

RESUMO

O Governo Federal, sintonizado com os custos logísticos e operacionais dos portos brasileiros, face à tendência, verificada a nível mundial, de aumento dos seus calados operacionais, e ainda considerando a relevância estratégica do Porto de Santos para o País, solicitou ao Centro de Excelência em Engenharia de Transportes (CENTRAN), criado através de portaria interministerial firmada entre os Ministérios dos Transportes e da Defesa, a realização de um amplo estudo sistemático, pioneiro no âmbito portuário brasileiro, sobre a geologia de subsuperfície do Estuário Santista, a fim de subsidiar o necessário aprofundamento do canal de acesso, bacias de evolução e berços de atracação.

Tais levantamentos e demais estudos relacionados, foram gerenciados pelo CENTRAN através da experiência de uma de suas instituições-âncora, o Instituto de Pesquisas Hidroviárias (INPH), ao qual coube a coordenação geral e técnica de todo o projeto.

Foram executados diversos levantamentos geológicos básicos e estudos correlatos, que subsidiaram a elaboração do “Projeto Geométrico da Infra-Estrutura Aquaviária ao Porto de Santos (SP)”, no qual são estudadas e apresentadas duas Alternativas – **A** e **B** – apenas ao presente trabalho, como o ANEXO XI.

Considerando os estudos reportados no referido Projeto Geométrico de Dragagem, o INPH defende a adoção da Alternativa **A**, de 220m de largura, com aprofundamento para 16m, alternativa de projeto que, inclusive, dispensa a necessidade de derrocagem da Pedra do Barroso, próxima à Ilha Barnabé, até a profundidade de 17m.

EQUIPE TÉCNICA

Supervisão Geral

Eng^o. Domenico Accetta – INPH

Cel. Paulo Roberto Dias Morales – CENTRAN

Coordenação Técnica

Geol^o. Roberto Bianco – INPH

Levantamentos Geológicos Básicos

Geol^o. Roberto Bianco

Eng^o. Gabriel Curi Neto

Eng^o. Alexandre de Carvalho Leal Neto

Projetista Aluisio Silverio da Costa

Tec. Hidrografia Roberto Machado Pinto

Tec. Hidrografia Alvacir Ribeiro de Carvalho

Secretária Vanessa Carneiro de Melo

Secretária Viviane Machado da Silva

Projeto de Infra-Estrutura Aquaviária

Eng^o. Gabriel Curi Neto

Geol^o. Roberto Bianco

Eng^o. Antonio Paulo dos Santos Pinto

Projetista Aluisio Silverio da Costa

Tec. Hidrografia Roberto Machado Pinto

Secretária Vanessa Carneiro de Melo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	07
2. EQUIPES E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	08
3. PROGRAMAÇÃO E METODOLOGIA DOS SERVIÇOS	12
4. SITUAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA	14
5. ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS	16
6. BATIMETRIA AUTOMATIZADA	20
7. SONOGRAFIA	22
8. PERFILAGEM SÍSMICA CONTÍNUA	45
9. SONDAGENS JET-PROBE	54
10. SONDAGENS A PERCUSSÃO	68
11. POSICIONAMENTO DOS SERVIÇOS DE CAMPO	72

12. ANÁLISE DAS AMOSTRAS COLETADAS	74
13. ANÁLISE INTEGRADA DE DADOS	75
14. CÁLCULOS VOLUMÉTRICOS	84
15. PROJETO DE INFRA-ESTRUTURA AQUAVIÁRIA	90
16. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS FINAIS	95
17. CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
18. ANEXOS	99

ANEXO I. Cópias das Fichas das Estações Maregráficas

ANEXO II. Cópias dos Maregramas

ANEXO III. Plantas Reduzidas (Formato A4)

ANEXO IV. Perfis Geológico-Geofísicos

ANEXO V. Modelos em 2D

ANEXO VI. Modelos em 3D

ANEXO VII. Boletins de Sondagens Jet-Probe (JPIs - Canal Interno)

ANEXO VIII. Boletins de Sondagens Jet-Probe (JPEs - Canal Externo)

ANEXO IX. Boletins de Sondagens a Percussão (SPs)

ANEXO X. Plantas Originais (Formato A0 e A2)

ANEXO XI. Projeto de Infra-Estrutura Aquaviária (Relatório INPH nº 018/2007)

ANEXO XII. CD com os Arquivos do Serviço

APRESENTAÇÃO

O Governo Federal, sintonizado com os custos logísticos e operacionais dos portos brasileiros, face à tendência, verificada a nível mundial, de aumento dos seus calados operacionais, e ainda considerando a relevância estratégica do Porto de Santos para o País, solicitou ao Centro de Excelência em Engenharia de Transportes (CENTRAN), criado através de portaria interministerial firmada entre os Ministérios dos Transportes e da Defesa, a realização de um amplo estudo sistemático, pioneiro no âmbito portuário brasileiro, sobre a geologia de subsuperfície do Estuário Santista, a fim de subsidiar o necessário aprofundamento do canal de acesso, bacias de evolução e berços de atracação.

Tais levantamentos e demais estudos relacionados, que estiveram sob a gestão financeira da Fundação Ricardo Franco (FRF), foram gerenciados pelo CENTRAN aproveitando-se da ampla experiência, no modal aquaviário, de uma de suas instituições-âncora, o Instituto de Pesquisas Hidroviárias (INPH), ao qual coube a coordenação geral e técnica de todo o projeto.

O Instituto de Pesquisas Hidroviárias (INPH), Superintendência vinculada à Companhia Docas do Rio de Janeiro (CDRJ) e, ainda, órgão subordinado à Secretaria Especial de Portos, do Governo Federal, tem a satisfação em apresentar à Companhia Docas do Estado de São Paulo (CODESP), o relatório final referente à execução de tais serviços e estudos, realizados em toda a extensão do canal navegável do Estuário de Santos.

Foram executados diversos levantamentos geológicos básicos e estudos correlatos, culminando com a elaboração do “Projeto Geométrico da Infra-Estrutura Aquaviária ao Porto de Santos (SP)”, que segue integrado ao presente trabalho, como o ANEXO XI.

O INPH coloca-se à disposição de V.Sas. para o esclarecimento de quaisquer dúvidas relacionadas ao presente trabalho.

Atenciosamente,

Eng^o **DOMENICO ACCETTA**
Superintendente do INPH

1. INTRODUÇÃO

O Governo Federal, considerando a relevância estratégica do Porto de Santos para o País, solicitou ao Centro de Excelência em Engenharia de Transportes (CENTRAN) a realização de um amplo estudo sistemático, pioneiro no âmbito portuário brasileiro, sobre a geologia de subsuperfície do Estuário Santista, a fim de subsidiar o aprofundamento dos acessos aquaviários.

Tais levantamentos, e demais estudos relacionados, foram realizados e gerenciados pelo CENTRAN, aproveitando-se da ampla experiência no modal aquaviário de uma de suas instituições-âncora, o Instituto de Pesquisas Hidroviárias (INPH), ao qual coube a coordenação geral e técnica de todo o projeto.

Foram realizados serviços de levantamentos geológicos básicos, através da realização de perfilagem sísmica contínua (sísmica rasa), batimetria automatizada, sonar de varredura lateral, sondagens por jet-probe e a percussão, bem como a quantificação dos materiais a dragar, através da análise integrada de dados e de cálculos volumétricos com suporte em programas voltados à modelagem digital de superfícies.

Com vistas às necessárias obras de dragagem de aprofundamento, previstas para o Porto de Santos (SP), o INPH elaborou, com base nestes levantamentos e estudos, o **Relatório INPH nº 018/2007 – Projeto Geométrico da Infra-Estrutura Aquaviária ao Porto de Santos (SP)** –, que segue integrado ao presente trabalho como o ANEXO XI.

Os serviços, em campo e gabinete, foram executados no período de Setembro/2006 a Maio/2007, iniciados após reunião havida em 18/09/2006, entre técnicos da CODESP, do CENTRAN e do INPH, e após a obtenção das respectivas autorizações, junto ao Centro de Hidrografia da Marinha – CHM e à Capitania dos Portos de Santos.

Os levantamentos foram executados com o emprego de sistemas computadorizados a bordo, para aquisição de dados e orientação à navegação, com posicionamento baseado em DGPS.

O posicionamento DGPS em tempo real dos equipamentos na área de operação foi obtido com o emprego de um receptor DGPS, sintonizado em sinal diferencial emitido por satélite geo-estacionário, garantindo a acuidade na determinação das posições geográficas, dinamicamente ocupadas pelas embarcações utilizadas nos levantamentos.

As referências de nível para a redução maregráfica dos serviços realizados foram tomadas das estações maregráficas de Ilha das Palmas, Torre Grande e Ilha Barnabé (ANEXO I).

Este relatório inclui toda a documentação técnica utilizada na elaboração dos produtos finais, fornecidos em anexo.

2. EQUIPES E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Na execução dos serviços contratados, foram utilizadas as seguintes equipes:

2.1. EQUIPE DE COORDENAÇÃO E SUPERVISÃO GERAL

A coordenação das tarefas de preparo, acompanhamento e pós-processamento dos levantamentos e estudos realizados, foi realizada pelo INPH, sendo alocados:

- 01 engenheiro sênior, como supervisor geral do projeto
- 01 geólogo sênior, como coordenador técnico do projeto

2.2. EQUIPES DE CAMPO E PÓS-PROCESSAMENTO

As equipes de campo e pós-processamento, incumbidas de executar e pós-processar os levantamentos geofísicos e geotécnicos, bem como os estudos daí advindos, foram compostas da seguinte forma:

a) Coordenação Geral

- 01 geólogo sênior, como coordenador técnico

b) Levantamento com Perfilagem Sísmica Contínua (1 equipe)

- 01 geólogo sênior
- 01 engenheiro eletrônico
- 01 técnico em hidrografia
- 01 auxiliar técnico em hidrografia
- 03 braçais

c) Levantamento com Sonar de Varredura Lateral (1 equipe)

- 01 geólogo sênior
- 01 técnico operador de sonar
- 01 técnico em hidrografia
- 02 braçais

d) Sondagens por Jet-Probe (2 equipes)

- 01 engenheiro pleno
- 02 supervisores de mergulho
- 04 mergulhadores

e) Sondagens a Percussão (2 equipes)

- 01 geólogo pleno
- 01 técnico encarregado de operações
- 02 laboratoristas
- 02 sondadores
- 02 auxiliares de sondagem
- 04 serventes

f) Posicionamento dos Furos (2 equipes)

- 02 técnicos em navegação por satélite (DGPS)
- 02 braçais

g) Interpretação e Análise dos Serviços

- 05 geólogos seniores, com especialização em geofísica marinha e/ou geotecnia
- 01 engenheiro, especializado em processamento e modelagem digital
- 02 técnicos em pós-processamento
- 02 técnicos em hidrografia
- 02 laboratoristas de solos
- 04 auxiliares técnicos
- 03 operadores de estação CAD

h) Projeto de Infra-Estrutura Aquaviária (1 equipe)

- 02 engenheiros seniores
- 01 geólogo sênior
- 02 técnicos em hidrografia
- 03 auxiliares técnicos em administração
- 03 operadores de estação CAD

2.3. EQUIPAMENTOS E PROGRAMAS

Foram utilizados, nos serviços, os seguintes equipamentos e programas:

a) Sistema de Batimetria ⇒ Sistema de batimetria automatizada, composto de:

- 01 computador Pentium IV, com sistema HydroPro
- 01 ecobatímetro Odom Hydrotrac
- 01 gerador a gasolina Honda EM-1000

b) Sistema de Geofísica Rasa ⇒ Para obtenção dos perfis sísmicos foi utilizado um sistema Uniboom, constituído de:

- 01 registrador sísmico EPC-4800
- 01 fonte de energia sísmica EG&G, mod. 234, 100 a 300 joules
- 01 processador de sinais analógicos Del Norte, mod. 502-A
- 02 hidrofones EG&G, mod. 265, de 8 cristais
- 01 emissor acústico UNIBOOM, mod. 230-1, da EG&G, acoplado a catamarã
- 01 gerador Honda E-3600, de 4 KVA
- 01 gerador Honda EF-1000

c) Sistema de Side Scan Sonar ⇒ Para obtenção dos perfis sonográficos foram utilizados os seguintes equipamentos:

- 01 peixe (emissor/receptor) Marine Sonic, com transdutor de 300 kHz
- 01 registrador digital da Marine Sonic
- 01 conjunto de acessórios
- 01 bobina de 50 m de cabo c/ malha de aço
- 01 gerador Honda EM-1000

d) Equipamentos de Sondagem Jet-Probe ⇒ Equipamentos completos para execução de sondagens jet-probe, incluindo equipamentos de mergulho, em suprimento a 2 (duas) equipes independentes:

- Equipamentos individuais completos de mergulho, para 4 (quatro) mergulhadores
- Equipamento de radiofonia e circuito de TV em tempo real, com gravação em DVD
- 06 garrafas de ar comprimido
- 02 compressores de ar, para mergulho umbilical
- 02 conjuntos moto-bomba de alta pressão
- 02 conjuntos de hastes, diâmetro de 3/4" e/ou 1"
- 02 conjuntos de tubos de revestimento, diâmetro de 2"
- 02 conjuntos de ferramentas diversas

e) Equipamentos de Sondagem a Percussão ⇒ Equipamentos completos para execução de sondagens geotécnicas a percussão, em suprimento a 2 (duas) equipes independentes:

- 02 torres/tripés de sondagem a percussão
- 02 flutuantes de sondagem
- 02 conjuntos moto-bomba de alta pressão
- 02 conjuntos de hastes, diâmetro de 1"
- 02 conjuntos de tubos de revestimento, diâmetro de 2 1/2" ou 3"
- 02 pesos batentes (martelos) de 65Kg
- 02 saca-tubos
- 02 alçadores para hastes de 1"
- 08 âncoras para fixação dos flutuantes, com respectivas amarras
- 02 conjuntos de ferramentas diversas

f) Subsistemas de Posicionamento Eletrônico DGPS ⇒ Sistemas GPS Diferencial em tempo real, em suprimento a equipes independentes de posicionamento, compostos de:

- 03 notebooks Pentium IV
- 01 estação base Trimble CBS (precisão submétrica)
- 01 estação de bordo Trimble DSM (precisão submétrica), com software HidroPRO
- 02 estações DGPS (precisão submétrica), LandStar Racal-NCS, com software Hypack
- 01 receptor DGPS Landstar MKIV da RACAL para correção diferencial em tempo real do GPS de bordo
- 01 Rádio-Modem digital em UHF

g) Lanchas de Prospecção e Apoio ⇒ Foram utilizadas 11 (onze) embarcações, alocadas aos serviços conforme a necessidade de cada momento, e em condições de navegabilidade e segurança compatíveis com as tarefas a elas destinadas:

- 01 lancha, para a execução do levantamento sismobatimétrico
- 01 lancha, para a execução do levantamento sonográfico
- 02 lanchas de apoio a duas equipes de sondagem jet-probe
- 04 lanchas de apoio a duas equipes de sondagem a percussão
- 01 lancha para apoio à equipe de posicionamento dos furos jet-probe
- 01 lancha para apoio a equipe de posicionamento dos furos a percussão
- 01 lancha para apoio à equipe de coordenação e acompanhamento dos serviços

h) Viaturas de Apoio ⇒ Ao longo do período de realização do trabalho, foram utilizadas, conforme a necessidade, diversas viaturas de apoio aos serviços, incluindo-se caminhões, utilitários e automóveis de passeio diversos.

i) Sistema Central ⇒ Sistema de processamento de dados, usado no planejamento e processamento final dos serviços, consistindo de:

- Estação de trabalho com microcomputador Pentium e monitor de vídeo
- 02 notebooks Pentium IV
- 03 microcomputadores Pentium IV
- 01 mesa digitalizadora A0
- 02 plotadores de precisão A0
- 03 impressoras gráficas

j) Programas ⇒ Foram utilizados, nos serviços, os seguintes programas:

- Programas de aquisição de dados HydroPro e Hypack
- Programa para modelagem digital Surfer Versão 8.0
- Programa para edição de perfis Grapher Versão 6.0
- Programa para emissão de plantas MaxiCAD, versão para Windows
- Programas de integração Surfer/MaxiCAD/Hydro

3. PROGRAMAÇÃO E METODOLOGIA DOS SERVIÇOS

Os levantamentos foram programados e executados na escala 1:5.000, conforme preconizado no Contrato DP/22.2006, firmado entre a CODESP e a Fundação Ricardo Franco (FRF), e ainda de acordo com os quantitativos definidos no Termo de Referência, como a seguir:

- **No canal externo, da isóbata -17,00m até a Seção 190:** 5 (cinco) linhas longitudinais ao eixo do canal, perfazendo um total aproximado de 60 km de perfis sismobatimétricos, com espaçamento médio a cada 50 (cinquenta) metros, entre as 3 (três) linhas centrais e de 100 (cem) metros, para as 2 (duas) linhas situadas em ambas as extremidades;
- **No canal interno, da Seção 330 até a Seção 817:** 244 (duzentas e quarenta e quatro) linhas transversais ao eixo do canal, com espaçamento médio a cada 50 (cinquenta) metros, prevendo-se, ainda, 3 (três) linhas longitudinais de controle e cerca de 30 km de perfis sismobatimétricos para adensamento da malha, perfazendo um total aproximado de 200 km de perfis sísmicos;
- **No canal interno, da Seção 330 até a Seção 817:** 6 (seis) linhas longitudinais ao eixo do canal, com espaçamento médio a cada 50 (cinquenta) metros, perfazendo um total aproximado de 75 km de perfis sonográficos;
- **Após a interpretação dos registros sismobatimétricos:** 400 (quatrocentas) sondagens por jet-probe, distribuídas prioritariamente em trechos do canal externo e interno, bacias de evolução e berços de atracação, complementadas por até 60 (sessenta) sondagens a percussão, onde couberem, com base nas informações obtidas no levantamento geofísico e nas orientações fornecidas pela Fiscalização, sendo facultado, em ambos os casos, o eventual remanejamento de furos para o detalhamento de trechos considerados críticos.

A seguir, a tabela constante no Termo de Referência fornecido pela CODESP, contendo as áreas a serem investigadas, com suas respectivas profundidades atuais e de projeto.

ÁREAS-ALVO E RESPECTIVAS COTAS-PROJETO

Trecho		Prof. Atual (DHN)	Fase de Dragagem	Profundidade de Projeto (DHN)	Tolerância Vertical
Canal da Barra (Isóbata de 17m)	Torre Grande (Seção 440)	14 m / 13 m	1ª Fase	15 m	0,40 m
			2ª Fase	16 m	
			3ª Fase	17 m	
Torre Grande (Seção 441)	Saboó (Seção 678)	12 m	1ª Fase	14 m	0,40 m
			2ª Fase	15 m	
			3ª Fase	16 m	
Saboó (Seção 679)	Alamoá (Seção 817)	12 m	1ª Fase	14 m	0,40 m
			2ª Fase	15 m	
			3ª Fase	16 m	

Foram adotadas, nos levantamentos executados, as normas da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), da Diretoria de Portos e Costas (DPC), da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e outras pertinentes, onde eventualmente aplicáveis.

O método executivo, adotado nos serviços de perfilagem sísmica contínua, teve como princípio básico o levantamento simultâneo e integrado do relevo de fundo, no mesmo trajeto programado para as linhas sísmicas, através do uso de ecobatimetria, objetivando conferir maior precisão à interpretação dos registros.

O levantamento com sonar de varredura lateral foi executado posteriormente ao levantamento com perfilagem sísmica e batimetria, após programação prévia adicional, recobrando toda a área pretendida, após o conhecimento preliminar do fundo estuarino, através da sismobatimetria.

Em todos os levantamentos – perfilagem sísmica, batimetria, sonografia, sondagens por jet-probe e a percussão – foram empregadas tecnologias baseadas em sistemas automatizados de coleta de dados, sendo todos referidos ao nível de redução da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), da Marinha do Brasil.

4. SITUAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA

Distando cerca de 80km da Cidade de São Paulo (SP), movimentando, por ano, *mais de 60 milhões de toneladas de cargas diversas e operando cerca de 12 km de cais, nas duas margens estuarinas*¹, o Porto de Santos situa-se no Litoral Paulista, dentro do Estuário de Santos, no trecho compreendido entre a região próxima às Ilhas dos Bagres e Barnabé, a montante, e a Baía de Santos, a jusante.

A Figura 1, a seguir, apresenta uma imagem de satélite, com indicação de alguns componentes da infra-estrutura do entorno.

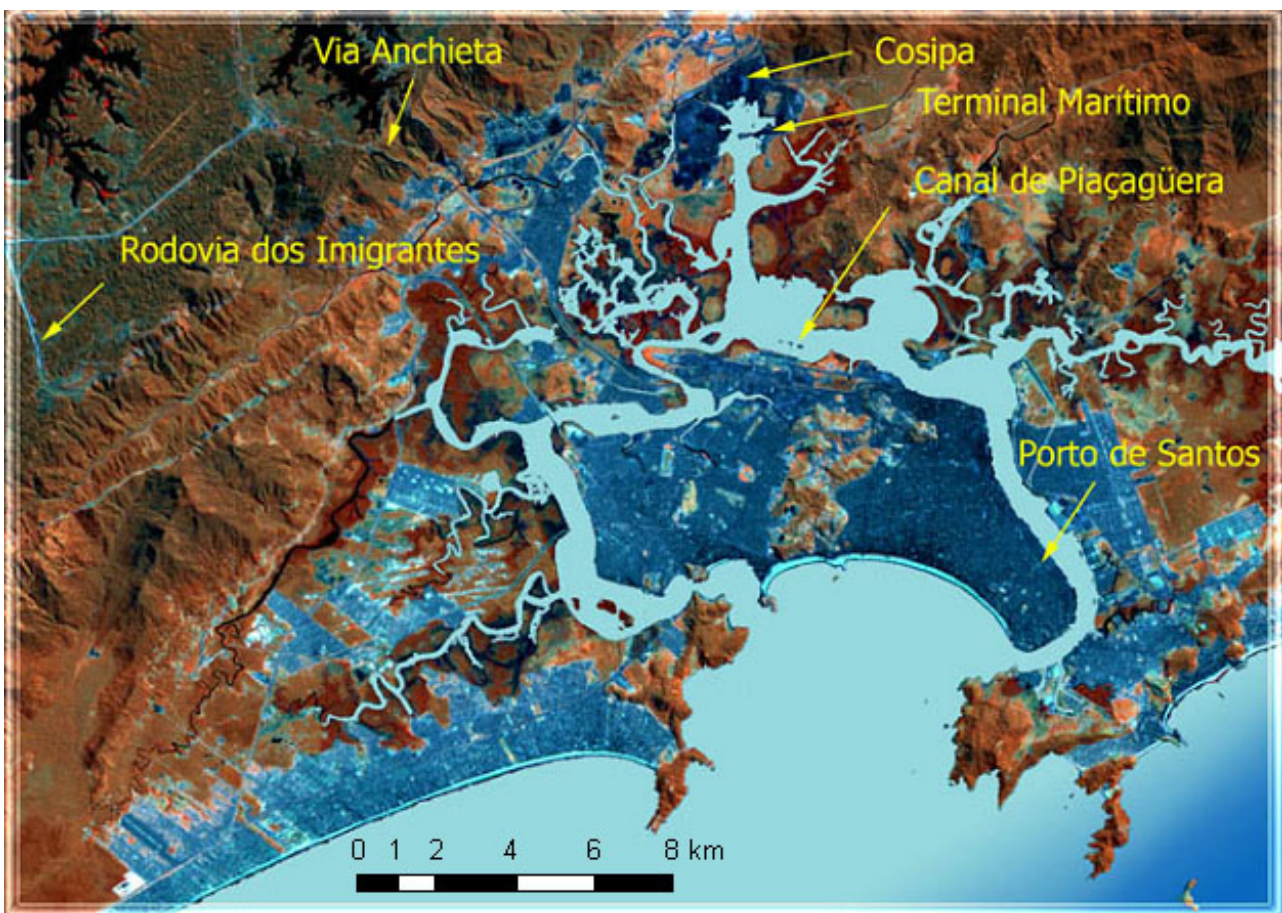


Figura 1: Imagem de satélite focalizando o Estuário de Santos.

