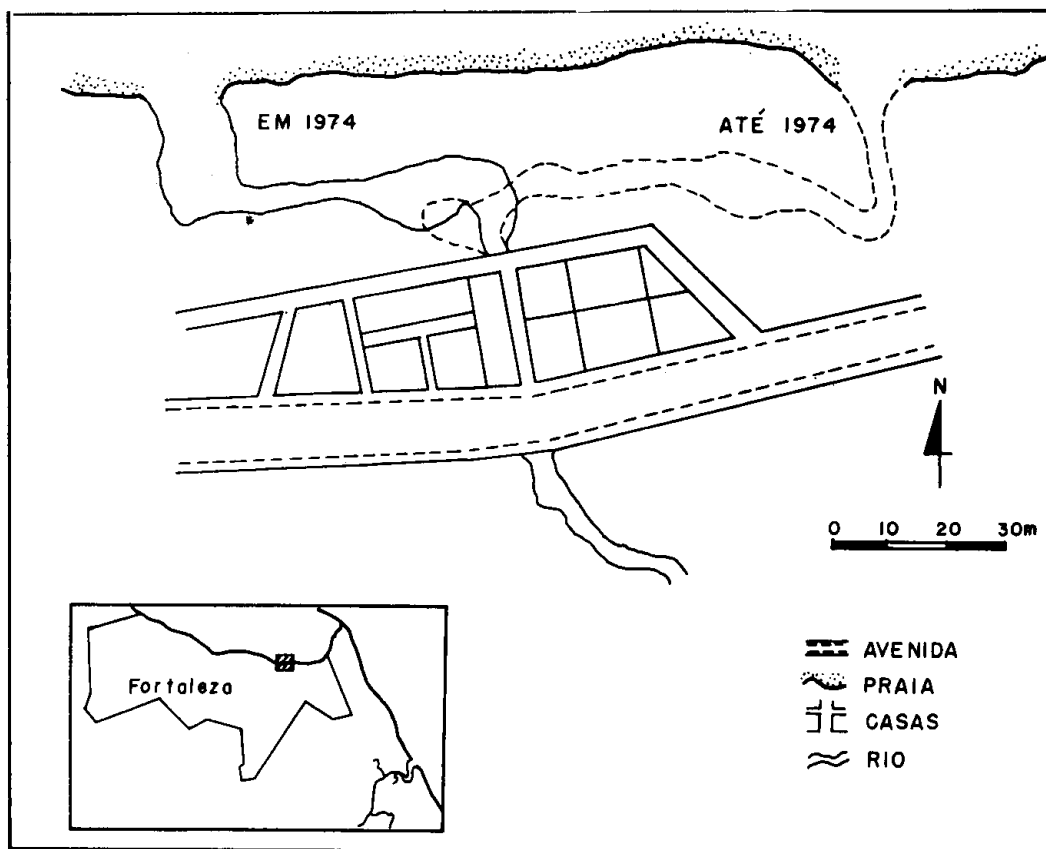


Figura 24 — Migração da embocadura do Rio Maceiozinho (segundo Morais & Pitombeira, 1974).

soreou a bacia do porto, estabelecendo um quadro sedimentológico inverso ao que atuava antes.

6) A construção do espigão na Praia do Futuro trouxe efeitos benéficos no que se refere ao assoreamento da bacia do porto, uma vez que impediu o acesso de areias à enseada.

7) Qualquer transpasse de sedimentos que, porventura, vier a ocorrer no molhe do Mucuripe será imediatamente refletido na migração da embocadura do Rio Maceiozinho, na Avenida Beira-Mar. Este é um diagnóstico relevante para se definir épocas de dragagens e/ou prolongamento do espigão da Praia do Futuro.

8) O prolongamento do molhe do porto, associado à construção do espigão para recuperação da Praia de Iracema, desencadeou processos de erosão nas

praias situadas no litoral oeste da cidade, tendo sido necessária a construção de uma bateria de 11 espigões para amenizar este processo.

9) As praias do litoral oeste estão praticamente estabilizadas, havendo, no entanto, necessidade de reparo imediato nas extremidades e mesmo ao longo do corpo dos espigões, que estão danificados pela ação das ondas.

10) Há um constante retrabalhamento dos sedimentos nestas praias e uma tendência a acumulação dos mesmos a barlamar dos espigões.

11) O fundo impenetrável detectado nas sondagens a percussão foi definido como sendo rochas sedimentares muito consolidadas. O embasamento está a 25 metros de profundidade, revelado nos perfis sísmicos pelas superfícies irregulares de reflexão.



Figura 25 — Sequência fotográfica mostrando o afluxo atual de sedimentos em suspensão para a bacia do Porto de Mucuripe.

12) Nos sedimentos atuais da bacia do porto do Mucuripe predomina a facies siltica-argilosa, porque o molhe da Praia do Futuro impediu o caminhar das areias. Há, portanto, sedimentação somente de material fino carregado em suspensão, que pelo movimento de difração deposita-se tanto no lado direito como esquerdo do molhe.

13) A corrente geral de direção paralela à Praia do Futuro dirige-se para o largo não havendo mais penetração, como ocorria nas décadas de 40 e 50. O molhe da Praia do Futuro evitou sua entrada na enseada.