O canal navegável do Porto de Santos tem uma extensão linear aproximada de 26 km, entre a isóbata de 17m, situada no canal externo, e a Seção 817, na Alamoia, proximidades da Ilha dos Bagres.

Na página seguinte, as figuras 2 e 3 ilustram, melhor do que com palavras, a situação geográfica do Porto de Santos.

¹ http://www.portodesantos.com.br/historia/index_p.html

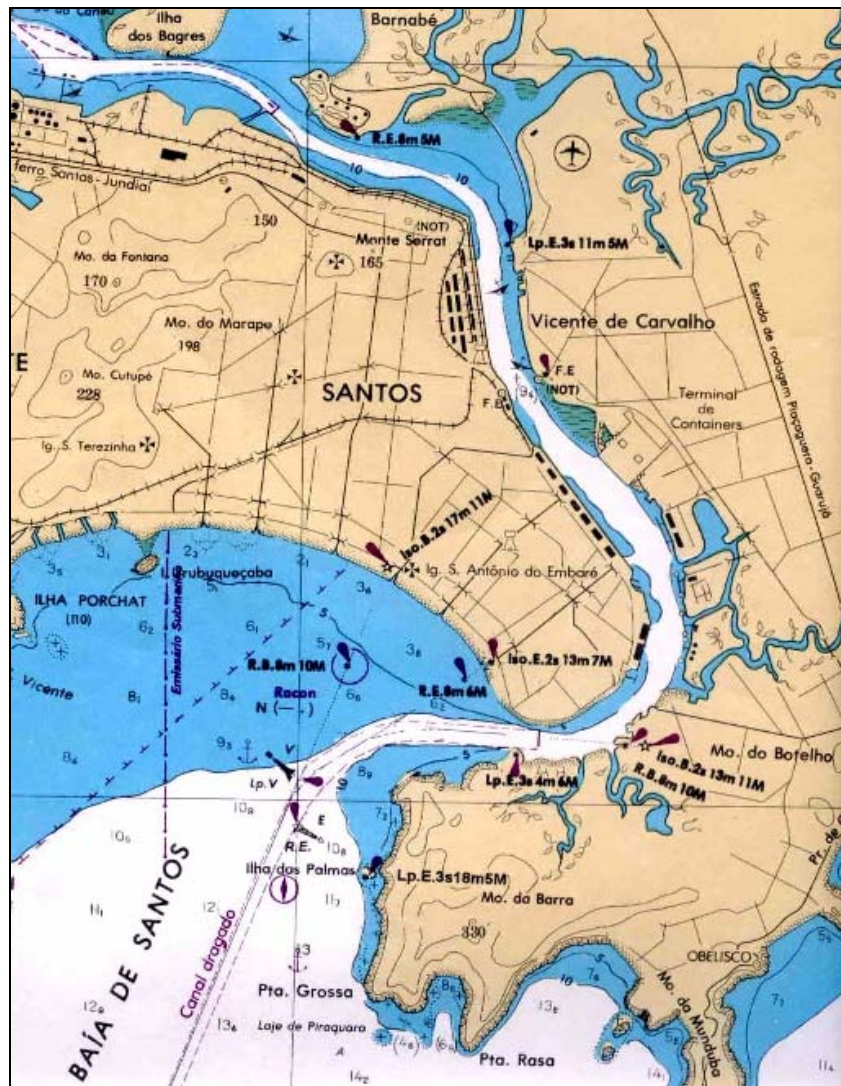


Figura 2: Trecho da carta náutica DHN nº 1711.



Figura 3: Fotografia aérea, mostrando toda a extensão do estuário, no qual se desenvolve o Porto de Santos.

5. ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

Apresenta-se, a seguir, uma síntese acerca do contexto geológico e geomorfológico da região do Estuário de Santos, compilada a partir da literatura técnica.

5.1. GEOMORFOLOGIA

De acordo com IPT (1981)², o Estuário de Santos está inserido no compartimento geomorfológico denominado Província Costeira, na zona de Baixada Litorânea, que é representada por relevos associados à sedimentação quaternária e por morros e morrotes isolados.

De modo geral, esta área é composta por planícies de maré, planícies flúvio-lagunares e, localizadamente, podem ser encontradas pequenas elevações (morros e morrotes) que se sobressaem nessas planícies.

As planícies de maré ocupam boa parte do estuário, tendo altitudes de até 3m e formando áreas planas, na faixa de oscilação das marés e de encontro de águas doces e salgadas. São constituídas por sedimentos tipo vasa (lamas), com grande quantidade de restos vegetais e conchas, sendo, ainda, submetidas a inundações diárias, com intensa deposição de finos.

As planícies flúvio-lagunares alcançam altitudes entre 3m e 8m, sendo áreas planas, com pequenas ondulações e que abrigam a faixa de movimentação dos canais meandrantos. São constituídas por areias finas intercaladas com argilas e siltes e, em muitos locais, podem estar recobertas por sedimentos grossos de cones de dejeção.

Os morros e morrotes constituem formas isoladas e desniveladas, sustentados por migmatitos, em geral com elevada declividade.

5.2. GEOLOGIA

De acordo com CPRM (1999)³, a área do Estuário de Santos é constituída por rochas do embasamento cristalino, recobertas por sedimentos quaternários de origem continental, marinha e mista (Figura 4).

O embasamento é representado pela unidade denominada Complexo Costeiro, sendo bastante comum a presença de migmatitos de estrutura complexa (policíclicos), de paleossoma predominantemente gnáissico. Secundariamente, ocorrem ainda quartzitos, xistos, filitos e rochas graníticas.

A observação direta dessas litologias é, em alguns locais, bastante dificultada pelo extenso capeamento sedimentar, com espessuras de cerca de 15 m a 20 m, próximo ao

² Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. 1981. *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*, escala 1 : 1.000.000. São Paulo: IPT. 2v. (IPT. Publicação, 1183).

³ Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. 1999. *Projeto Integração Geológico-Metalogenética Folha Rio de Janeiro. Integração Geológica da Folha Santos SF.23-Y-D*. Escala 1 : 250.000. Nota Explicativa. São Paulo: CPRM. 26 p. il. + mapas.

pé da serra, aumentando, gradualmente, até a orla marítima, aonde chega a atingir espessuras da ordem de 70 m a 100 m.

A cobertura sedimentar é representada por sedimentos marinhos constituídos por areias de antigas praias da Formação Cananéia, por cordões arenosos holocênicos e praias atuais.

Os sedimentos de origem mista são argilo-siltosos e constituem as planícies flúvio-lagunares e de maré, que predominam neste trecho da planície costeira.

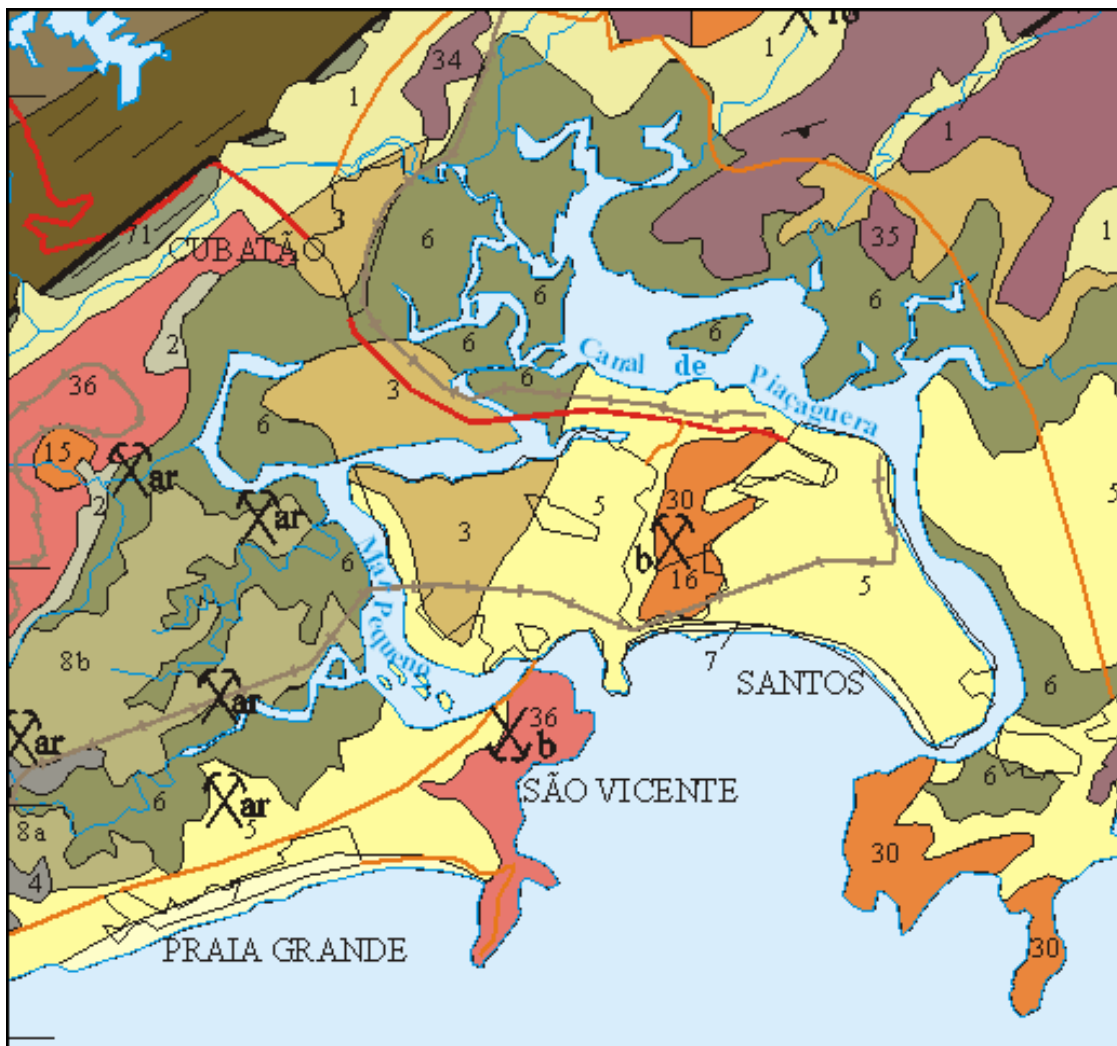


Figura 4: Mapa geológico de superfície da região próxima ao Estuário de Santos (CPRM, 1999).

LEGENDA: Coberturas sedimentares cenozóicas: 1 - Depósitos aluvionares; 2 – Depósitos eluvionares e coluvionares; 3 – Depósitos areno-siltico-argilosos indiferenciados; 4 – Sedimentos flúvio-lagunares; 5 – Depósitos arenosos marinhos; 6 – Sedimentos de mangues e pântanos; 7 – Depósitos arenosos praias; 8 – Formação Cananéia: depósitos de praias intermarés (8a); depósitos eólicos superpostos aos de praias intermarés (8b); **Rochas ígneas eopaleozóicas a neoproterozóicas:** 15 e 16 – (muscovita)-biotita-granito róseo, maciço; 30 – (hornblenda)-biotita- granito, cinza-rosado, com fácies a granada e biotita; **Complexo Costeiro:** 34 – Migmatitos com estruturas diversas, notadamente nebulítica, *schlieren* e estromatítica; 35 – (hornblenda)-biotita- migmatito e/ou granito-gnaiss porfiróclástico; 36 – Biotita-gnaiss e migmatito estromatítico; **Complexo Embu:** 71 - Quartzo-micaxisto e quartzito milonitizado, por vezes associados a metabasitos.

5.3. GEOTECNIA

MASSAD (1999)⁴ afirma que as variações do nível relativo do mar durante o Quaternário, constituem o mecanismo principal de formação dos sedimentos marinhos das planícies costeiras brasileiras, ressaltando, ainda, que ocorreram, pelos menos, dois ciclos de sedimentação entremeados por intenso processo erosivo, associados com dois processos transgressivos, de níveis marinhos mais elevados que o atual, originando dois tipos de sedimentos argilosos com propriedades geotécnicas distintas.

Investigações geológico-geotécnicas realizadas na área da Cosipa e analisadas por MASSAD (*op. cit.*) permitiram identificar a seguinte seqüência, a partir da superfície:

a) Sedimentos de mangues e pântanos (SMG):

- mangue arenoso: espessura entre 1,5m e 5,5m, constituído por areia fina pouco argilosa a argilosa, predominantemente cinza-escura, fofa, com valores de SPT inferiores a 1 golpe;
- mangue argiloso: interdigitado no mangue arenoso, com espessura entre 0,2m e 3,3m, composto de argila orgânica, siltosa, com detritos vegetais, preta, muito mole e valores de SPT inferiores a 1 golpe.

b) Sedimentos flúvio-lagunares (SFL):

- argila de sedimentos flúvio-lagunares: espessura entre 12,0m e 30,6m, composta de argila siltosa e argila arenosa, cinza escura, com restos vegetais, plástica, muito mole a mole, com valores de SPT entre 1 golpe e 2 golpes;
- areia fina de sedimentos flúvio-lagunares: espessura entre 1,0m e 6,0m; intercalações de areia fina argilosa, cinza escura, pouco compacta a compacta, com valores de SPT inferiores a 1 golpe, porém, variando entre 2 golpes e 20 golpes, nas camadas mais espessas.

c) Areias transicionais holocênias flúvio-marinhas ou litorâneas (SFM):

- areia fina a média de sedimentos flúvio-marinhos: espessura entre 1,0m e 3,5m; areia fina a média, pouco argilosa, cinza escura/clara, medianamente compacta a compacta, com valores de SPT entre 13 golpes e 33 golpes;
- areia grossa de sedimentos fluviais: espessura entre 1,3m e 3,6m; areia média a grossa e pedregulho fino a grosso, cinza clara, medianamente compacta a compacta, com valores de SPT variando entre 13 e 18 golpes (valores mais baixos) e superiores a 37 golpes (valores máximos).

De modo geral, esta distribuição pode ser considerada representativa dos sedimentos presentes no Estuário de Santos, estando coerente com a estratigrafia dos sedimentos da Baixada Santista, reconhecida a partir da análise de inúmeras sondagens (MASSAD, 1999).

Em síntese, a literatura técnica relata que as flutuações do nível relativo do mar tiveram papel essencial na definição das características geotécnicas de sedimentos e na morfologia e dinâmica costeiras, tais como os vestígios de drenagens escavadas e a existência de argilas sobreadensadas, associadas às argilas transicionais, usualmente

⁴Massad, F. 1999. *Baixada Santista: Implicações da História Geológica no Projeto de Fundações*. Solos e Rochas: Revista Latino-Americana de Geotecnia, 22(1): 3-49.

ocorrentes abaixo de 20m de profundidade, cuja formação teria ocorrido em ambiente misto, continental e marinho, correspondendo a épocas de nível marinho mais rebaixado que o atual.

Sob o aspecto geológico-geotécnico, na área do Estuário de Santos, estão presentes espessas camadas de sedimentos quaternários, com dezenas de metros de espessura, constituídos por areias fofas e argilas de baixa consistência, de reduzida resistência mecânica e altamente compressíveis.

De forma resumida, então, pode-se afirmar que a Baixada Santista constitui-se numa bacia sedimentar, que apresenta um perfil sucessivo de camadas espessas e alternadas de areias e argilas de baixa resistência, cortadas por diversos rios que descem da Serra do Mar, cuja espessura é variável, alcançando, no litoral, valores entre 70 e 100 metros, dispostos sobre o embasamento cristalino, formado, predominantemente, por rochas gnáissicas e graníticas⁵, que afloram local e esporadicamente.

⁵Alonso, U.R. & Aoki, N., *Uma Solução Alternativa para as Fundações Profundas na Baixada Santista*, In: Simpósio sobre Depósitos Quaternários das Baixadas Litorâneas Brasileiras: Origem, Características Geotécnicas e Experiências de Obras, ABGE, Anais, Rio de Janeiro – RJ, 1988.

6. BATIMETRIA AUTOMATIZADA

Consistiu em um conjunto de procedimentos voltados à utilização de equipamentos integrados a computadores, de forma que as tarefas de coleta de dados foram executadas de maneira automatizada, com total controle sobre a confiabilidade dos resultados obtidos. Compreendeu três fases distintas: preparo, levantamento e emissão de resultados.

a) Fase de Preparo

A área de abrangência do estudo batimétrico foi programada para uma varredura com seções paralelas entre si, transversais e longitudinais ao canal estuarino, conforme preconizado no item 3 – Programação e Metodologia dos Serviços – e de acordo com o Contrato DP/22.2006, firmado com a CODESP.

b) Fase de Levantamento

Foi realizado através de sistema de bordo computadorizado, interligado ao sistema de posicionamento e ao ecobatímetro através de interfaces especiais para automação da coleta dos dados batimétricos e orientação visual da navegação sobre as seções previamente programadas, obtendo-se, assim, uma varredura sistemática e homogênea da área prospectada.

O sistema de posicionamento utilizado foi o GPS diferencial (DGPS), em tempo real, com precisão melhor do que 1 (um) metro. A correção diferencial para o GPS foi fornecida por satélite geostacionário, empregando a técnica de Base Virtual.

A cobertura do sinal de correção diferencial foi estável e contínua, com poucas áreas de sombra. As coordenadas das posições sondadas foram determinadas no sistema UTM, Datum **WGS-84**, Meridiano Central 45°.

As referências de nível para maregrafia e altimetria foram tomadas das Estações Maregráficas de Ilha das Palmas, Torre Grande e Ilha Barnabé. Os dados relativos às RNs adotadas foram tomados das respectivas fichas descritivas, obtidas junto ao Centro de Hidrografia da Marinha – CHM, apenas a este relatório, no ANEXO I.

As profundidades foram medidas com ecobatímetro Odom, modelo Hydrotrac, de registro contínuo e precisão melhor do que 10 (dez) centímetros, frequência de 210 kHz, com interface digital para aquisição e gravação automática pelo computador de bordo.

A precisão dos dados, adquiridos pelos instrumentos de medição envolvidos no processo, foi verificada através dos procedimentos de aferição efetuados em campo e realizados de acordo com normas adotadas pela DHN:

- o ecobatímetro foi aferido no início e ao fim da faina de prospecção, com placa de calibragem arriada a uma profundidade próxima à máxima local, não sendo detectadas discrepâncias entre as aferições;
- o DGPS foi aferido em pontos de coordenadas conhecidas, através da leitura e comparação dos dados com as coordenadas reais do ponto de calibragem.

As linhas de sondagem, percorridas, de forma concomitante, tanto para o levantamento

batimétrico quanto sísmico, corresponderam à programação efetuada na fase de preparo do serviço, como descrito anteriormente.

c) Emissão de Resultados

Nesta terceira fase, foram compilados todos os dados adquiridos no levantamento, com as devidas correções das variações de maré e interpretação dos registros batimétricos, gerando arquivos com seqüências de ternos Posição/Profundidade (**X_{UTM} , Y_{UTM} , Profundidade**), que serviram de base para a geração das plantas de batimetria elaboradas.

As profundidades coletadas foram reduzidas ao nível de redução da DHN para o local.

Para isto, foram produzidos maregramas, retirados dos registros obtidos pelas estações maregráficas de Ilha das Palmas, Torre Grande e Ilha Barnabé, contendo os valores para a correção das variações de maré durante o período do levantamento.

Os dados relativos às estações maregráficas foram obtidos das fichas descritivas de estação maregráfica n^{os} F-41-1701-002/04 (Ilha Barnabé), F-41-1701-004/01 (Ilha das Palmas) e F-41-1701-001/56 (Torre Grande), encontradas no ANEXO I.

Durante o processamento do levantamento batimétrico, na fase de revisão, foram aplicadas as devidas correções às profundidades adquiridas, para redução do efeito da maré nas mesmas. No ANEXO II encontram-se os maregramas gerados no período dos levantamentos, com a devida redução do efeito da maré.

As plantas batimétricas foram geradas a partir do processamento dos dados gravados pelo computador de bordo, através de programas específicos para revisão de profundidades, correção de níveis e geração de modelo digital do relevo submerso, sendo que suas isolinhas representam linhas de igual profundidade (ou isóbatas) do fundo marinho.

7. SONOGRAFIA

7.1. METODOLOGIA

O princípio da técnica de sonografia pode ser descrito como um sinal sonoro, emitido em intervalos regulares de tempo, por dois transdutores submersos e dirigidos para ambos os lados da superfície de fundo, ambos atuando como emissores e receptores, independentemente, conforme ilustra a Figura 5, a seguir, que representa, de maneira esquemática, o princípio do método.

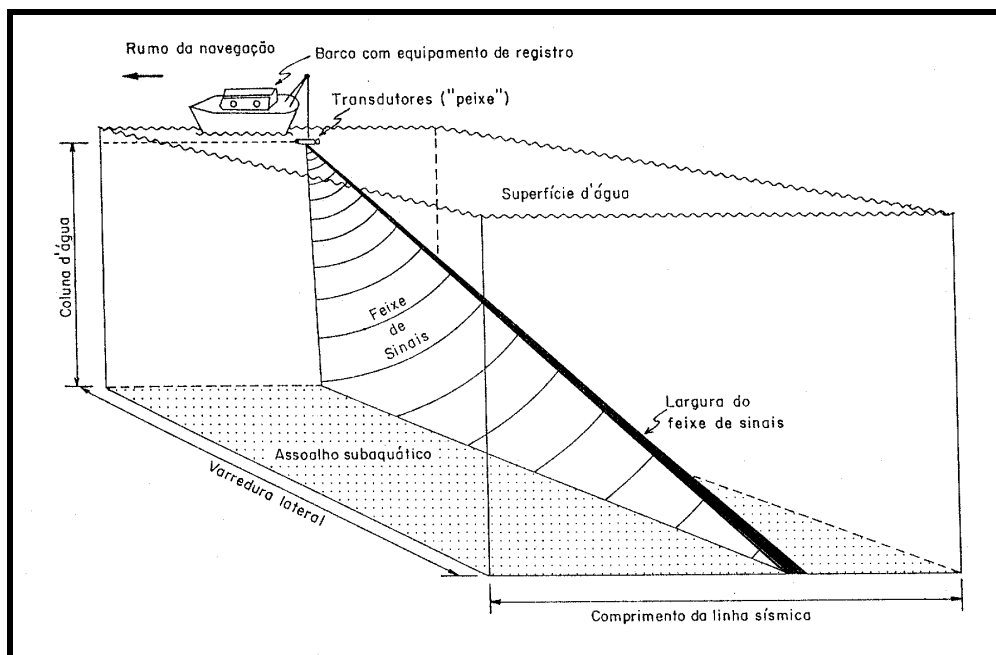


Figura 5: Princípio do método de sonografia (Belderson, 1972, adaptado por Souza, 1988).

O equipamento utilizado assume a velocidade de propagação do som na água e, desta forma, os sinais provenientes da superfície do fundo, são gravados, à medida que chegam ao registrador, compondo uma imagem do fundo da área investigada, que mostra padrões que apresentam maior ou menor intensidade, em função da variação da rugosidade da superfície refletora, permitindo a caracterização litológica e estrutural do assoalho subaquático, conforme ilustrado na Figura 6, a seguir.

Tal método de investigação baseia-se nos princípios de propagação e reflexão das ondas acústicas, constituindo-se numa importante ferramenta de investigação indireta complementar, para o estudo de áreas submersas.

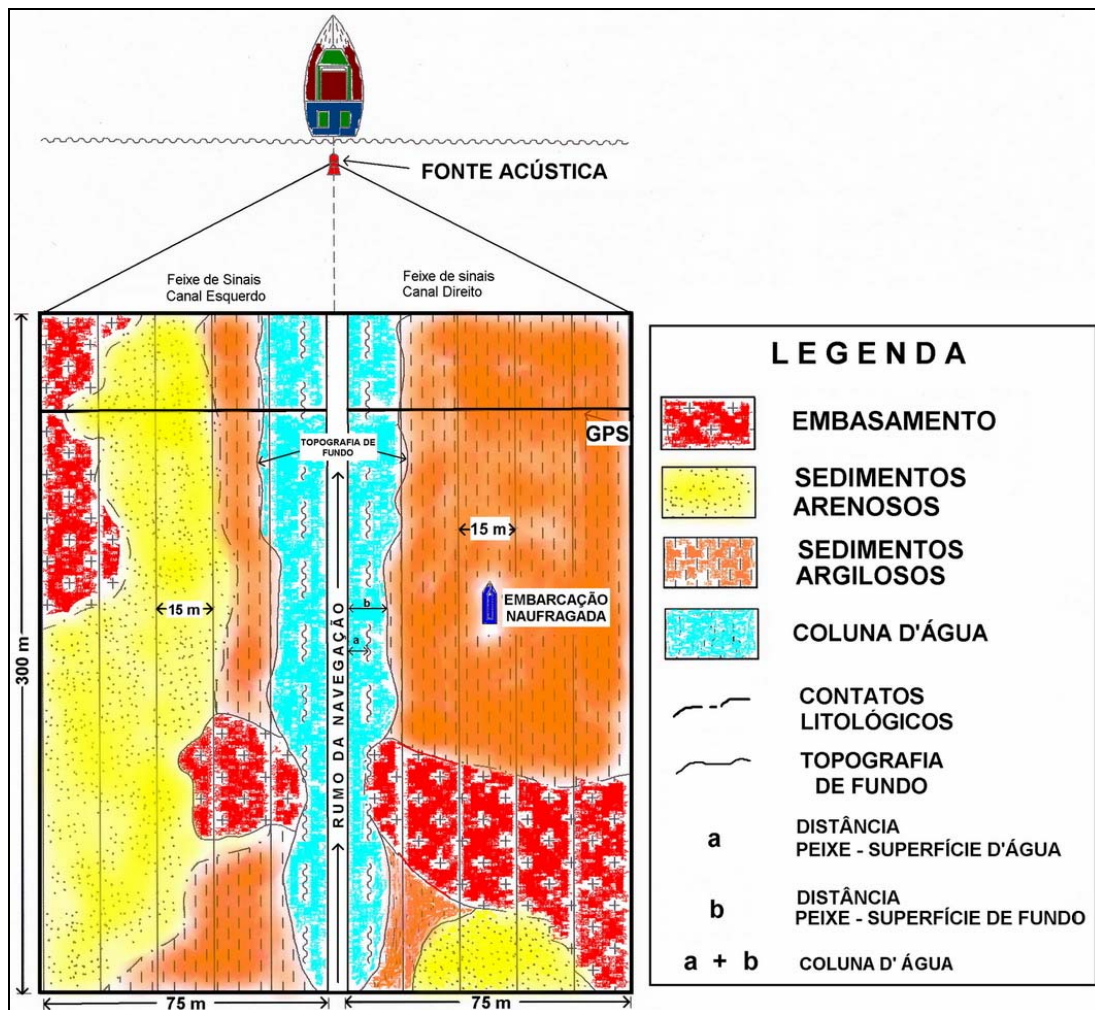


Figura 6: Geometria do registro de campo (Figura cedida por Souza, L.A.P.).

A técnica permite, a partir da análise dos padrões texturais existentes nos registros de campo, a caracterização da superfície de fundo, possibilitando o mapeamento dos contatos entre as diferentes fácies sedimentares existentes no fundo, o contato entre estes sedimentos e os afloramentos rochosos subaquáticos, a localização de zonas de dragagem e a identificação dos obstáculos de fundo em reservatórios e rios, tais como troncos, embarcações naufragadas e outras, com vistas à caracterização de vias navegáveis.

O registro obtido por tal método, lembra sob alguns aspectos, uma fotografia aérea, impossível de ser obtida na investigação de áreas submersas, tendo em vista a forte atenuação dos sinais luminosos na água, o que reforça a importância da sonografia na investigação dessas áreas, que por utilizar sinais acústicos de alta frequência (normalmente 100kHz a 500kHz), permite a caracterização detalhada da superfície de fundo.

7.2. LEVANTAMENTO

A sonografia foi executada em linhas previamente selecionadas, conforme reportado no item 3, recobrindo todo o canal interno de acesso ao Porto de Santos, em uma única etapa, dividida em quatro fases.

Para o levantamento foi utilizado um sonar de varredura lateral Marine Sonic, com transdutor de 300kHz, acoplado a um sistema DGPS, com aberturas laterais de 75 metros para cada lado do transdutor.

Embora o contrato previsse a realização de apenas 75 km de linhas sonográficas, foram perfilados, na realidade, 96,8 km lineares, correspondendo a uma área varrida de 12,3 quilômetros quadrados. A Figura 10 apresenta o mosaico total da área e a Tabela 1 apresenta as quilometragens, executadas em cada uma das etapas. Também são apresentadas figuras representativas dos mosaicos construídos a partir dos registros obtidos de cada uma das fases executadas (Figuras 11 a 14).



Figura 7: Fonte acústica do sonar de varredura lateral (“peixe”).



Figura 8: Sistema de aquisição de dados do sonar de varredura lateral.



Figura 9: Detalhe das antenas de DGPS dedicadas ao sistema de sonografia.

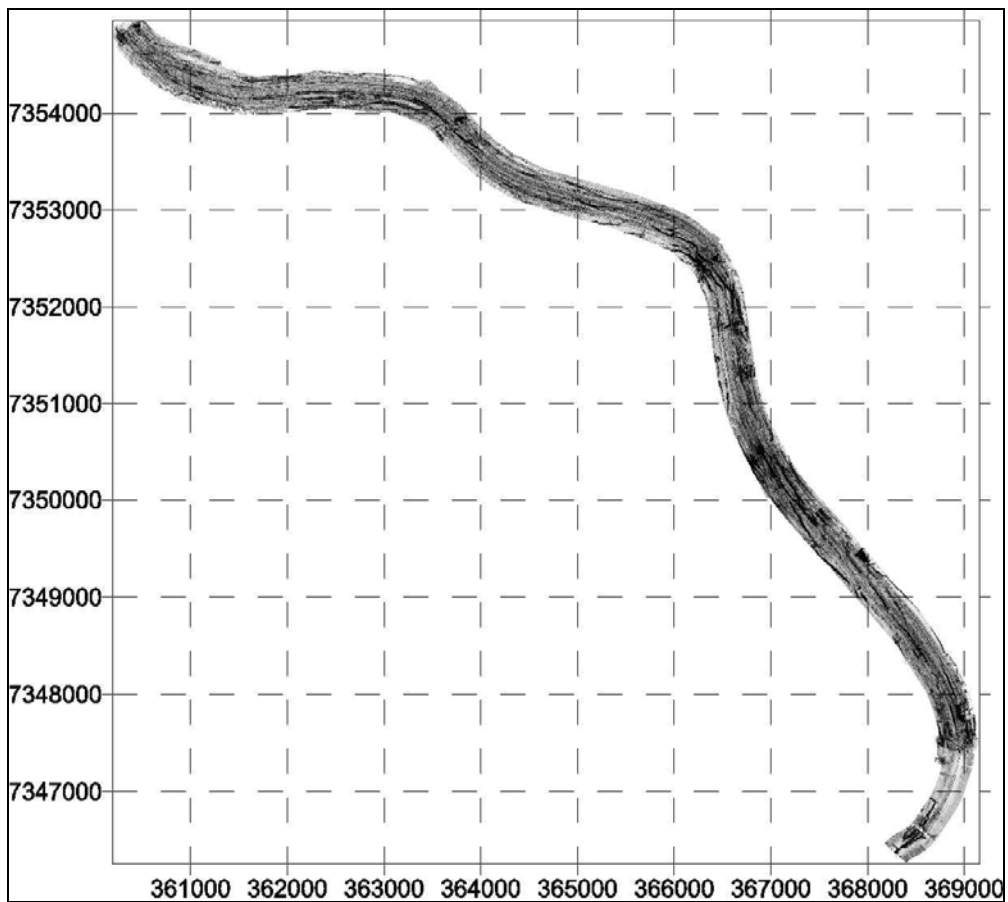


Figura 10: Mosaico total do levantamento sonográfico executado.

	km lineares	área coberta (km ²)	OBSERVAÇÕES
FASE 1	38.3	4.6	Levantamento setor Sul
FASE 2	41.0	4.9	Levantamento setor Norte
FASE 3	4.8	0.7	Lev. de detalhe da área de afloramentos rochosos
FASE 4	12.6	2.0	Lev. de linhas longitudinais complementares
TOTAL	96.7	12.2	total de linhas levantadas

Tabela 1: Quilometragens e áreas executadas do canal cobertas pela sonografia, em cada uma das etapas do levantamento.


Project Information		
WGS-84 UTM, Zone 23-K, Meters		
Item	Description	Click thumbnail to see full mosaic
Number of Acoustic Data Files	125	
Total Acoustic Data Size (MB)	150.9	
Total Line Length (Meters)	38324.3	
Total Swath Area (SQ. Meters)	4580087.5	
Mosaic Size (Meters)	3045.6 X 6690.9	
Mosaic Resolution (Meters/pixel)	0.30	
Mosaic Size Pixels	10152 X 22303	

Figura 11: Mosaico referente aos perfis executados na Fase 1, setor Sul da área.


Project Information		
WGS-84 UTM, Zone 23-K, Meters		
Item	Description	Click thumbnail to see full mosaic
Number of Acoustic Data Files	134	
Total Acoustic Data Size (MB)	162.0	
Total Line Length (Meters)	41059.2	
Total Swath Area (SQ. Meters)	4923155.5	
Mosaic Size (Meters)	6345.6 X 2666.4	
Mosaic Resolution (Meters/pixel)	0.30	
Mosaic Size Pixels	21152 X 8888	

Figura 12: Mosaico referente aos perfis executados na Fase 2, setor Norte da área.


Project Information		
WGS-84 UTM, Zone 23-K, Meters		
Item	Description	Click thumbnail to see full mosaic
Number of Acoustic Data Files	12	
Total Acoustic Data Size (MB)	14.5	
Total Line Length (Meters)	4778.3	
Total Swath Area (SQ. Meters)	760395.3	
Mosaic Size (Meters)	3848.0 X 1252.1	
Mosaic Resolution (Meters/pixel)	0.50	
Mosaic Size Pixels	7696 X 2504	

Figura 13: Mosaico referente aos perfis executados na Fase 3, detalhamento de afloramento rochoso.


Project Information		
WGS-84 UTM, Zone 23-K, Meters		
Item	Description	Click thumbnail to see full mosaic
Number of Acoustic Data Files	31	
Total Acoustic Data Size (MB)	37.5	
Total Line Length (Meters)	12664.5	
Total Swath Area (SQ. Meters)	2022051.6	
Mosaic Size (Meters)	8776.8 X 7421.3	
Mosaic Resolution (Meters/pixel)	0.30	
Mosaic Size Pixels	29256 X 24737	

Figura 14: Mosaico referente aos perfis executados na Fase 4, perfis adicionais.

7.3. TRATAMENTO DOS DADOS

A aquisição dos dados foi feita com o software SeaScanPC, da Marine Sonic. Todas as imagens dos sonogramas obtidos foram analisadas e filtradas em laboratório, sendo tratadas nos softwares SonarWeb e SonarWiz, para a confecção de mosaicos.

7.4. RESULTADOS

São apresentados um mosaico geral da área estudada e mosaicos de detalhe de áreas com características notáveis, como afloramentos rochosos, presença de dutos e outros.

Detalhes ilustrando as principais características identificadas no assoalho de fundo do canal são também apresentadas ao longo deste relatório. Os principais registros (sonogramas) obtidos deste levantamento e os mapas apresentados neste relatório são também apresentados no formato digital.

7.5. QUALIDADE DOS REGISTROS

Os registros obtidos neste levantamento são razoavelmente bons, embora, em vários trechos do canal, a qualidade dos dados tenha sido parcialmente comprometida pelo excesso de tráfego de navios e embarcações de pequeno porte, que geraram ruídos indesejáveis, conseqüentemente capturados pelos transdutores do sonar.

Outro fator prejudicial, também bastante usual, são as plumas de material em suspensão, geradas em conseqüência do movimento das embarcações de grande porte, que também comprometem diretamente a qualidade dos registros em alguns trechos, face à sobreposição de tais sinais espúrios ao sinal acústico, propriamente dito.

Alguns exemplos destes registros podem ser observados nas páginas seguintes.

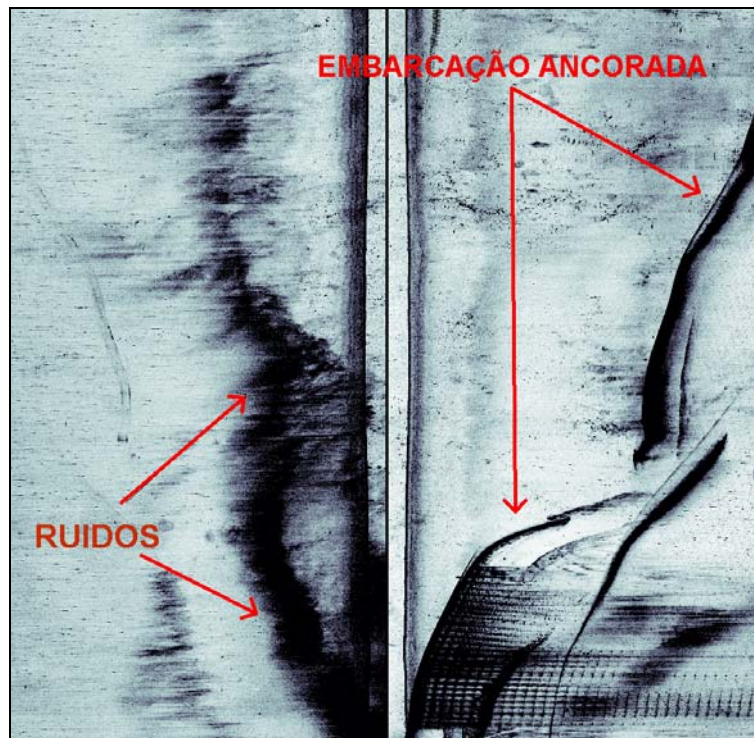


Figura 15: Exemplo de sonograma obtido no canal de Santos, contendo ruídos oriundos do provável excesso de material em suspensão, face à intensa movimentação de embarcações de grande porte.

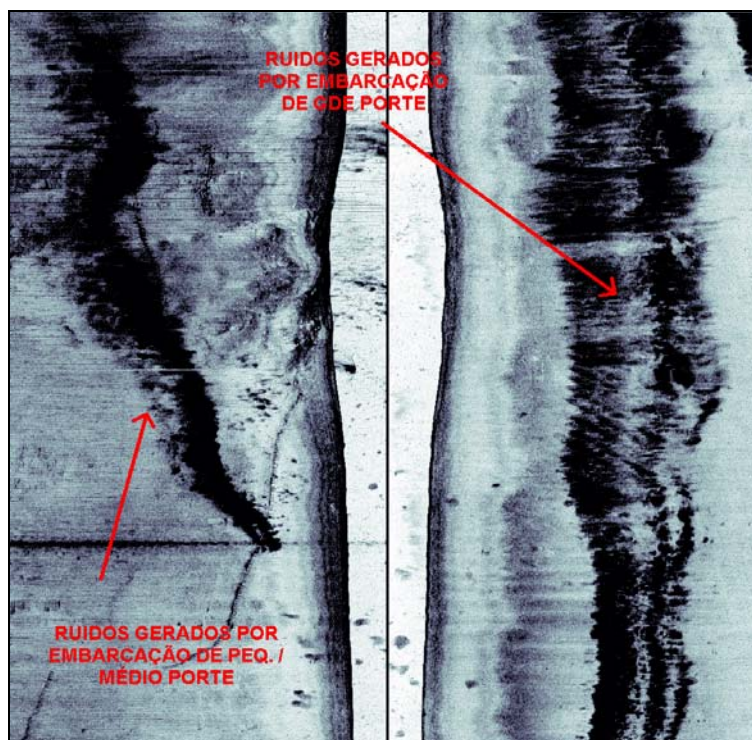


Figura 16: Exemplo de sonograma obtido no canal de Santos contendo ruídos oriundos da movimentação de embarcações de pequeno / médio porte e do excesso de material em suspensão oriundo da movimentação de embarcações de grande porte

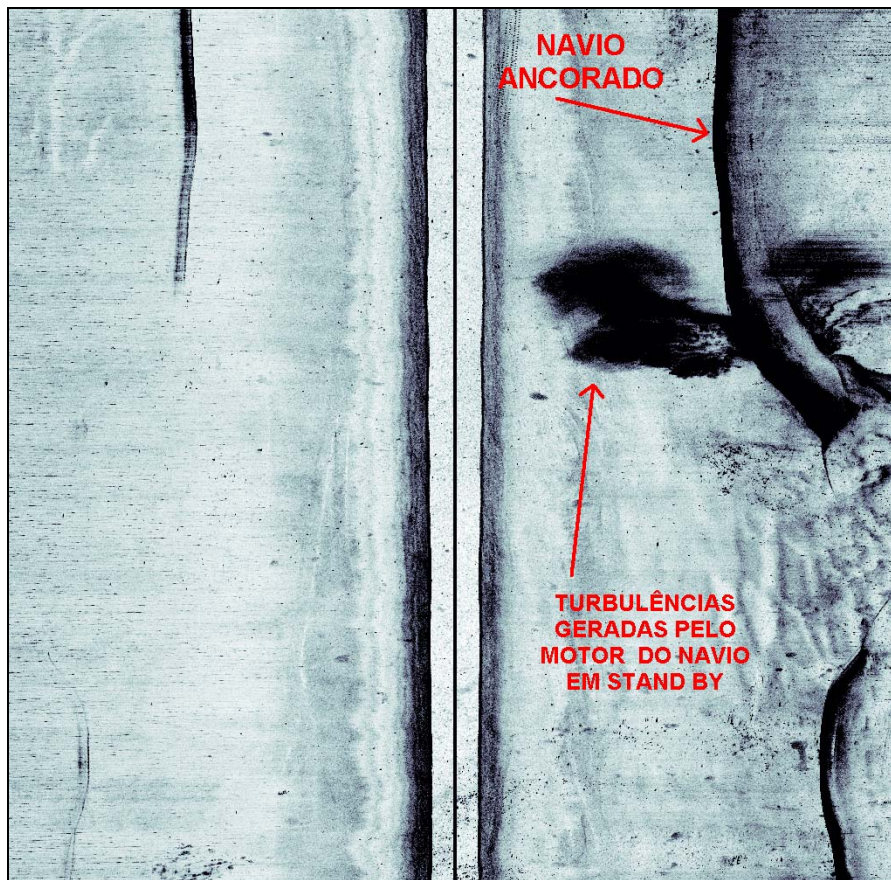


Figura 17: Registro do sonar de varredura lateral ilustrando ruído acústico gerado por turbulência causada por motor de navio ancorado no porto de Santos.

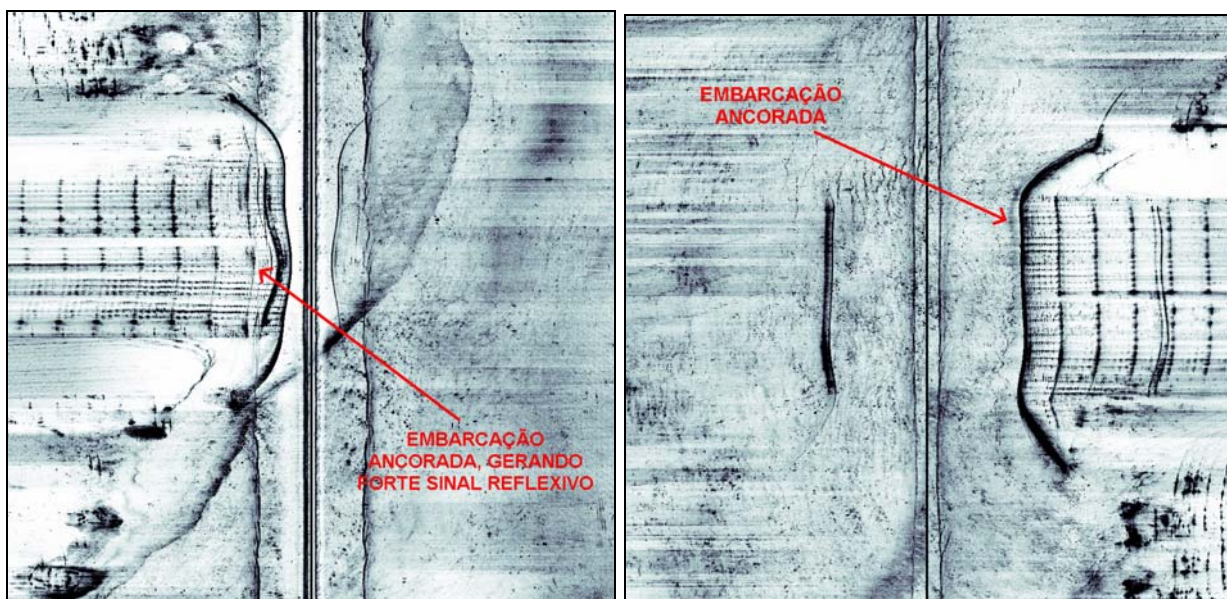


Figura 18: Registros ilustrando efeito de alta refletividade do sinal acústico oriundo da presença de embarcação de grande porte, ancorada próximo à linha de navegação (de aquisição de dados).

7.6. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS

A análise e interpretação dos dados obtidos permitiu caracterizar diversas feições da superfície de fundo do canal, desde a identificação de bóias, dutos e embarcações naufragadas, até o mapeamento de afloramentos rochosos.