14) A variação dos ventos de SE para NE é estacional, originada pelo deslocamento do equador térmico para o sul do equador geográfico. No inverno predominam os ventos alíseos de sudeste, com o deslocamento do equador térmico para o norte.

Isto implica também na mudança de direção dos movimentos ondulatórios e

das correntes que atingem o litoral de Fortaleza, que se tornam por este motivo, também estacionais.

15) A ocorrência de moluscos evidencia a contribuição marinha na evolução sedimentar de subsuperfície da bacia do porto.

SUMMARY

English title: Sedimentary evolution of the Mucuripe Embayment, Fortaleza, Ceará State, Brazil.

The Mucuripe Embayment lies on the northern part of the littoral of Fortaleza city, capital of Ceará State, northeastern Brazil.

This embayment underwent several processes of erosion and silting up during the last century. The study of these processes gave some clues which indicate the origin and sedimentological evolution of the embayment.

Several previous data on morphology, hydrology and sediment transport have been put together with many analyses of the actual seismic reflexion profile, cores, and sediment sampling, which lead to some conclusions among which the outstanding ones, are:

1 – The Mucuripe Embayment has been created by erosion. The evidences of this are the Tertiary rocks found spread along the 5 meter isobath.

2 – The beaches on the west littoral of Fortaleza are practically stabilized due to the presence of break-waters along the coast. This is not true of the eastern littoral (Praia do Futuro) where there is a progradation of the sediments, seaward.

3 – The basement formed of crystalline rocks is situated at the depth of 25 metres inside harbour basin. Some other similar resolutions detected in the seismic profiles at a lower depth are hard consolidated sandstones.

4 – At the moment there is no progress on the littoral sediment transport, but the suspended material is still being carried on towards the Mucuripe Harbour.

5 – The frontal movement of waves in January and February causes erosion on the western part of the area, and this is a consequence of variations on trade wind direction.

6 – The marine benthonic organisms found in the cores witness the marine cycle on the sedimentary evolution of the embayment.

BIBLIOGRAFIA

Almeida, F. F. M. – 1958 – *Geologia e petrologia do Arquipélago Fernando de Noronha*. Serviço Gráfico do IBGE, 181 pp., Rio de Janeiro.

Bigarella, J. J. & G. O. Andrade – 1964 – Consideração sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). *Arq. Inst. Ciên. Terra*, Recife, 2 : 2-14.

Braga, A. P. G. *et al.* – 1977 – *Projeto Fortaleza*. DNPM/CPRM, Relatório Final, 342 pp., Recife.

Branner, J. C. – 1904 – The stone reefs of Brazil, their geological and geographical relations, with a chapter on the coral reefs. *Mus. Comp. Zool. Bull.*, Cambridge, 44 (7).

Campos e Silva, A. – 1965 – *O Grupo Barreiras na região de Natal*. Instituto de Antropologia, Relatório Interno, 5 pp., Natal.

Campos e Silva, A.; J. M. Mabeoone & K. Beurlen – 1972 – Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. *Rev. Bras. Geoc.*, São Paulo, 2 (3): 173-188.

Damuth, J. E. & M. A. Gorini – 1976 – The equatorial midocean canyon: a relict deep-sea channel on the Brazilian continental margin. *Geol. Soc. Am. Bull.*, Boulder, 87: 340 – 346.

Mabeoone, J. M.; M. Kempf & P. N. Coutinho – 1972 – Characterization of surface sediments on the northern and eastern Brazilian shelf. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. Pe.*, Recife, 13 : 41 – 48.

Meyell, A. Hor. – 1930 – *Porto de Fortaleza – Memória justificativa do ante-projeto de melhoramento do porto na Enseada de Mucuripe*. Relatório, 88 pp., Fortaleza.

Morais, J. O. – 1969 – Aspectos correlativos de geologia litoral e submarina. *Arq. Ciên. Mar*, Fortaleza, 9 (2): 127 – 131.

Morais, J. O. & E. S. Pitombeira – 1974 – Processos migratórios na embocadura do Rio Maceiozinho (Fortaleza – Ceará – Brasil). *Bol. Ciên. Mar*, Fortaleza, (27): 1-9.

Morais, J. O. & J. V. Sousa – 1971 – Transporte e sedimentação de dunas no município de Fortaleza (Ceará – Brasil). *Estudos Sedimentológicos*, Natal, 1 (1): 73-81.

Oliveira, A. I. & O. H. Leonardos – 1943 – *Geologia do Brasil*. Ministério da Agricultura, Série Informação Agrícola, 813 pp., Rio de Janeiro.

Oliveira, P. E. & J. R. A. Ramos – 1956 – Geologia das quadrículas de Recife e Pontas de Pedra. *Bol. Div. Geol. Min. DNPM*, Recife, (151) : 1-60.

Portugal, H. F. – 1946 – *Comissão de estudos complementares do Porto do Mucuripe*. Relatório (cópia xerox de 18 páginas).

Vandoros, P. & M.A.F. Oliveira – 1968 – Sobre o fonólito de Mecejana, Ceará. *An. Acad. Bras. Ciên.*, Rio de Janeiro, 40 (2) : 203-206.