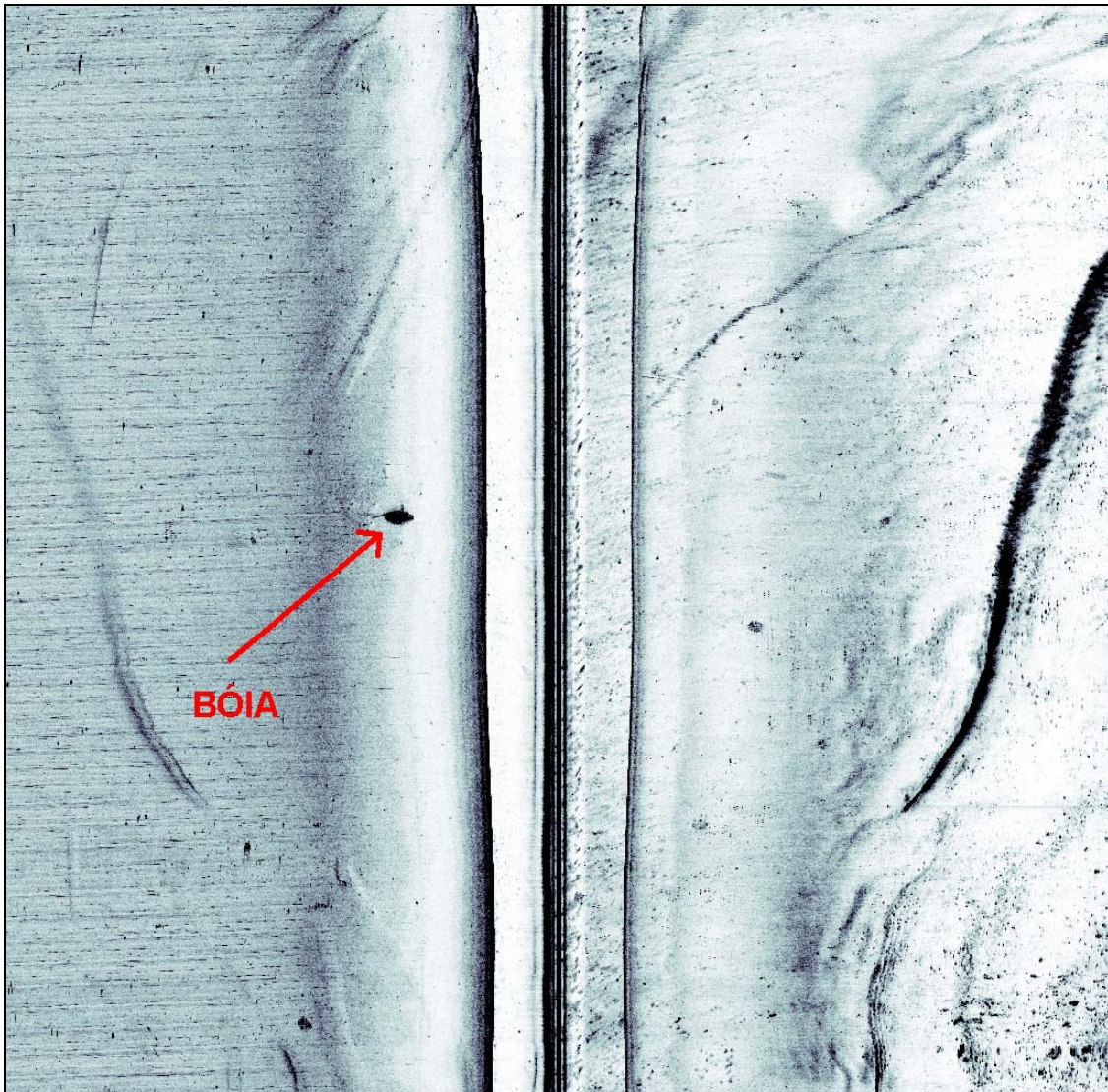


Figura 19: Registro ilustrando feição identificada na superfície de fundo, como a poita de uma bóia de navegação.

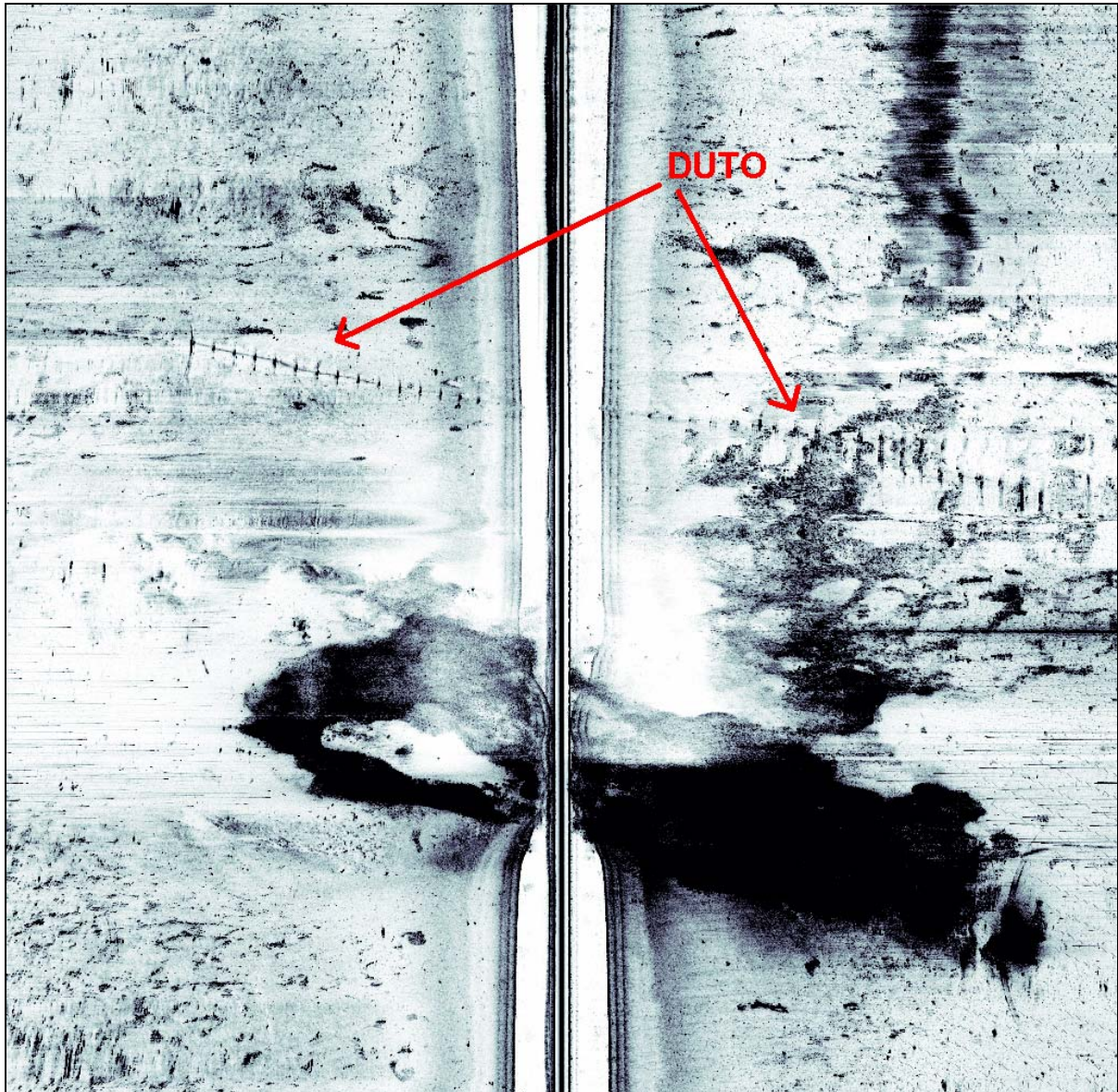


Figura 20: Registro ilustrando duto parcialmente coberto por sedimentos.



Figura 21: Registro do sonar de varredura lateral mostrando fragmentos de embarcação naufragada no canal de Santos (Navio Ais Georgis).

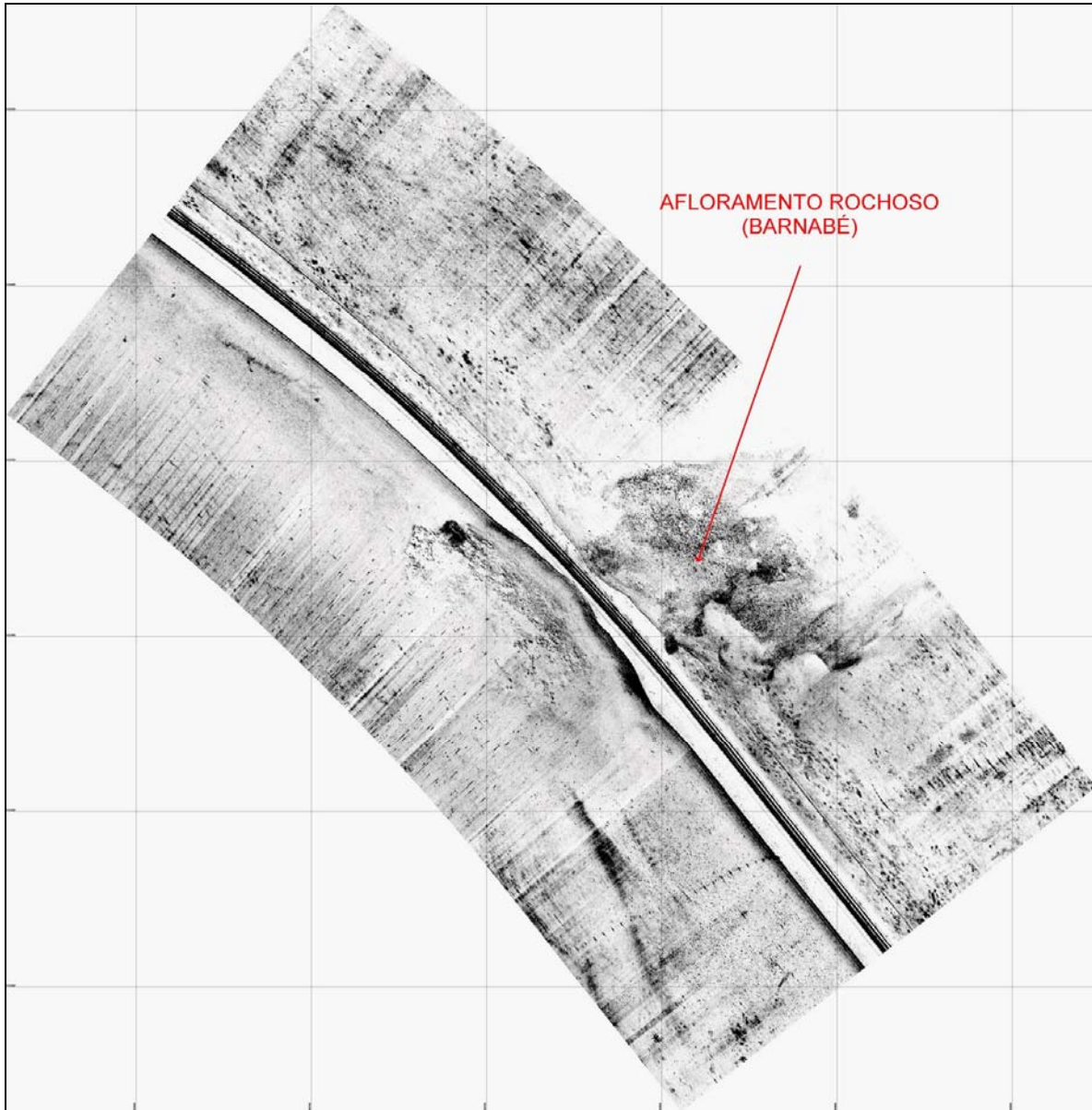


Figura 22: Sonograma ilustrando afloramento rochoso no canal de Santos (afloramento Barnabé).

7.7. CARACTERIZAÇÃO DO FUNDO

De uma maneira geral, os registros sonográficos indicam o predomínio de padrões de baixa refletividade com textura lisa e homogênea, indicando fundo predominantemente lamoso, conforme ilustrado na figura a seguir.

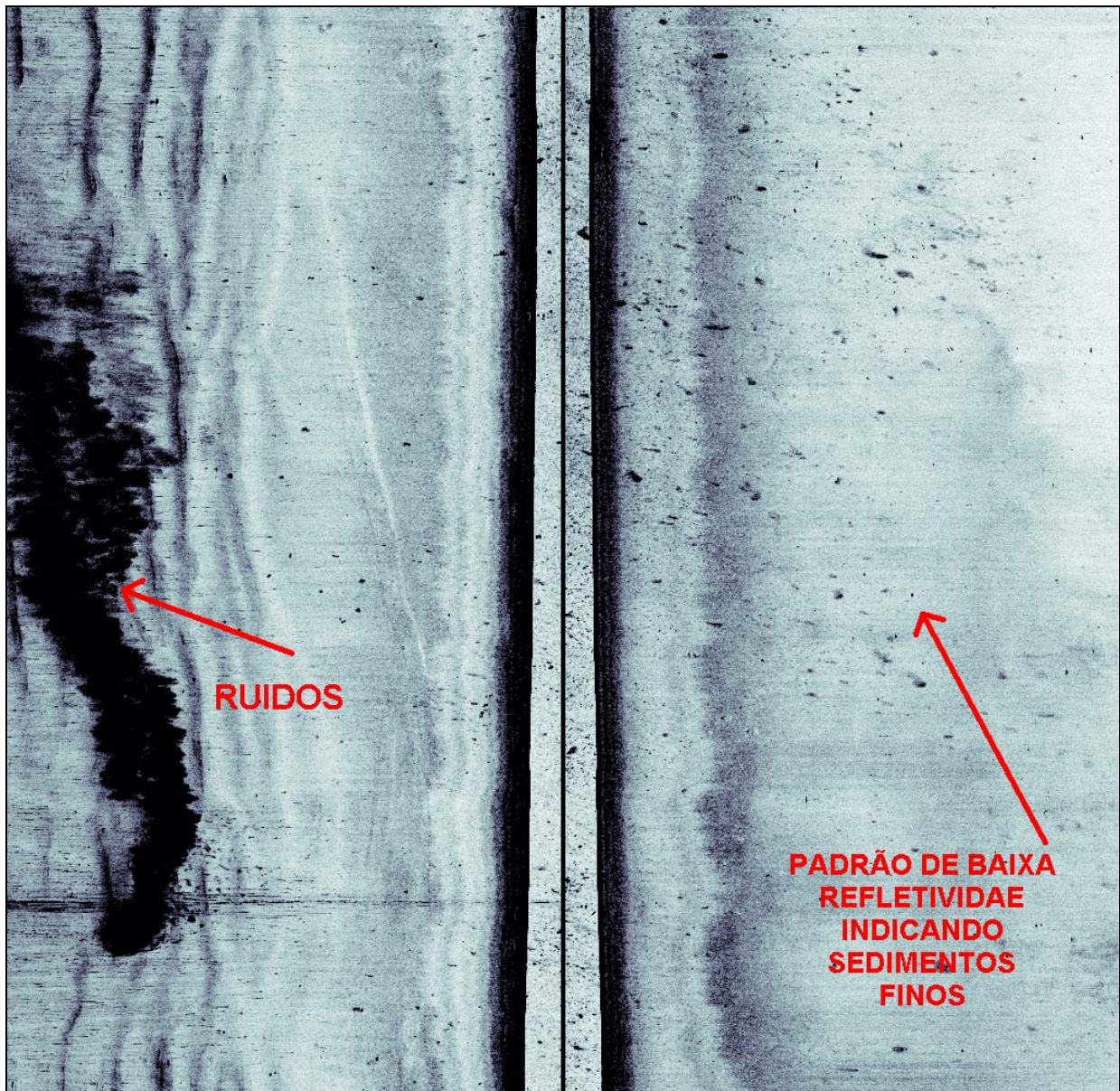


Figura 23: Registro sonográfico típico do canal de Santos, ilustrando a baixa refletividade, característica diretamente correlacionada à presença de sedimentos finos.

Algumas áreas, sem expressão geográfica, apresentam refletividade maior e textura mais rugosa, indicando a ocorrência de sedimentos mais grossos e afloramentos rochosos.

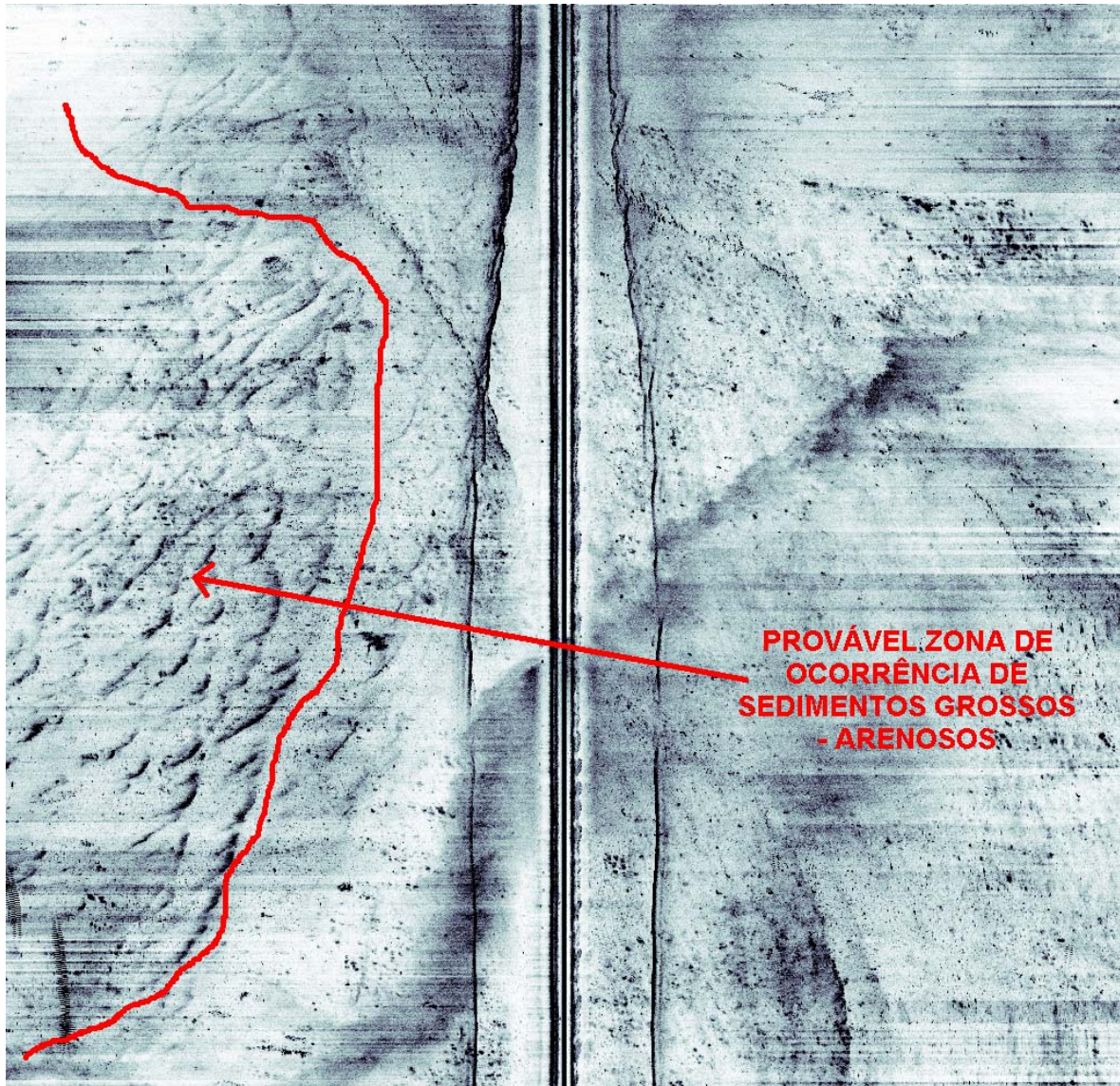


Figura 24: Registro sonográfico com padrão textural rugoso, de ocorrência restrita no canal de Santos, característico de superfícies arenosas.

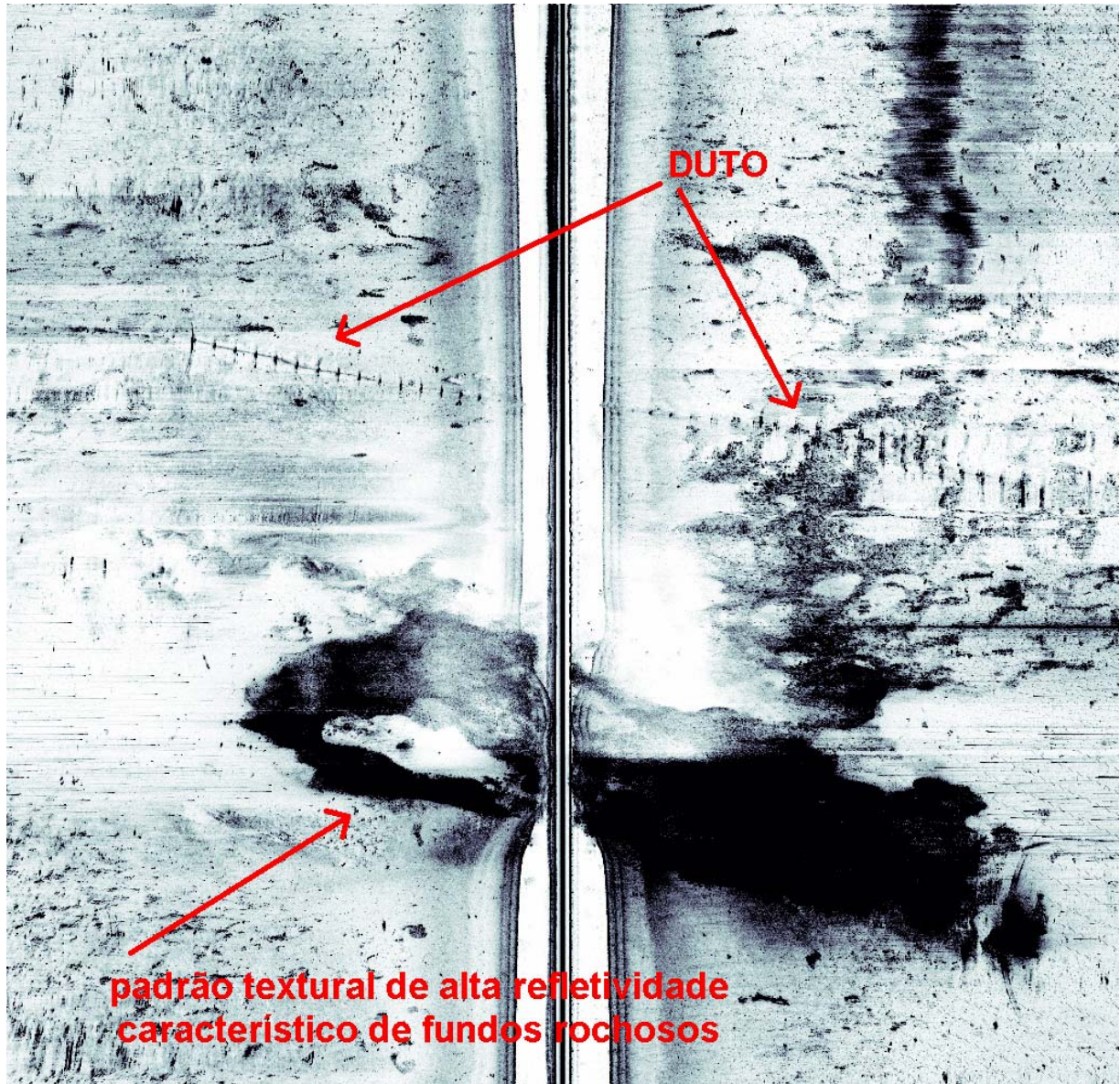


Figura 25: Registro sonográfico com padrão textural de alta refletividade, de ocorrência restrita no canal de Santos e característico de superfícies rochosas.

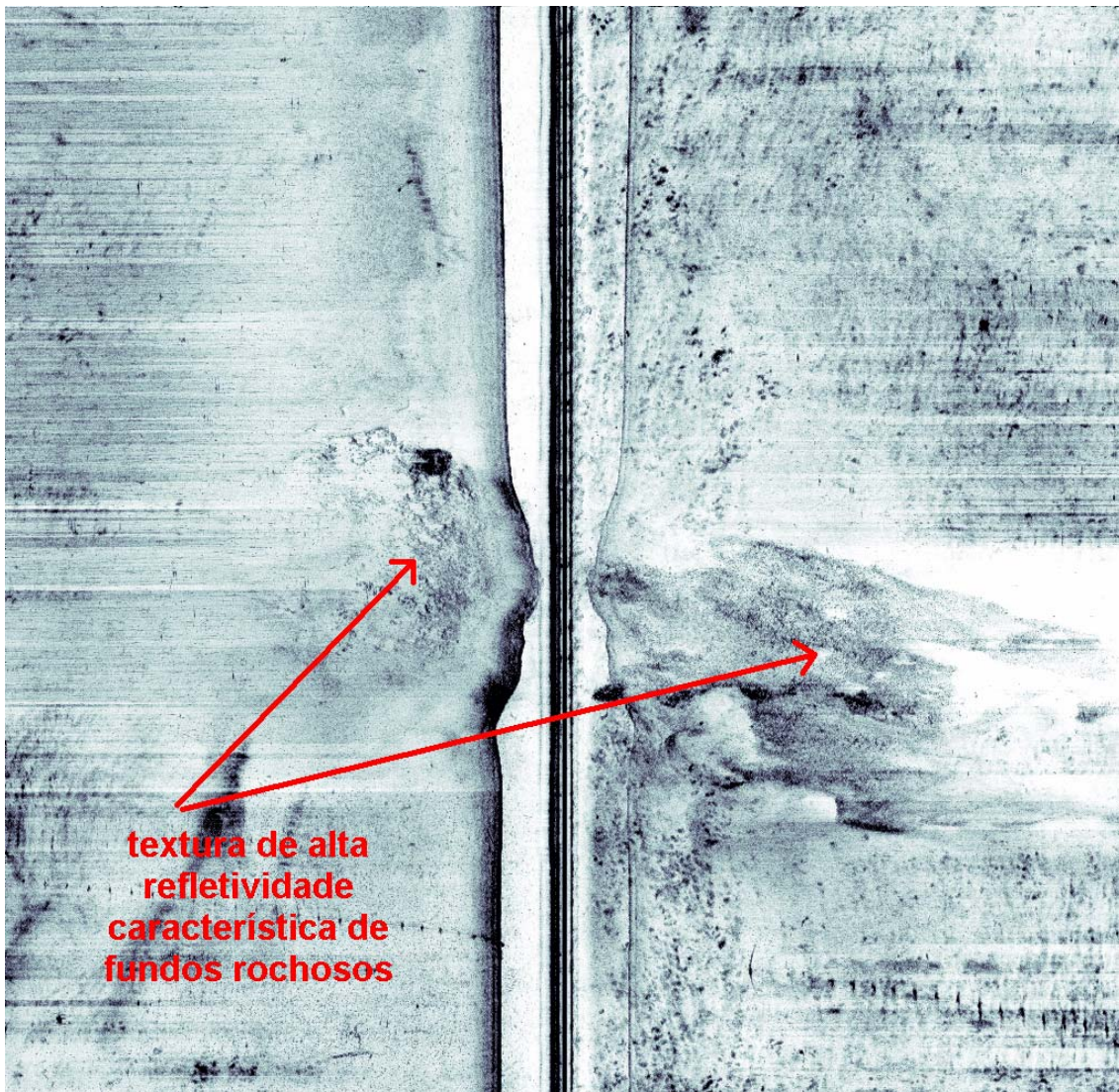


Figura 26: Registro sonográfico com padrão textural de alta refletividade, de ocorrência restrita no canal de Santos e característico de superfícies rochosas

7.8. CÁLCULO DAS ÁREAS DE OCORRÊNCIA DE AFLORAMENTOS ROCHOSOS

Para o cálculo aproximado das áreas correspondentes aos afloramentos rochosos foi utilizado o software SONAR REVIEW da SonarWeb.

Foram identificadas três áreas na superfície de fundo com ocorrência de afloramentos rochosos. Os registros acústicos, correspondentes a estes três afloramentos, estão ilustrados nas Figuras 28 e 29. Os respectivos cálculos da área aproximada dos afloramentos estão ilustrados nas Figuras 30, 31 e 32.

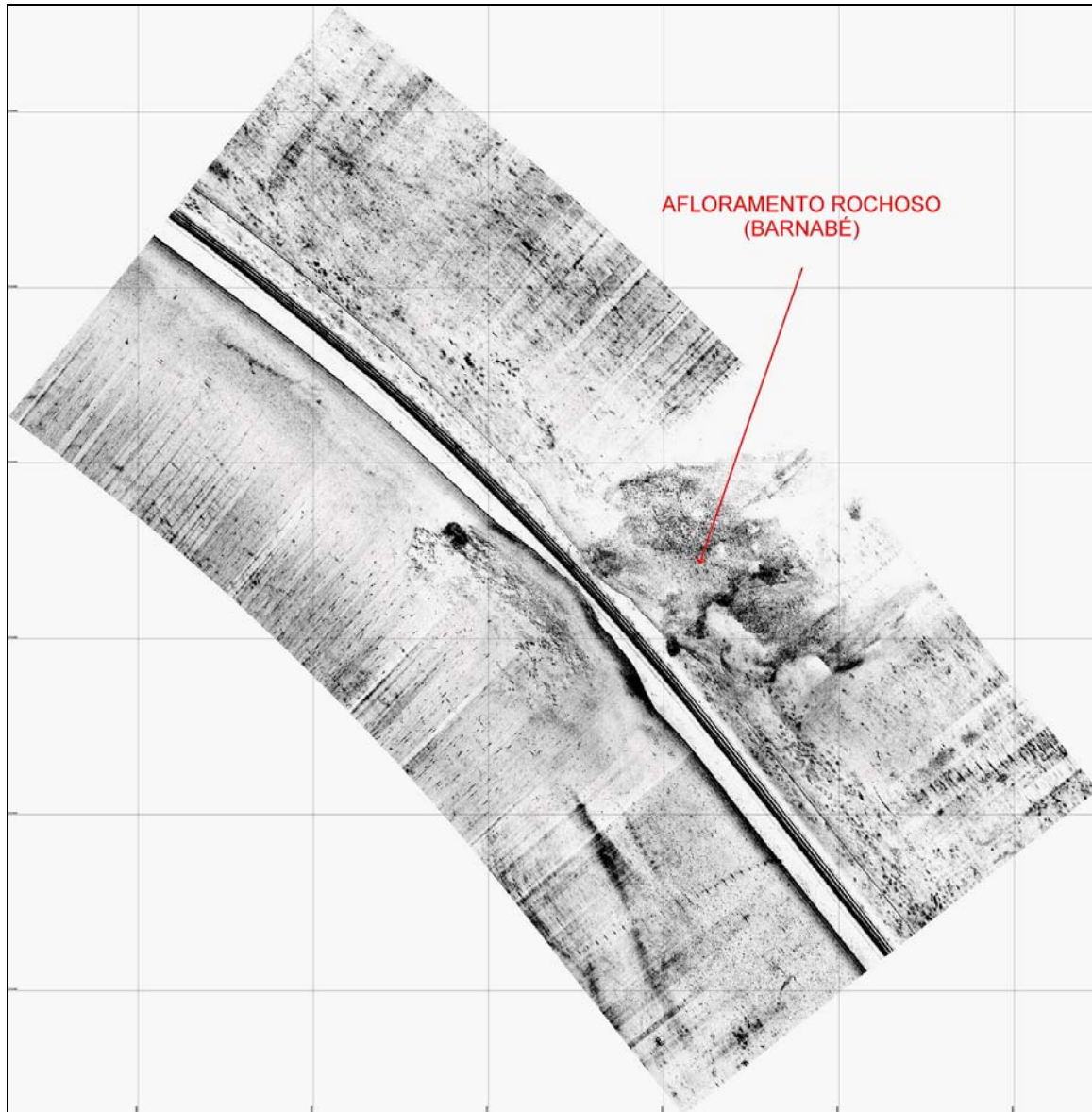


Figura 27: Registro sonográfico obtido no canal de Santos mostrando padrão textural de alta refletividade, característico de superfícies rochosas, no caso o afloramento denominado Barnabé (Pedra do Barroso).

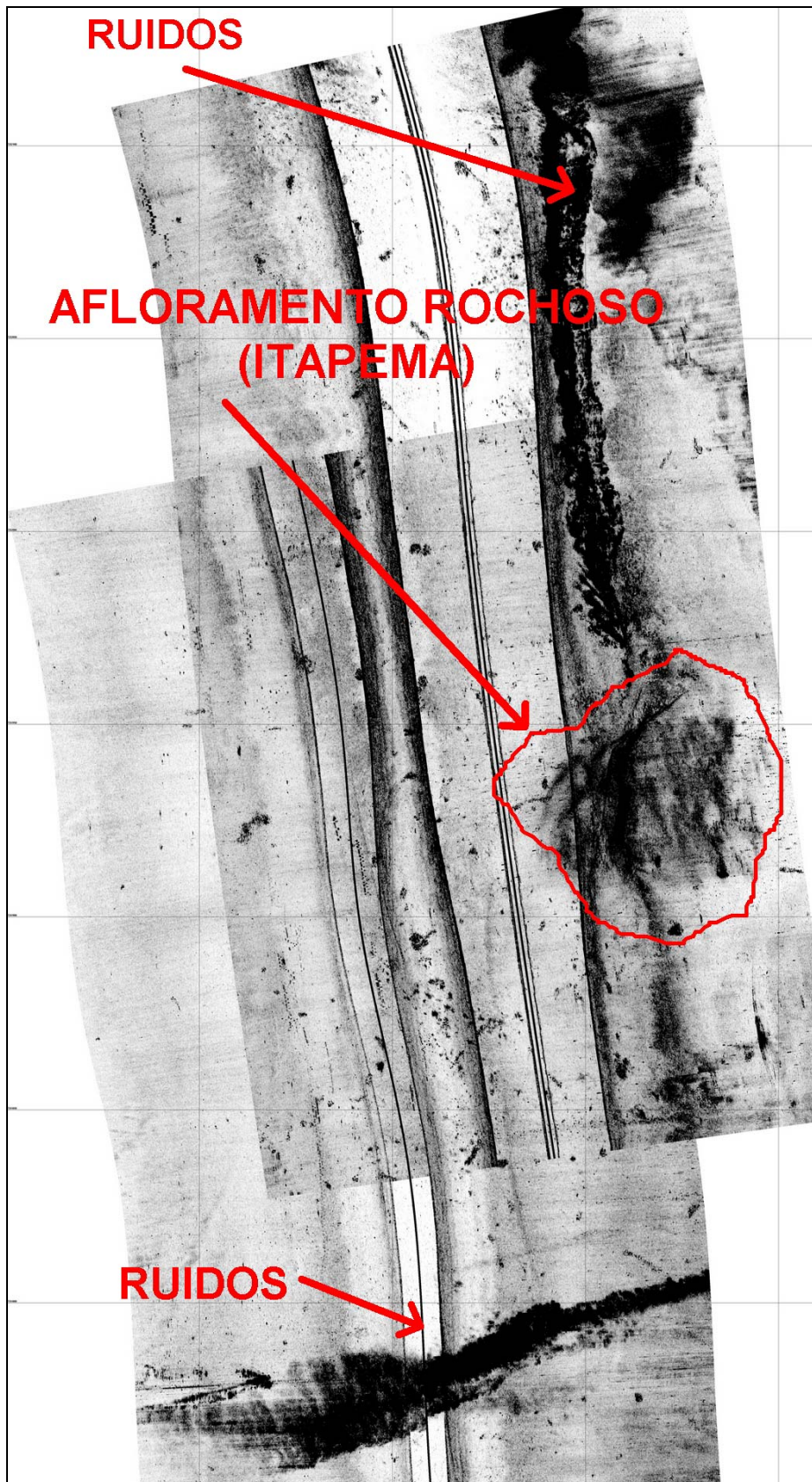


Figura 28: Registro sonográfico obtido no canal de Santos mostrando padrão textural de alta refletividade característico de superfícies rochosas, no caso afloramento denominado Pedra de Itapema.



Figura 29: Sonograma obtido no canal de Santos, mostrando padrão textural de alta refletividade, característico de superfícies rochosas, no caso o afloramento denominado de Pedra de Teffé.

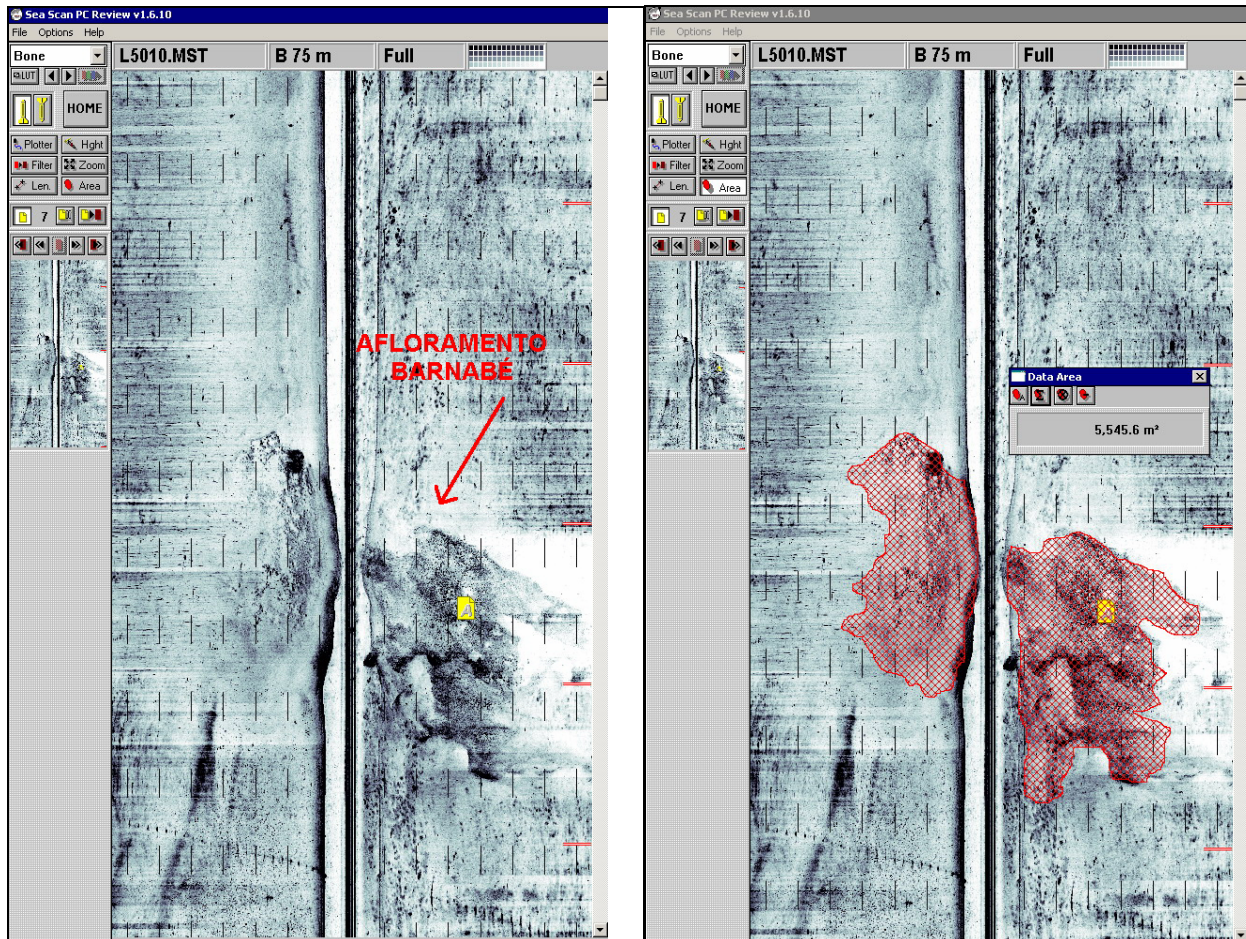


Figura 30: Cálculo de área aproximada do afloramento Baarnabé (5.550 m²): à esquerda, registro original; à direita, registro com a área aproximada do afloramento hachurada.

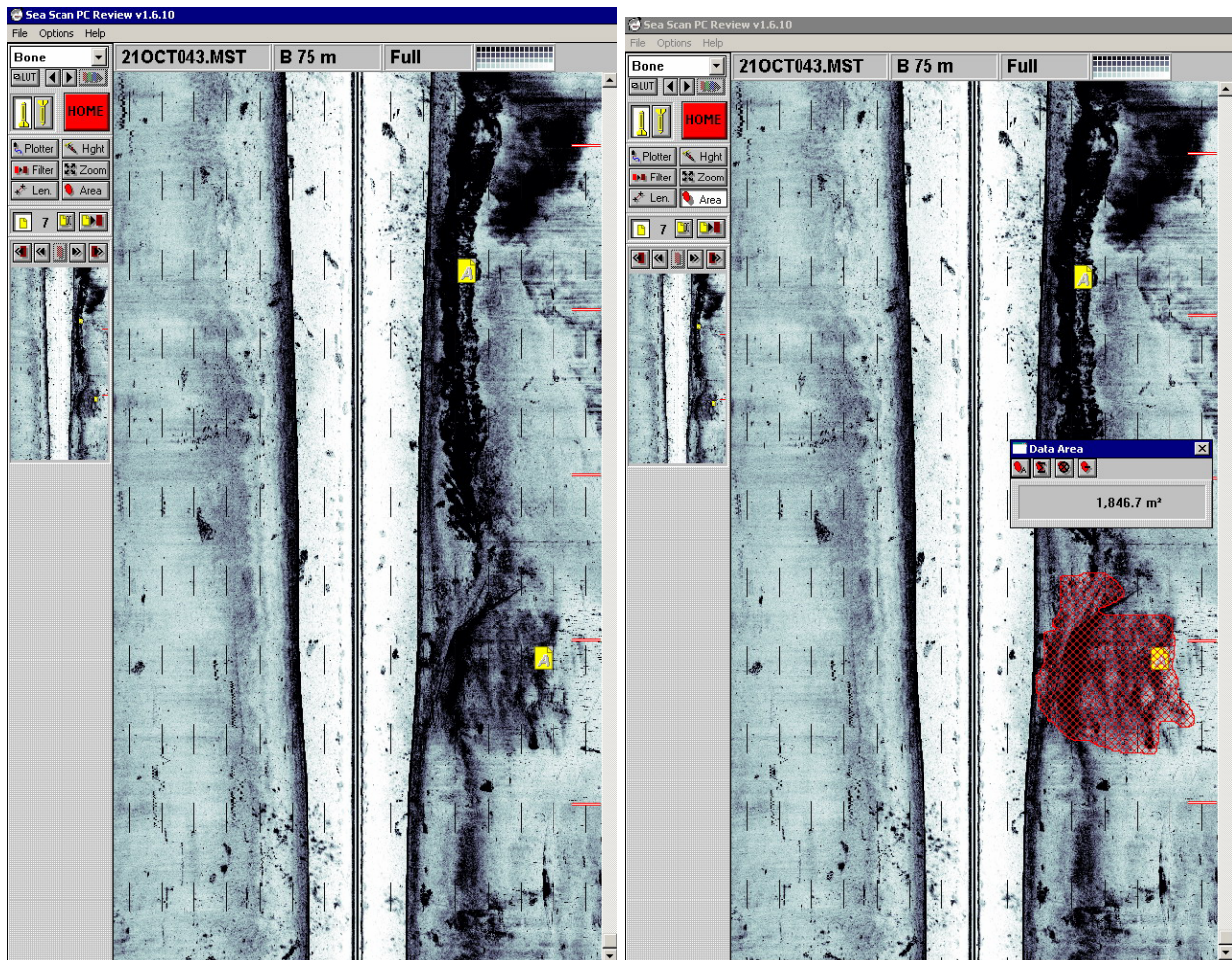


Figura 31: Cálculo de área aproximada do afloramento Itapema (1.850 m²): à esquerda, registro original; à direita, registro com a área aproximada do afloramento hachurada,

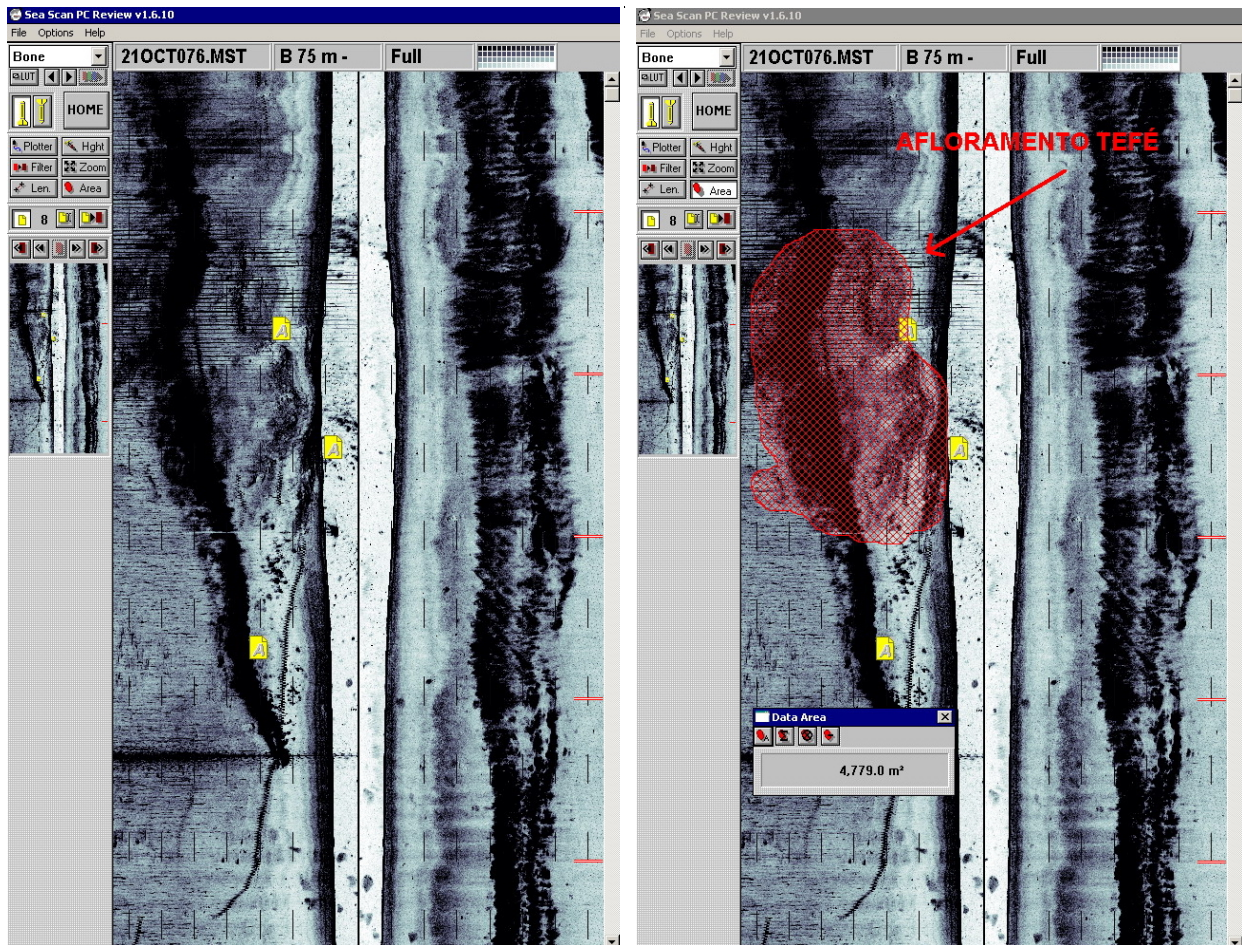


Figura 32: Cálculo de área aproximada do afloramento Teffé (4.780 m^2): à esquerda, registro original; à direita, registro com a área aproximada do afloramento hachurada,

Por se tratarem das expressões de fundo mais importantes, presentes no Estuário Santista, deu-se uma maior ênfase à observação das três rochas – Pedras do Barroso (Ilha Barnabé), de Itapema e Teffé.

São apresentados dois desenhos na escala 1:5.000, com a localização geral dos três corpos rochosos, e três desenhos na escala 1:1.000, com o detalhamento dessas rochas, através da integração de dados batimétricos, sonográficos e de sondagens por jet-probe, estas últimas realizadas por terceiros e fornecidas pela CODESP, conforme descritas na “Apresentação dos Resultados Finais”, item 16.

8. PERFILAGEM SÍSMICA CONTÍNUA

8.1. METODOLOGIA

A perfilagem sísmica contínua baseia-se no princípio da reflexão de ondas acústicas, aproveitando a existência de contrastes de impedância acústica entre os diferentes meios físicos e explorando os contrastes de velocidade e densidade, existentes entre os estratos.

Quando ocorrem contrastes de impedância acústica entre dois meios distintos, reflexões dessa interface são recebidas por sensores (hidrofonos) na superfície, que enviam sinais pré-amplificados a um sistema de filtragem e amplificação final, para então serem registrados em papel eletro-sensível, de acordo com seus tempos de chegada. A Figura 33, a seguir, mostra a geometria utilizada na técnica de perfilagem sísmica contínua.

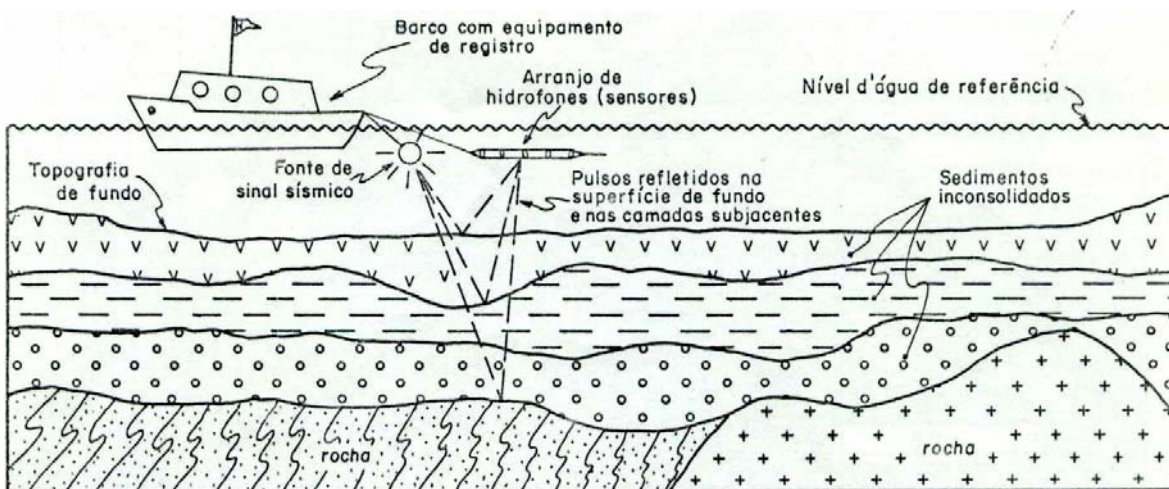


Figura 33: Geometria da técnica de perfilagem sísmica contínua (Souza, 1988)⁶.

A determinação da velocidade de propagação do som, em cada meio, está condicionada a parâmetros, como porosidade, cimentação, tensão de confinamento, teor em água, teor em matéria orgânica e outros.

Na prática, assumem-se valores entre 1450 e 1550 m/s, para a velocidade do som na água, variáveis, principalmente, em função da temperatura e salinidade, e entre 1400 e 1700 m/s, para a velocidade de propagação do som em sedimentos rasos inconsolidados.

Por constituir-se num método indireto de investigação de áreas submersas, é muito importante correlacioná-lo com informações complementares, obtidas, conforme cada caso, através da realização de outros métodos geofísicos complementares (investigação indireta), bem como de investigações diretas, tais como sondagens jet-probe e geotécnicas, amostragens superficiais de fundo e na própria literatura especializada, referente à região estudada.

⁶ Souza, L. A. P., 1988. As técnicas geofísicas de sísmica de reflexão de alta resolução e sonografia aplicadas ao estudo de aspectos geológicos e geotécnicos em áreas submersas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35, Belém, POA, SBG, V.4, 1551-1564.

8.2. LEVANTAMENTO DE CAMPO

Visando melhorar a resposta acústica, foram experimentadas, na fase de calibragem e testes iniciais dos equipamentos, diversas configurações e ajustes operacionais, controlando-se, ao máximo, fatores que normalmente influenciam na nitidez dos registros, como a velocidade da embarcação, que foi mantida a mais reduzida possível.



Figura 34: Fonte acústica em operação no canal de Santos.

Ainda com essa mesma finalidade, em dias de mar mais calmo, diversas linhas foram repetidas na área do canal externo, a fim de amenizar, nos sismogramas, eventuais sinais espúrios, causados pelo efeito dos ventos e ondas, normalmente constantes e de força moderada, na área pesquisada.

Outra situação que exigiu extremo cuidado foi a intensa movimentação, bastante usual no Porto de Santos, por várias vezes obrigando a interrupção e repetição de linhas, tanto no canal externo quanto interno, face não só à prioridade de passagem dos navios, mas

ainda ao forte ruído e ao revolvimento dos fundos lamosos, provocados pelas hélices propulsoras, que introduziam sinais indesejáveis nos registros sísmicos.

8.3. PROCESSAMENTO DOS DADOS COLETADOS

Após a conclusão dos trabalhos de campo, os registros foram revisados em escritório, definindo-se a estratégia de interpretação preliminar, elaborando-se escala para leitura das profundidades dos refletores interpretados e preparando as planilhas com os elementos mapeados (refletores e anomalias).

Foi assumido o valor de 1500 m/s, como velocidade de propagação do som nos sedimentos.

8.4. RESULTADOS

Os desenhos de interpretação sísmica foram elaborados no formato A0, na escala 1:5.000, com reticulado UTM, Datum **WGS-84**, onde constam, ainda, as profundidades em um tom acinzentado claro, como fundo e informação adicional aos refletores e anomalias acústicas representadas em planta, e o contorno topográfico aproximado das margens estuarinas e linha de costa próxima.

A planta de interpretação sísmica mostra números grandes, que representam a profundidade dos refletores interpretados, e manchas coloridas, que representam zonas de anomalias acústicas, associadas a feições ou ocorrências diversas, existentes tanto na superfície do fundo marinho, quanto em subsuperfície.

8.5. INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Durante a análise dos registros sísmicos, foi possível observar a ocorrência de diversas superfícies refletoras, possivelmente associadas a episódios erosivos ao longo do tempo, sugerindo unidades sismoestratigráficas distintas.

Assim, foram mapeados 5 (cinco) refletores, denominados como refletores “A”, “B”, “C” e “D” – que representariam os topos de seqüências sedimentares – e o “Embasamento Rochoso”, naquele onde se teve uma maior certeza quanto à natureza do subfundo investigado.

Na página a seguir, na Figura 35, são esquematicamente mostrados os refletores mencionados.

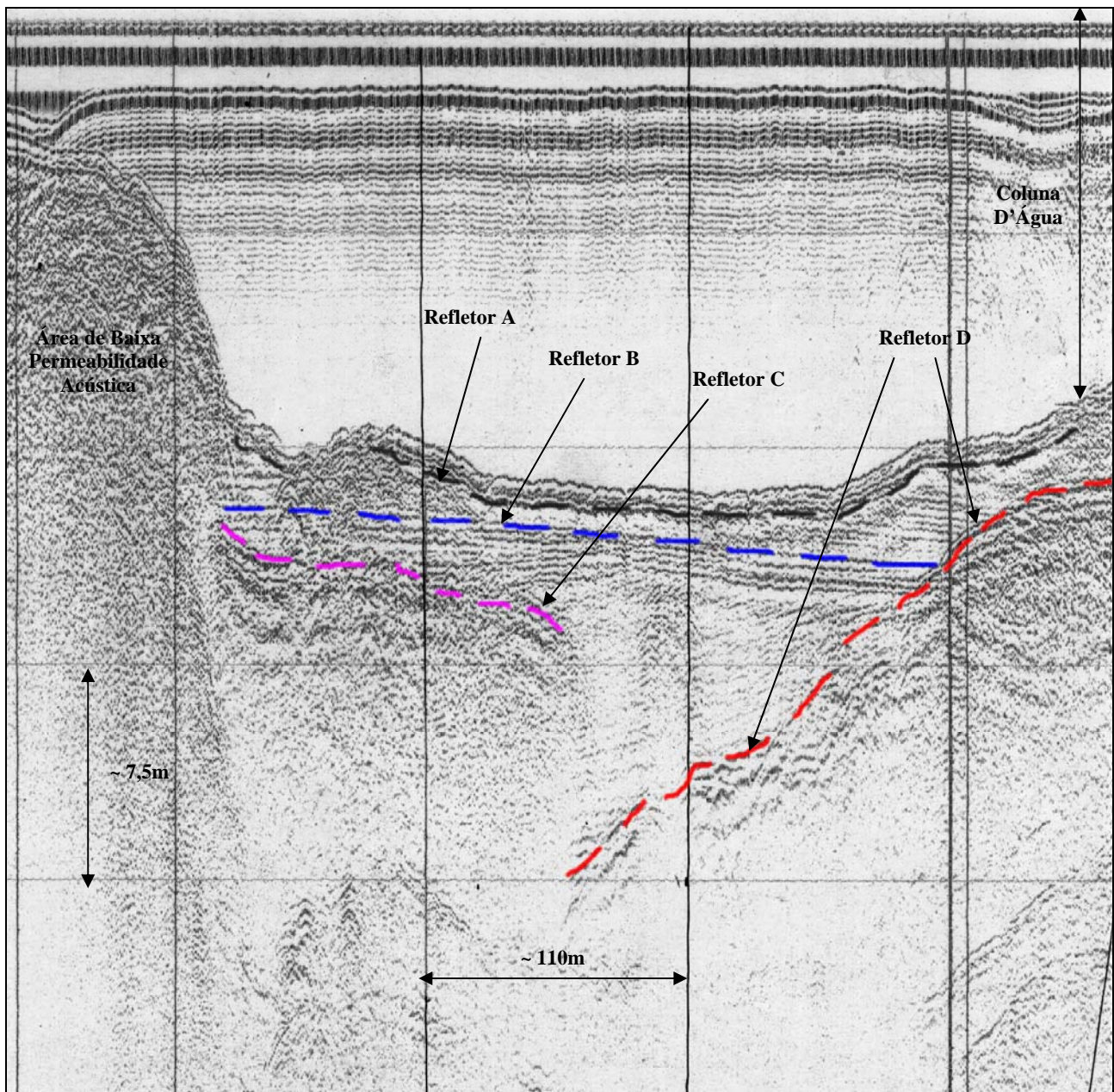


Figura 35: Registro sísmico colhido no canal de Santos, com os refletores A, B, C e D interpretados.

Cumprе ressaltar que, embora tenha havido a preocupação em melhor caracterizar os trechos aonde se situam as rochas conhecidas do Estuário Santista – Pedras do Barroso (Ilha Barnabé), Itapema e Teffé – a escala de 1:5.000, especificada pela CODESP para o levantamento contratado, com vistas à finalidade de caracterização das rochas, é insuficiente, pois define linhas com um afastamento de apenas 50 (cinquenta) metros, como, aliás, preconizado pelas normas da DHN, obedecidas pelo CENTRAN/INPH, em seus levantamentos.

Considera-se, entretanto, que tal escala de levantamento (1:5.000) é plenamente adequada e suficiente, tendo em vista os objetivos pretendidos, quais sejam, a investigação geral de todo o canal navegável e adjacências – cuja extensão linear aproximada é de 26 km, entre a isóbata de 17m, no canal externo, e a Seção 817, na

Alamoá –, em subsídio ao projeto conceitual de dragagem de aprofundamento apresentado (ANEXO XI).

Para a caracterização geológica de cada uma das pedras mencionadas, o ideal é a adoção de escalas de levantamento maiores, da ordem de 1:1.000 ou mesmo 1:500, de acordo com o tamanho de cada corpo rochoso, sua interferência no canal e o objetivo a ser alcançado.

Visando um melhor entendimento sobre a área levantada, foram mapeadas, ainda, diversas anomalias acústicas, associadas a:

- áreas dragadas,
- áreas de baixa permeabilidade acústica,
- áreas de possível ocorrência de rochas,
- áreas relacionadas à existência de paleocanais, e
- fundos e subfundos com ocorrências de padrões hiperbólicos.

Tais anomalias acústicas são brevemente descritas a seguir:

a) Áreas Dragadas

Anomalias indicadoras de possíveis áreas com ocorrência de movimentações artificiais dos sedimentos de fundo e subfundo (dragagens), conforme Figura 36, a seguir.

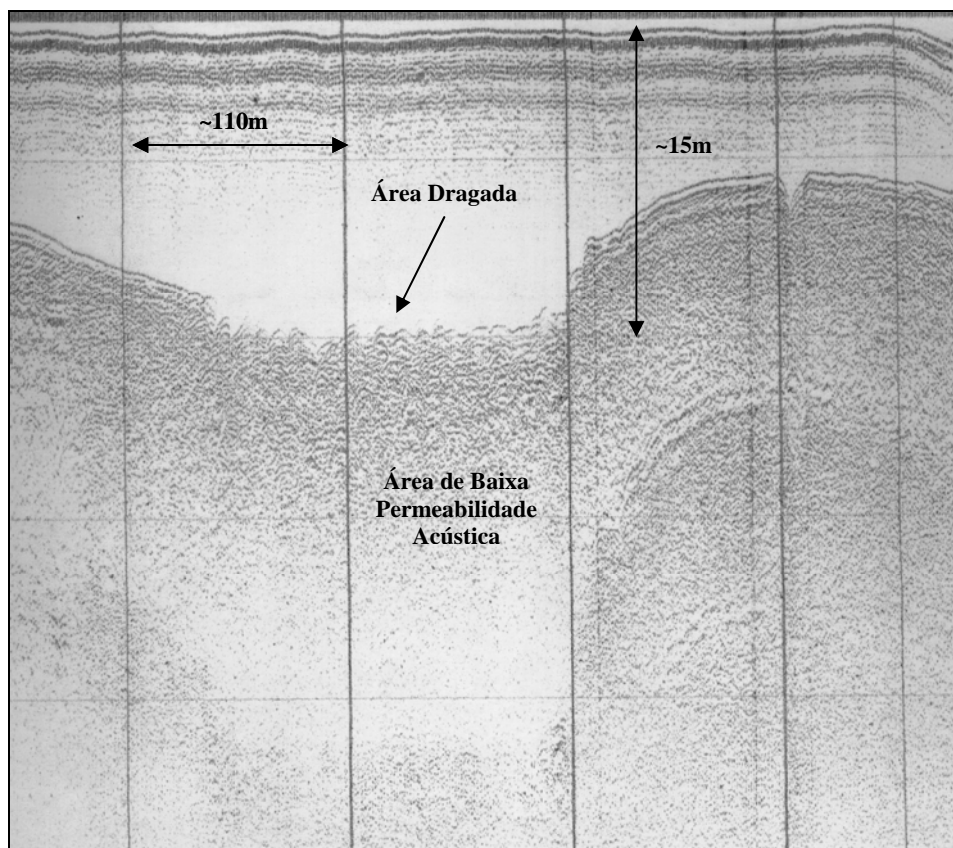


Figura 36: Sismograma típico de área dragada.

b) Áreas de Baixa Permeabilidade Acústica

Anomalias acústicas provavelmente associadas à ocorrência de sedimentos silto-argilosos ou argilo-siltosos orgânicos, com alto conteúdo de gases provenientes da decomposição de matéria orgânica, que costumam barrar a passagem do som.

Nas Figuras 36 (anterior) e 37, a seguir, é possível observar exemplos da feição descrita.

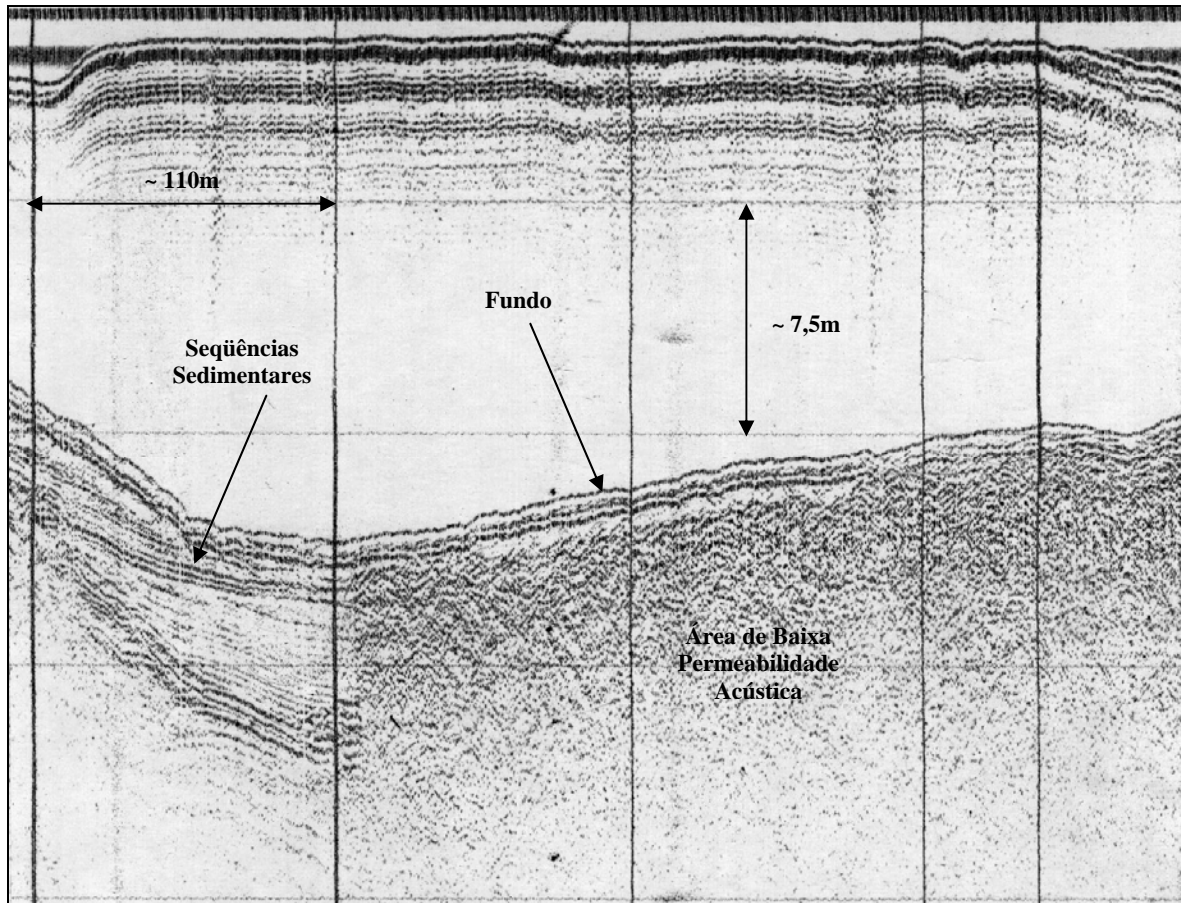


Figura 37: Sismograma mostrando seqüências sedimentares claramente interrompidas por extensa área de baixa permeabilidade acústica.

c) Paleocanais

Anomalias associadas à existência de antigos canais fluviais, normalmente soterrados por sedimentos mais recentes e de baixa consistência.

Tal anomalia acústica é exemplificada na Figura 38, na página seguinte.

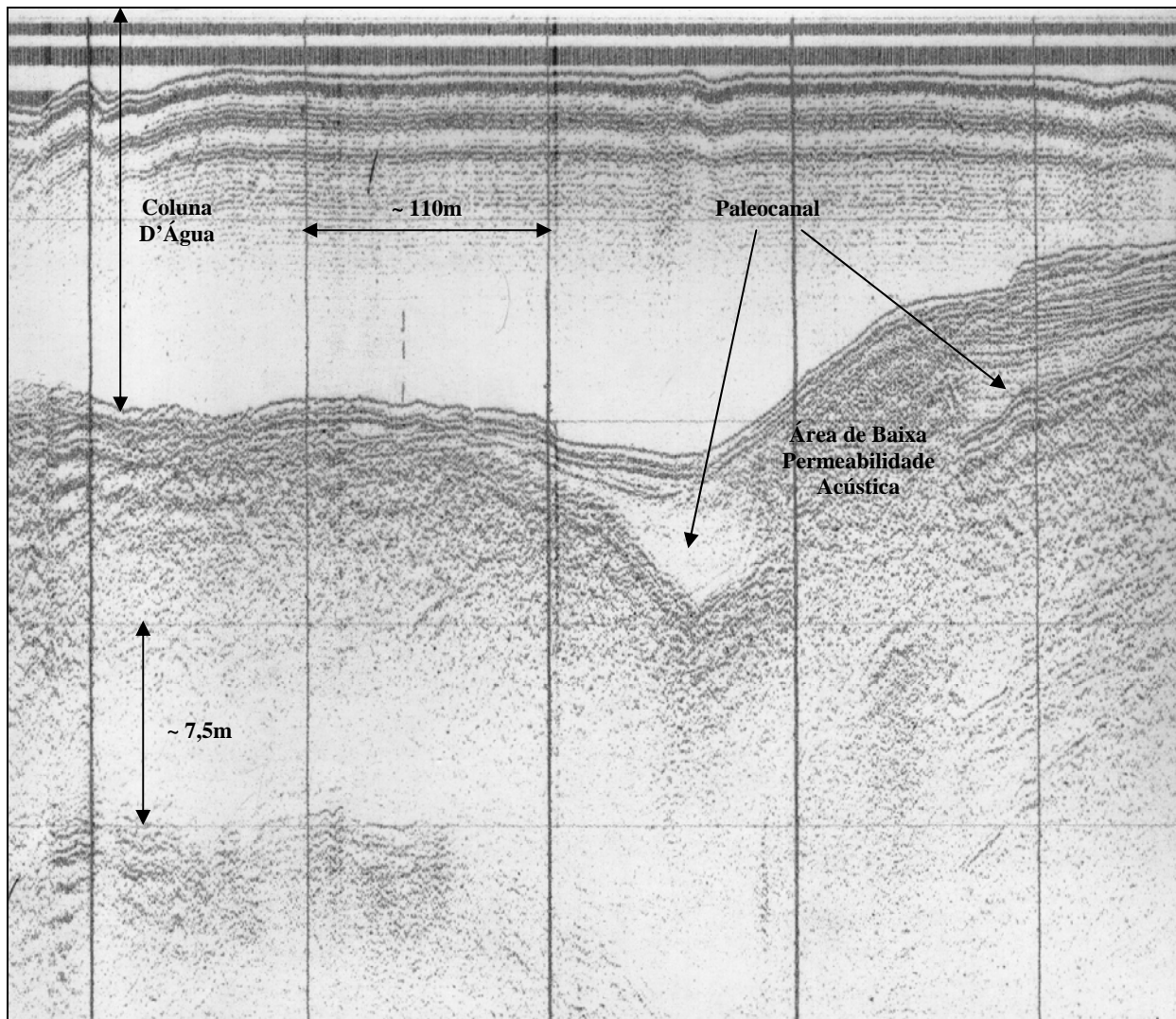


Figura 38: Exemplo de sismograma mostrando paleocanal soterrado por sedimentos. Note-se que as setas indicam dois trechos do mesmo paleocanal, parcialmente oculto por uma área restrita de impermeabilidade acústica, possivelmente originada pela presença de sedimentos argilosos, ricos em matéria orgânica.

d) Fundos Hiperbólicos

São anomalias identificadas por sucessões de reflexões hiperbólicas e ecos laterais, cujo padrão textural assemelha-se muito à ocorrência de rochas, podendo, entretanto, estar associadas, tanto pela geometria quanto pelas profundidades envolvidas, à presença de sedimentos lamosos e/ou arenosos, de média a alta resistência.

Podem, ainda, estar relacionados a episódios erosivos, em que estes solos estiveram emersos, ou a frações arenosas mais grosseiras, localizadas no pacote sedimentar.

Tais feições sísmicas são exemplificadas na Figura 39, na próxima página.

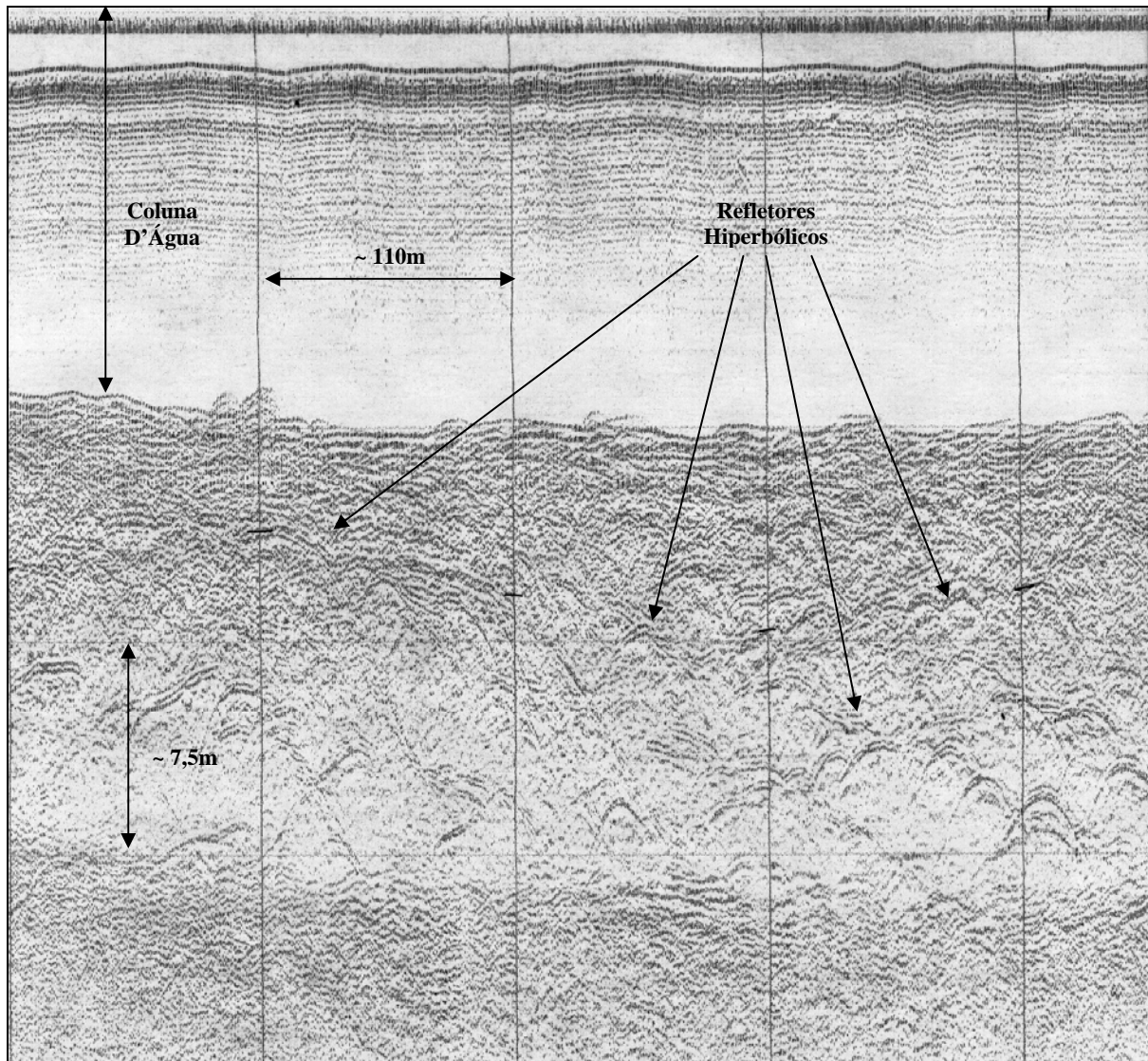


Figura 39: Exemplo de registro sísmico mostrando refletores hiperbólicos, indicativos de sedimentos possivelmente mais consistentes ou representativos de superfícies erosivas.

e) Áreas de Possível Rocha

Anomalias acústicas que, pela geometria e relações apresentadas com outros refletores, podem ser associadas à ocorrência do embasamento rochoso.

Nas Figuras 40 e 41, a seguir, é possível observar exemplos da feição descrita.

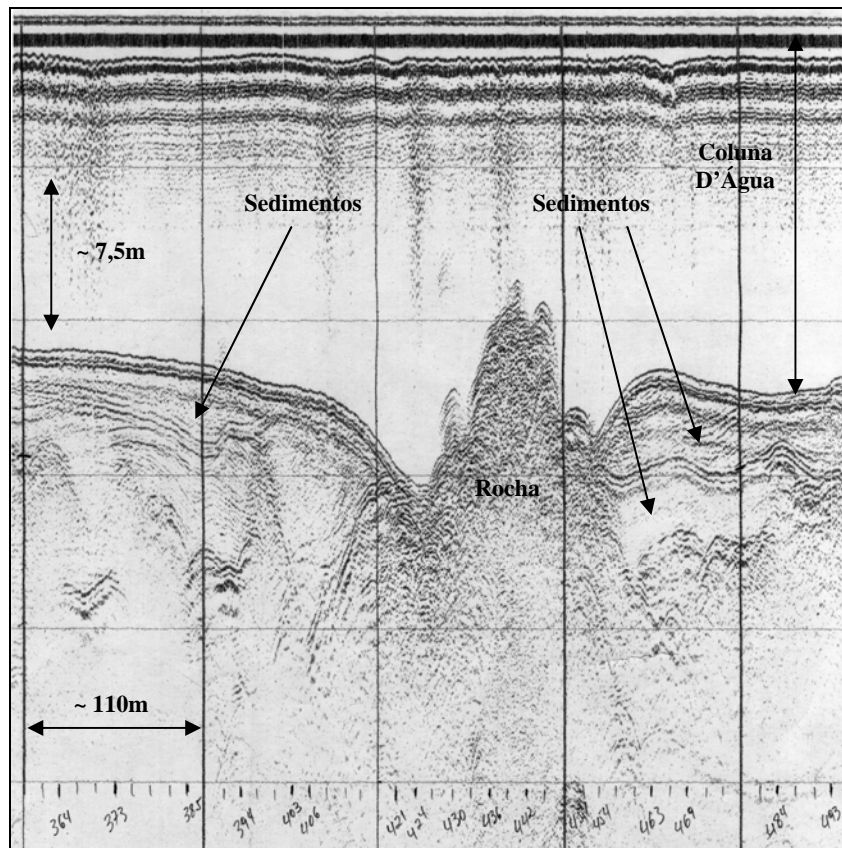


Figura 40: Exemplo de registro sísmico mostrando o embasamento rochoso, aflorante no fundo estuarino (Pedra de Teffé).

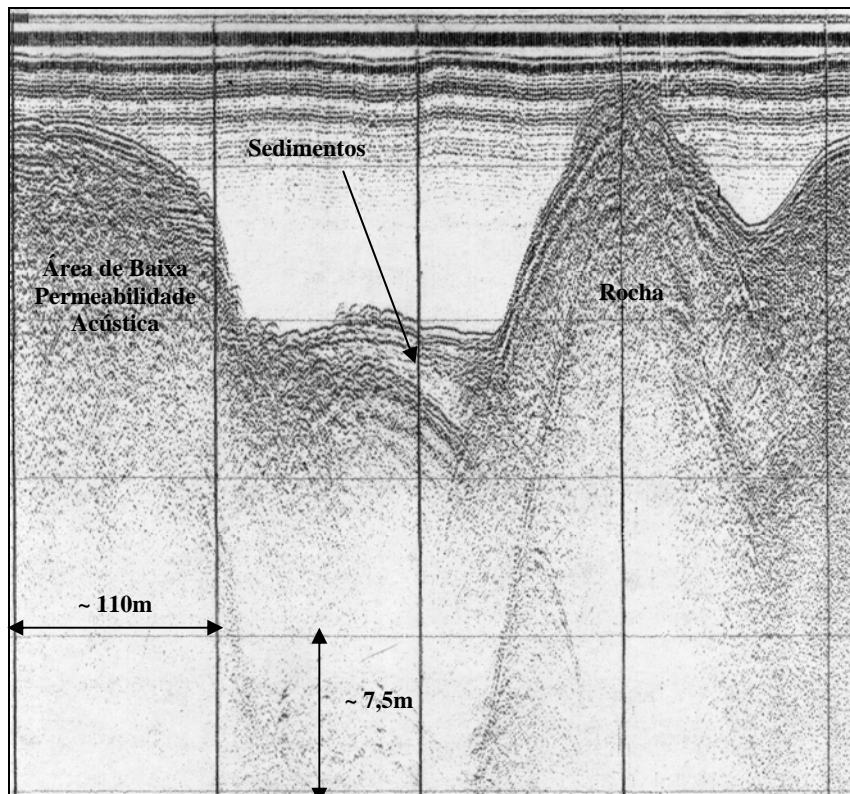


Figura 41: Exemplo de registro sísmico mostrando afloramento rochoso no fundo estuarino (Pedra do Barroso).

9. SONDAGENS JET-PROBE

9.1. METODOLOGIA

Após a interpretação preliminar dos registros sísmicos, batimétricos e sonográficos, foram programadas sondagens subaquáticas por jet-probe, realizadas de acordo com as especificações contratuais.

Basicamente, as sondagens por jet-probe são capazes de fornecer informações expeditas sobre a composição e resistência relativa de solos incoerentes, situados abaixo de superfícies cobertas por água, tendo, como grande vantagem, a rapidez na execução e a sua flexibilidade em relação às condições existentes em áreas problemáticas de tráfego e acesso, como é o Estuário do Porto de Santos, que tendem a inviabilizar a aplicação de métodos de investigação mais tradicionais.

Neste sistema, o avanço do furo se deu pela força da água bombeada através de hastes de 3/4", acopladas, em série, a um extenso mangote ligado a um conjunto moto-bomba de alta pressão, situado à bordo da embarcação de apoio.

Dessa maneira, a água, injetada sob pressão para o interior do furo revestido por tubos de 2", retorna à superfície pelo espaço anelar, situado entre a parede do furo e o conjunto de hastes, carreando os sedimentos, que são recolhidos em sacos de pano, transferidos para sacos plásticos transparentes e classificados de acordo com a nomenclatura da ABNT.

9.2. EXECUÇÃO DOS FUROS

Foram executados 400 (quatrocentos) furos pelo método jet-probe, distribuídos de acordo com a necessidade e com base em programação conjunta com a Fiscalização da CODESP, com a coleta de amostras na superfície do fundo e a cada metro perfurado e/ou em cada nível onde o técnico mergulhador percebesse alterações na natureza, resistência ou coloração do material atravessado. Alguns desses furos foram repetidos sobre a mesma posição antes executada, em função de aparentes incoerências verificadas, sem quaisquer ônus para a CODESP, nomeando-os com a letra "B", após a numeração correspondente, estando também descritos nos boletins, constantes nos ANEXOS VII e VIII.

A essas sondagens foram atribuídos prefixos – JPE ou JPI – em função do respectivo trecho do canal externo ou interno em que foram realizadas.

Como premissa executiva básica, os mergulhadores foram orientados a avançar com a ferramenta de perfuração até o impenetrável ao jet-probe em todos os furos, objetivando alcançar as máximas penetrações possíveis, mesmo que, para isto, deixasse de ocorrer a recuperação de amostras ao longo de toda a coluna perfurada.

Nas planilhas, a seguir, são listadas as coordenadas UTM, no Datum WGS-84, dos 98 (noventa e oito) furos jet-probe realizados no canal externo (JPEs), e dos 302 (trezentos e seis) furos jet-probe executados no canal interno (JPIs).

Sondagens Jet-Probe no Canal Externo (JPEs) – Planilha 1 / 3

FURO	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)	
	ESTE	NORTE
JPE-001	363.284,20	7.342.582,34
JPE-002	362.939,71	7.341.674,38
JPE-003	362.870,00	7.341.000,00
JPE-004	362.091,13	7.339.420,27
JPE-005	361.850,40	7.338.787,91
JPE-006	361.648,70	7.338.243,35
JPE-007	363.560,00	7.343.760,00
JPE-008	363.425,00	7.343.370,00
JPE-009	363.000,00	7.342.260,00
JPE-010	363.135,00	7.341.730,00
JPE-011	362.710,00	7.341.500,00
JPE-012	362.009,49	7.339.350,15
JPE-013	362.625,96	7.340.968,73
JPE-014	362.968,77	7.341.890,11
JPE-015	363.241,16	7.342.621,68
JPE-016	363.200,72	7.342.660,38
JPE-017	362.618,11	7.341.088,21
JPE-018	361.939,72	7.339.295,51
JPE-019	361.778,18	7.338.866,94
JPE-020	362.440,00	7.340.765,00
JPE-021	362.344,00	7.340.523,00
JPE-022	365.470,00	7.345.740,00
JPE-023	365.000,00	7.345.560,00
JPE-024	364.690,00	7.345.270,00
JPE-025	361.653,19	7.338.311,39
JPE-026	361.926,15	7.338.994,80
JPE-027	362.435,07	7.340.129,55
JPE-028	362.427,28	7.340.625,70
JPE-029	362.857,85	7.341.319,52
JPE-030	364.920,00	7.346.000,00
JPE-031	363.956,39	7.344.413,09
JPE-032	364.350,00	7.345.600,00
JPE-033	366.000,00	7.346.250,00

Sondagens Jet-Probe no Canal Externo (JPEs) – Planilha 2 / 3

FURO	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)	
	ESTE	NORTE
JPE-034	365.975,03	7.345.938,15
JPE-035	365.499,31	7.345.873,92
JPE-036	365.047,33	7.345.702,58
JPE-037	364.598,67	7.345.359,43
JPE-038	364.246,55	7.344.847,53
JPE-039	364.160,27	7.344.638,24
JPE-040	363.974,25	7.344.145,09
JPE-041	363.813,75	7.343.712,58
JPE-042	363.577,18	7.343.092,44
JPE-043	363.393,65	7.342.598,03
JPE-044	363.154,16	7.341.927,15
JPE-045	363.026,96	7.341.626,40
JPE-046	363.008,77	7.341.589,23
JPE-047	362.762,64	7.340.903,05
JPE-048	362.594,22	7.340.443,69
JPE-049	362.198,82	7.339.419,67
JPE-050	361.902,39	7.338.637,22
JPE-051	365.750,00	7.346.250,00
JPE-052	365.540,00	7.346.200,00
JPE-053	365.340,00	7.346.150,00
JPE-054	365.120,00	7.346.120,00
JPE-055	364.690,00	7.345.860,00
JPE-056	364.560,00	7.345.770,00
JPE-057	364.140,00	7.345.380,00
JPE-058	361.688,49	7.338.218,60
JPE-059	361.868,78	7.338.680,69
JPE-060	362.152,20	7.339.434,78
JPE-061	362.473,03	7.340.285,00
JPE-062	363.066,81	7.341.845,20
JPE-063	363.203,44	7.342.246,65
JPE-064	363.367,36	7.342.651,14
JPE-065	363.556,99	7.343.155,41
JPE-066	363.920,81	7.344.121,20

Sondagens Jet-Probe no Canal Externo (JPEs) – Planilha 3 / 3

FURO	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)	
	ESTE	NORTE
JPE-067	364.215,04	7.344.903,85
JPE-068	365.545,48	7.345.925,85
JPE-069	366.489,90	7.346.008,76
JPE-070	365.944,48	7.346.032,35
JPE-071	364.526,49	7.345.426,22
JPE-072	364.235,46	7.345.034,06
JPE-073	363.902,82	7.344.224,13
JPE-074	363.562,51	7.343.323,95
JPE-075	363.845,04	7.344.362,41
JPE-076	364.654,82	7.345.681,71
JPE-077	365.000,84	7.345.898,11
JPE-078	365.783,56	7.346.124,43
JPE-079	364.080,00	7.345.170,00
JPE-080	366.020,81	7.346.087,18
JPE-081	364.362,22	7.345.329,31
JPE-082	363.928,86	7.344.453,15
JPE-083	363.592,19	7.343.542,56
JPE-084	363.441,60	7.343.146,95
JPE-085	364.440,00	7.344.840,00
JPE-086	364.520,00	7.345.000,00
JPE-087	364.620,00	7.345.160,00
JPE-088	364.845,00	7.346.028,00
JPE-089	365.120,00	7.345.580,00
JPE-090	365.260,00	7.345.640,00
JPE-091	365.600,00	7.345.750,00
JPE-092	365.790,00	7.345.790,00
JPE-093	364.430,00	7.345.670,00
JPE-094	364.400,00	7.344.740,00
JPE-095	365.980,00	7.345.810,00
JPE-096	366.210,00	7.346.235,00
JPE-097	366.595,00	7.346.220,00
JPE-098	366.150,00	7.345.800,00

Sondagens Jet-Probe no Canal Interno (JPIs) – Planilha 1 / 5

FURO	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)		FURO	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)	
	ESTE	NORTE		ESTE	NORTE
JPI-001	366.694,95	7.351.119,25	JPI-031	368.692,17	7.348.222,09
JPI-002	366.838,60	7.351.110,13	JPI-032	368.543,72	7.348.074,70
JPI-003	366.545,19	7.351.024,13	JPI-033	368.803,46	7.348.119,90
JPI-004	366.653,38	7.350.997,42	JPI-034	368.818,56	7.348.007,98
JPI-005	366.862,26	7.351.055,67	JPI-035	368.893,84	7.347.990,60
JPI-006	366.878,59	7.351.020,93	JPI-036	368.845,26	7.347.915,81
JPI-007	366.609,58	7.350.934,27	JPI-037	369.040,00	7.347.855,00
JPI-008	366.647,69	7.350.890,95	JPI-038	369.080,00	7.347.000,00
JPI-009	366.620,43	7.350.826,76	JPI-039	368.852,32	7.347.720,34
JPI-010	366.900,48	7.350.873,68	JPI-040	368.799,12	7.348.509,14
JPI-011	366.648,52	7.350.721,83	JPI-041	366.855,79	7.351.259,95
JPI-012	366.951,06	7.350.793,19	JPI-042	366.654,87	7.351.258,80
JPI-013	367.018,36	7.350.615,50	JPI-043	366.592,89	7.351.451,14
JPI-014	367.024,41	7.350.561,75	JPI-044	366.661,95	7.351.465,41
JPI-015	367.114,77	7.350.508,66	JPI-045	366.779,78	7.351.635,25
JPI-016	367.034,07	7.350.284,51	JPI-046	366.635,15	7.351.610,01
JPI-017	367.141,74	7.350.352,81	JPI-047	368.580,00	7.346.760,00
JPI-018	366.934,76	7.350.075,80	JPI-048	366.790,00	7.351.500,00
JPI-019	367.199,89	7.350.154,97	JPI-049	366.769,55	7.351.823,38
JPI-020	367.277,49	7.350.027,70	JPI-050	366.585,28	7.351.804,84
JPI-021	367.170,00	7.349.875,00	JPI-051	366.415,63	7.351.830,49
JPI-022	368.022,63	7.349.226,21	JPI-052	366.659,18	7.351.865,39
JPI-023	367.814,86	7.349.045,34	JPI-053	368.557,00	7.346.715,00
JPI-024	368.233,08	7.348.744,52	JPI-054	366.472,99	7.351.888,93
JPI-025	368.493,39	7.348.703,81	JPI-055	368.150,00	7.346.275,00
JPI-026	368.570,37	7.348.627,63	JPI-056	366.390,81	7.352.067,41
JPI-027	368.422,07	7.348.405,43	JPI-057	366.688,85	7.352.326,98
JPI-028	368.532,05	7.348.417,19	JPI-058	366.664,09	7.352.445,76
JPI-029	368.551,88	7.348.374,83	JPI-059	366.466,21	7.352.341,39
JPI-030	368.417,28	7.348.171,18	JPI-060	366.511,12	7.352.504,63

Sondagens Jet-Probe no Canal Interno (JPIs) – Planilha 2 / 5

FURO	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)		FURO	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)	
	ESTE	NORTE		ESTE	NORTE
JPI-061	366.520,97	7.352.567,13	JPI-091	365.371,16	7.352.800,57
JPI-062	366.452,66	7.352.592,68	JPI-092	365.426,53	7.353.193,40
JPI-063	366.238,86	7.352.425,26	JPI-093	365.369,08	7.353.178,89
JPI-064	368.095,00	7.346.235,00	JPI-094	365.328,37	7.353.220,80
JPI-065	366.678,42	7.351.695,93	JPI-095	365.279,51	7.353.231,00
JPI-066	366.763,14	7.351.324,47	JPI-096	365.227,46	7.353.210,62
JPI-067	366.451,25	7.351.373,33	JPI-097	365.076,15	7.352.852,87
JPI-068	368.045,00	7.346.200,00	JPI-098	365.120,17	7.353.205,53
JPI-069	367.965,00	7.346.155,00	JPI-099	365.032,15	7.353.076,95
JPI-070	366.327,15	7.352.712,70	JPI-100	364.995,22	7.353.123,50
JPI-071	366.138,65	7.352.503,12	JPI-101	364.887,29	7.352.931,61
JPI-072	366.293,16	7.352.842,11	JPI-102	364.935,43	7.353.296,25
JPI-073	366.112,41	7.352.616,85	JPI-103	364.880,02	7.353.298,67
JPI-074	366.008,60	7.352.552,90	JPI-104	364.832,38	7.353.103,06
JPI-075	366.199,00	7.352.818,73	JPI-105	364.817,11	7.353.237,11
JPI-076	366.187,15	7.352.908,30	JPI-106	364.734,19	7.353.130,63
JPI-077	365.945,09	7.352.604,63	JPI-107	364.668,96	7.353.071,14
JPI-078	365.926,86	7.352.770,50	JPI-108	364.625,76	7.353.119,81
JPI-079	366.026,33	7.352.983,24	JPI-109	364.609,16	7.353.219,52
JPI-080	365.862,07	7.352.733,06	JPI-110	364.531,30	7.353.165,64
JPI-081	365.913,60	7.353.031,97	JPI-111	364.466,66	7.353.271,79
JPI-082	365.705,94	7.352.724,43	JPI-112	364.382,24	7.353.217,44
JPI-083	365.784,91	7.352.946,05	JPI-113	364.347,88	7.353.259,24
JPI-084	365.200,00	7.352.900,00	JPI-114	364.485,00	7.353.400,00
JPI-085	365.804,63	7.353.150,10	JPI-115	364.300,00	7.353.540,00
JPI-086	365.507,60	7.352.764,83	JPI-116	364.125,18	7.353.197,20
JPI-087	365.654,86	7.353.207,97	JPI-117	364.165,08	7.353.454,84
JPI-088	365.457,49	7.352.929,35	JPI-118	364.015,54	7.353.421,78
JPI-089	365.491,60	7.353.042,87	JPI-119	364.152,21	7.353.664,82
JPI-090	365.476,55	7.353.161,61	JPI-120	364.002,63	7.353.637,39

Sondagens Jet-Probe no Canal Interno (JPIs) – Planilha 3 / 5

FURO	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)		FURO	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)	
	ESTE	NORTE		ESTE	NORTE
JPI-121	363.982,01	7.353.679,21	JPI-151	362.763,11	7.354.101,71
JPI-122	363.738,12	7.353.514,14	JPI-152	362.717,61	7.354.096,96
JPI-123	363.712,65	7.353.572,05	JPI-153	362.656,77	7.354.014,37
JPI-124	363.518,72	7.353.562,99	JPI-154	362.636,63	7.354.322,37
JPI-125	363.686,24	7.353.690,77	JPI-155	362.573,06	7.354.108,40
JPI-126	363.836,95	7.353.887,64	JPI-156	362.475,87	7.354.089,55
JPI-127	363.534,00	7.353.616,22	JPI-157	362.422,95	7.354.355,27
JPI-128	363.569,32	7.353.713,06	JPI-158	362.346,73	7.354.033,00
JPI-129	363.729,78	7.353.852,74	JPI-159	362.287,88	7.354.093,54
JPI-130	363.752,68	7.353.951,40	JPI-160	362.232,95	7.354.152,89
JPI-131	363.659,20	7.353.862,19	JPI-161	362.185,33	7.354.078,95
JPI-132	363.517,04	7.353.772,83	JPI-162	362.150,72	7.354.011,18
JPI-133	363.721,36	7.354.001,48	JPI-163	362.099,55	7.353.967,25
JPI-134	363.666,84	7.354.018,64	JPI-164	362.015,43	7.354.315,55
JPI-135	363.505,61	7.353.892,00	JPI-165	362.538,60	7.354.250,02
JPI-136	363.600,88	7.354.107,58	JPI-166	363.214,15	7.354.168,23
JPI-137	363.483,59	7.353.940,14	JPI-167	363.689,74	7.353.891,76
JPI-138	363.363,21	7.353.899,33	JPI-168	363.883,58	7.353.695,59
JPI-139	363.469,95	7.354.224,34	JPI-169	364.301,70	7.353.355,08
JPI-140	363.291,75	7.353.947,81	JPI-170	364.423,38	7.353.077,86
JPI-141	363.228,99	7.354.019,10	JPI-171	364.237,23	7.353.174,41
JPI-142	363.174,81	7.354.002,83	JPI-172	363.880,00	7.353.500,00
JPI-143	363.090,91	7.353.986,60	JPI-173	363.516,37	7.353.453,20
JPI-144	363.088,44	7.354.289,25	JPI-174	360.356,24	7.354.641,07
JPI-145	363.012,60	7.354.091,64	JPI-175	360.439,10	7.354.655,45
JPI-146	362.964,40	7.354.086,81	JPI-176	360.529,09	7.354.663,93
JPI-147	362.888,32	7.354.355,25	JPI-177	360.674,19	7.354.672,93
JPI-148	362.857,81	7.354.012,59	JPI-178	360.756,95	7.354.475,63
JPI-149	362.827,47	7.354.299,86	JPI-179	360.757,98	7.354.190,75
JPI-150	362.787,58	7.354.313,05	JPI-180	361.588,83	7.354.286,14

Sondagens Jet-Probe no Canal Interno (JPIs) – Planilha 4 / 5

FURO	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)		FURO	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)	
	ESTE	NORTE		ESTE	NORTE
JPI-181	361.625,64	7.354.121,32	JPI-211	365.605,00	7.352.795,00
JPI-182	361.690,56	7.353.970,68	JPI-212	365.690,00	7.353.095,00
JPI-183	361.681,34	7.354.078,56	JPI-213	366.065,00	7.352.915,00
JPI-184	361.791,03	7.354.035,10	JPI-214	364.000,00	7.353.500,00
JPI-185	361.837,33	7.354.082,59	JPI-215	364.390,00	7.353.458,00
JPI-186	361.942,40	7.354.099,91	JPI-216	366.000,00	7.353.100,00
JPI-187	361.415,23	7.354.355,55	JPI-217	366.460,00	7.351.570,00
JPI-188	361.249,94	7.354.255,57	JPI-218	366.525,00	7.351.200,00
JPI-189	361.217,84	7.354.469,55	JPI-219	366.860,00	7.350.370,00
JPI-190	361.083,21	7.354.249,45	JPI-220	367.410,00	7.350.000,00
JPI-191	360.500,00	7.354.500,00	JPI-221	367.580,00	7.349.820,00
JPI-192	361.890,54	7.353.990,24	JPI-222	367.755,00	7.349.620,00
JPI-193	360.840,00	7.354.610,00	JPI-223	367.365,00	7.349.660,00
JPI-194	361.000,00	7.354.500,00	JPI-224	368.730,00	7.348.490,00
JPI-195	361.560,78	7.354.351,45	JPI-225	368.750,00	7.347.730,00
JPI-196	361.884,34	7.354.293,10	JPI-226	369.060,00	7.346.950,00
JPI-197	366.377,15	7.351.975,34	JPI-227	368.555,00	7.348.170,00
JPI-198	363.670,00	7.354.090,00	JPI-228	368.260,00	7.348.570,00
JPI-199	363.965,00	7.353.780,00	JPI-229	368.105,00	7.348.790,00
JPI-200	364.050,00	7.353.725,00	JPI-230	367.950,00	7.348.985,00
JPI-201	364.220,00	7.353.600,00	JPI-231	367.755,00	7.349.210,00
JPI-202	363.800,00	7.353.580,00	JPI-232	367.555,00	7.349.430,00
JPI-203	364.090,00	7.353.340,00	JPI-233	367.920,00	7.349.430,00
JPI-204	364.180,00	7.353.280,00	JPI-234	368.090,00	7.349.240,00
JPI-205	364.275,00	7.353.230,00	JPI-235	368.250,00	7.349.060,00
JPI-206	364.435,00	7.353.150,00	JPI-236	368.410,00	7.348.890,00
JPI-207	364.670,00	7.353.340,00	JPI-237	368.565,00	7.348.690,00
JPI-208	364.915,00	7.353.000,00	JPI-238	368.645,00	7.348.590,00
JPI-209	365.065,00	7.352.950,00	JPI-239	368.495,00	7.348.790,00
JPI-210	365.335,00	7.352.875,00	JPI-240	368.340,00	7.348.975,00

Sondagens Jet-Probe no Canal Interno (JPIs) – Planilha 5 / 5

FURO	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)		FURO	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)	
	ESTE	NORTE		ESTE	NORTE
JPI-241	368.175,00	7.349.150,00	JPI-272	363.780,00	7.354.050,00
JPI-242	368.020,00	7.349.335,00	JPI-273	363.590,00	7.354.165,00
JPI-243	367.845,00	7.349.530,00	JPI-274	363.400,00	7.354.270,00
JPI-244	367.690,00	7.349.715,00	JPI-275	363.215,00	7.354.290,00
JPI-245	367.500,00	7.349.915,00	JPI-276	363.000,00	7.354.325,00
JPI-246	367.340,00	7.350.130,00	JPI-277	362.530,00	7.354.350,00
JPI-247	361.270,00	7.354.380,00	JPI-278	362.205,00	7.354.340,00
JPI-248	361.130,00	7.354.435,00	JPI-279	365.050,00	7.353.280,00
JPI-249	360.610,00	7.354.385,00	JPI-280	365.585,00	7.353.125,00
JPI-250	360.730,00	7.354.300,00	JPI-281	366.810,00	7.351.420,00
JPI-251	364.565,00	7.353.030,00	JPI-282	366.860,00	7.351.190,00
JPI-252	364.710,00	7.352.990,00	JPI-283	366.900,00	7.350.950,00
JPI-253	367.260,00	7.349.760,00	JPI-284	367.085,00	7.350.575,00
JPI-254	367.440,00	7.349.540,00	JPI-285	367.245,00	7.350.265,00
JPI-255	367.640,00	7.349.315,00	JPI-286	366.990,00	7.350.687,00
JPI-256	367.840,00	7.349.095,00	JPI-287	367.000,00	7.350.000,00
JPI-257	368.020,00	7.348.880,00	JPI-288	367.205,00	7.349.700,00
JPI-258	368.180,00	7.348.690,00	JPI-289	367.061,00	7.349.797,00
JPI-259	368.325,00	7.348.480,00	JPI-290	367.375,00	7.349.510,00
JPI-260	368.485,00	7.348.265,00	JPI-291	367.510,00	7.349.340,00
JPI-261	368.620,00	7.348.060,00	JPI-292	367.685,00	7.349.110,00
JPI-262	368.720,00	7.347.840,00	JPI-293	367.860,00	7.348.870,00
JPI-263	368.770,00	7.347.620,00	JPI-294	367.960,00	7.348.770,00
JPI-264	369.085,00	7.347.660,00	JPI-295	368.090,00	7.348.600,00
JPI-265	369.055,00	7.347.800,00	JPI-296	366.820,00	7.351.360,00
JPI-266	369.000,00	7.347.960,00	JPI-297	368.200,00	7.348.525,00
JPI-267	369.100,00	7.347.155,00	JPI-298	367.895,00	7.346.115,00
JPI-268	368.880,00	7.348.230,00	JPI-299	367.800,00	7.346.075,00
JPI-269	368.800,00	7.348.365,00	JPI-300	367.718,00	7.346.042,00
JPI-270	365.840,00	7.352.675,00	JPI-301	367.085,00	7.346.097,00
JPI-271	363.860,00	7.353.950,00	JPI-302	367.000,00	7.346.112,00

Duas duplas de mergulhadores revezaram-se na execução de todo o trabalho, respeitando os tempos e profundidades de fundo, preconizados nas tabelas de mergulho e normas específicas, de acordo com os controles efetuados, diretamente a bordo, pelo Supervisor de Mergulho, como ilustra a Figura 42 abaixo.

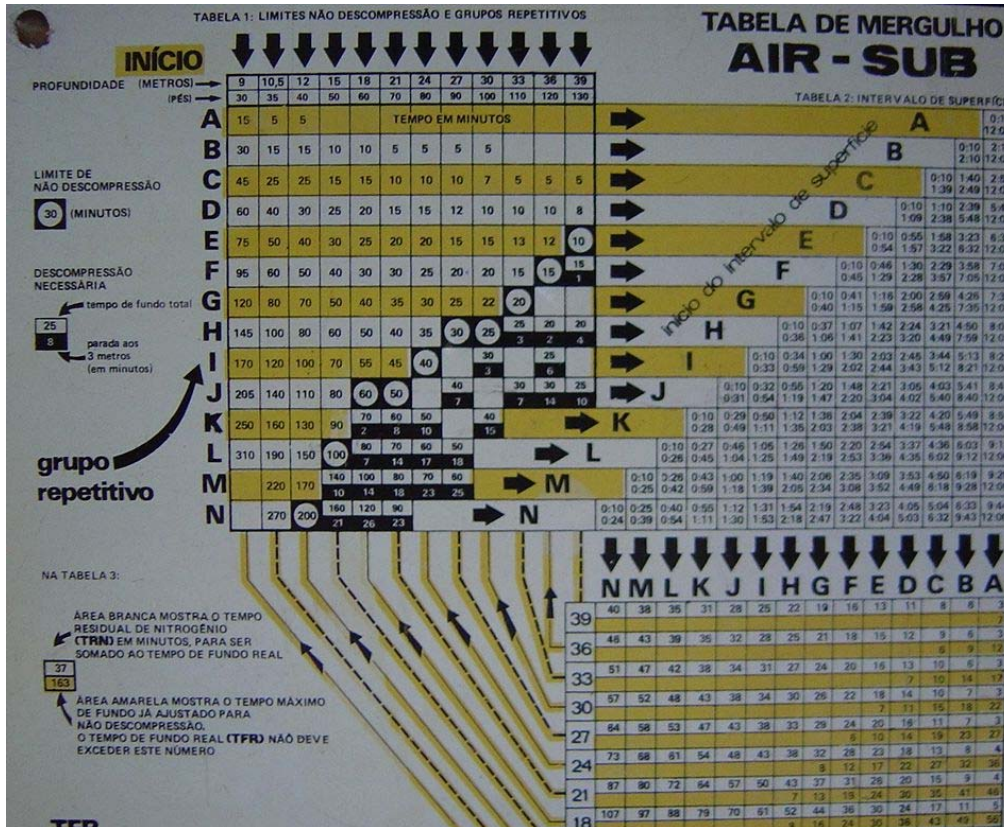


Figura 42: Tabela de Mergulho utilizada nos serviços.

Principalmente face ao intenso tráfego marítimo e estuarino, existente no canal de Santos, os mergulhadores, durante todas as operações de fundo, estiveram permanentemente monitorados, por fonia e circuito fechado de TV, visando garantir a sua própria integridade pessoal e evitar eventuais interferências à navegação, tornando possível abortar a sondagem e providenciar o imediato afastamento do local, todas as vezes em que houve necessidade.

O uso de tal tecnologia propiciou, também, o controle da qualidade dos serviços de perfuração subaquática realizados, permitindo, à Coordenação Técnica e à equipe de bordo, interagirem com os mergulhadores em tempo real, intervindo e corrigindo a execução de tarefas, transmitindo instruções e determinando a continuidade ou a interrupção das operações de fundo, sempre que necessário.

Na página seguinte, Figuras 43 e 44, ilustrações sobre a tecnologia utilizada nos serviços de perfuração e mergulho, nos canais externo e interno de Santos.



Figura 43: Monitoramento do trabalho dos mergulhadores pela equipe de bordo, através de radiofonia e circuito de TV, com gravação em DVD.



Figura 44: Sistema de controle de profundidade de precisão, acoplado a registros de fornecimento de ar aos mergulhadores. Em primeiro plano, amostras coletadas, já acondicionadas, para posterior envio ao laboratório de campo.

Visando a segurança à navegação, a execução dos serviços e sua localização foram prévia e detalhadamente informadas à Capitania dos Portos de Santos, para a devida publicação em “Avisos aos Navegantes”.

Outro não menos importante procedimento adotado, visando à segurança das equipes de bordo e de operação subaquática, foram os contatos previamente efetuados com a Direção da Praticagem do Porto de Santos, no qual foram detalhadamente informadas as atividades de perfuração que se necessitava realizar, ao longo dos canais externo e interno.

Com esta atitude, foi possível traçar, em comum acordo, uma estratégia de ação em tempo real, prioritariamente baseada na informação e na comunicação diárias, com o auxílio de telefonia celular e de rádios transceptores permanentemente sintonizados nos canais 16 e 11 – respectivamente, o canal internacional de chamada e o canal exclusivo de operação da Praticagem de Santos –, o que se mostrou extremamente eficaz, tanto no planejamento cotidiano das perfurações executadas, com seus eventuais remanejamentos, quanto na prevenção de possíveis acidentes.

9.3. AMOSTRAS COLETADAS

Foram coletadas cerca de 2.600 amostras de solos, devidamente acondicionadas em sacos plásticos transparentes e resistentes, que, juntamente com os boletins individuais de campo, foram encaminhadas a um local específico, objetivando posterior avaliação e destinação finais.

A seguir, nas Figuras 45 a 49, alguns aspectos do trabalho realizado.



Figura 45: Aspecto das operações de sondagem jet-probe.



Figura 46: Deslocamento para o local da próxima sondagem, mergulhadores prontos para entrar em ação, no canal interno, proximidades da Torre Grande.



Figura 47: Aspecto das operações de sondagem jet-probe, no canal externo de Santos.



Figura 48: Cruzamento de dois navios, próximos ao local da sondagem (visto do barco de posicionamento dos furos). Aspecto rotineiro durante as operações de mergulho, tanto no canal interno quanto no externo. Total controle e ausência de acidentes, em função dos entendimentos prévios e da comunicação permanente com a Praticagem de Santos.



Figura 49: Detalhe de parte do equipamento de perfuração por jet-probe, usado nos serviços.

10. SONDAGENS A PERCUSSÃO

10.1. METODOLOGIA

As sondagens geotécnicas a percussão obedeceram às normas da Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT e da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental – ABGE, sendo utilizados dois processos para o avanço do furo, conforme a seguir:

- perfuração por penetração dinâmica; e
- perfuração por circulação de água.

a) Perfuração por Penetração Dinâmica

Neste processo, no qual é realizada a extração de amostras deformadas, o avanço do furo ocorre pela cravação de um amostrador padrão de 34,9 mm (1 3/8”) e 50,8 mm (2”), de diâmetros interno e externo, respectivamente.

A cravação desse amostrador é feita por meio de golpes de um martelo de 65 Kg caindo, em queda livre, de uma altura de 75 cm. Durante esta cravação é registrado o número de golpes necessário para fazê-lo penetrar 45 cm no terreno, divididos em três segmentos de 15 cm cada.

As somas dos golpes das duas primeiras e das duas últimas etapas de 15 cm, ou seja, dos 30 cm iniciais e dos 30 cm finais da cravação, são apresentados sob a forma de tabela e gráfico nos perfis individuais de sondagem.

O número de golpes necessários para fazer o amostrador penetrar os 30 cm finais da cravação é denominado “Standard Penetration Test” (SPT) ou, simplesmente, ensaio de penetração.

b) Perfuração por Circulação de Água

Neste sistema, o avanço do furo ocorre pela força da água que, bombeada através de hastes de 1” para o interior do furo revestido por tubos de 2 ½” ou 3”, retorna à superfície pelo espaço anelar situado entre a parede do furo e o conjunto de hastes, carreando os detritos, que são recolhidos em recipiente de decantação e classificados de acordo com a nomenclatura da ABNT.

O avanço do furo, por este método, se processa nos 55cm posteriores aos 45cm do avanço por penetração dinâmica, no sentido de se complementar o total de 1m perfurado, quando então é realizado um novo ensaio de penetração dinâmica.

10.2. EXECUÇÃO DOS FUROS

Objetivando complementar as informações fornecidas pelos levantamentos geofísicos e pelas sondagens jet-probe, foi realizada uma campanha de 60 (sessenta) sondagens geotécnicas a percussão, distribuídas em consonância com a Fiscalização da CODESP, a fim de identificar eventuais ocorrências de sedimentos de maior consistência ou do

próprio embasamento rochoso, de acordo com os termos do contrato firmado com a CODESP

A seguir, são listadas as coordenadas UTM, no Datum WGS-84, dos furos a percussão executados, com informações expeditas sobre a proximidade geográfica de cada um.

Sondagens a Percussão no Canal Interno (SPs) – Planilha 1 / 2

Sondagem	Coordenadas UTM		Proximidade
	(WGS-84)		
	Este	Norte	
SP-01	361.722,00	7.354.297,00	Ilha dos Bagres / ME / BLE-9
SP-02	362.288,00	7.354.083,00	Ilha dos Bagres / MD / BLV-6
SP-03	362.645,00	7.354.042,00	Ilha dos Bagres / MD / BLV-6
SP-04	363.011,00	7.354.000,00	Ilha dos Bagres / MD / BLV-6 e 4
SP-05 = JPI-138	363.361,00	7.353.896,00	Ilhas dos Bagres/Barnabé / MD / BLV-4
SP-06 = JPI-132	363.509,00	7.353.772,00	Ilha Barnabé / MD / BLV- 4 e 2
SP-07 = JPI-124	363.515,00	7.353.547,00	Ilha Barnabé / MD / BLV-2
SP-08	363.630,00	7.353.650,00	Ilha Barnabé / MD / BLV-2
SP-09 = JPI-272	363.770,00	7.354.054,00	Ilha Barnabé / ME / BLE-3
SP-10	364.011,00	7.353.815,00	Ilha Barnabé / ME / BLE-1
SP-11	364.294,00	7.353.630,00	Ilha Barnabé / ME / abaixo da BLE-1
SP-12 = JPI-116	364.105,00	7.353.202,00	Ilha Barnabé / MD
SP-13	364.185,00	7.353.048,00	Ilha Barnabé / MD
SP-14	364.781,45	7.352.925,58	Valongo/Paquetá / MD
SP-15	365.236,00	7.353.305,00	Ilha Barnabé / ME
SP-16	365.581,00	7.353.294,00	Área de Fundeio Interna / ME
SP-17	365.825,00	7.353.187,00	Área de Fundeio Interna / ME
SP-18	366.153,00	7.353.087,00	Área de Fundeio Interna / ME
SP-19	366.421,00	7.352.887,00	Área de Fundeio Interna/Pte.Ferrov./ ME
SP-20	366.612,00	7.352.704,00	Área de Fundeio Interna/Pte.Ferrov./ ME
SP-21	366.788,00	7.352.381,00	Pte. Ferroviária/Term.de Barcas / ME
SP-22 = JPI-285	367.247,89	7.350.262,73	Torre Grande / ME
SP-23	367.458,09	7.349.993,54	Jusante da Torre Grande / ME
SP-24	367.660,65	7.349.792,86	Jusante da Torre Grande / ME
SP-25 = JPI-281	366.806,70	7.351.398,22	Entre Ponta do 12 e Torre / ME
SP-26 = JPI-282	366.862,41	7.351.189,08	Entre Ponta do 12 e Torre / ME
SP-27 = JPI-283	366.905,20	7.350.952,03	Entre Ponta do 12 e Torre / ME
SP-28 = JPI-284	367.078,22	7.350.579,39	Torre Grande / ME
SP-29	368.614,88	7.348.787,10	Tecon / Terminal de Grãos / ME
SP-30 = JPI-294	367.955,44	7.348.772,50	Arm. 33 / MD

Sondagens a Percussão no Canal Interno (SPs) – Planilha 2 / 2

Sondagem	Coordenadas UTM		Proximidade
	(WGS-84)		
	Este	Norte	
SP-31 = JPI-293	367.868,84	7.348.858,92	Arm. 32/33 / MD
SP-32 = JPI-274	363.398,31	7.354.275,11	Ilhas dos Bagres e Barnabé / ME
SP-33 = JPI-275	363.213,99	7.354.294,54	Ilhas dos Bagres e Barnabé / ME
SP-34 = JPI-276	363.000,82	7.354.329,34	Ilha dos Bagres / ME
SP-35 = JPI-277	362.540,58	7.354.354,09	Ilha dos Bagres / BLE-7 / ME
SP-36 = JPI-278	362.205,57	7.354.340,18	Ilha dos Bagres / ME
SP-37	361.405,78	7.354.443,24	Entre BLEs 9 e 11 / ME
SP-38	361.173,99	7.354.577,94	BLE-11 / ME
SP-39	360.738,23	7.354.645,06	BLE-13 / ME
SP-40 = JPI-291	367.505,12	7.349.347,39	Arm. 30 / MD
SP-41 = JPI-290	367.389,89	7.349.507,23	Arm. 29 / Moinho / MD
SP-42 = JPI-288	367.207,56	7.349.714,99	Capitania dos Portos / MD
SP-43 = JPI-289	367.053,30	7.349.801,29	Capitania dos Portos / MD
SP-44 = JPI-287	367.010,32	7.350.001,80	Torre Grande / MD
SP-45 = JPI-219	366.856,74	7.350.377,97	BLV / Teffé / MD
SP-46	360.411,88	7.354.542,82	BLV-8 / MD
SP-47 = JPI-156	362.478,17	7.354.090,00	BLV-6 / MD
SP-48 = JPI-148	362.856,40	7.354.020,85	Entre BLVs 4 e 6 / MD
SP-49 = JPI-142	363.174,84	7.354.011,37	BLV-4 / MD
SP-50 = JPI-150	362.796,01	7.354.314,83	Ilha dos Bagres / BLE-7 / ME
SP-51 = JPI-273	363.599,39	7.354.177,53	Ilhas dos Bagres e Barnabé / BLE-5 / ME
SP-52	365.394,59	7.353.290,84	Área de Fundeio Interna / ME
SP-53 = JPI-087	365.648,43	7.353.215,25	Área de Fundeio Interna / ME
SP-54 = JPI-216	366.001,39	7.353.096,73	Área de Fundeio Interna / ME
SP-55	366.264,57	7.353.000,59	Área de Fundeio Interna / ME
SP-56	366.503,00	7.352.782,00	Ponte Ferroviária / ME
SP-57	366.659,13	7.352.585,46	Ponte Ferroviária / ME
SP-58	364.612,71	7.352.997,17	Saboó / MD
SP-59 = JPI-292	367.684,29	7.349.122,63	Arm. 31/32 / MD
SP-60 = JPI-295	368.094,21	7.348.593,53	Arm. 34 / MD

10.3. AMOSTRAS COLETADAS

Foram coletadas cerca de 600 amostras de solos, devidamente acondicionadas em sacos e potes plásticos transparentes, que, juntamente com os boletins individuais de campo, foram encaminhadas a um local específico, objetivando posterior avaliação e destinação finais.

A seguir, as Figuras 50 e 51, ilustram aspectos do trabalho executado.



Figura 50: Flutuantes de sondagem a percussão, em operação de reboque para a área dos trabalhos.



Figura 51: Sondagem a percussão em andamento, nas proximidades da Ponte Ferroviária, no canal interno do Porto de Santos.

11. POSICIONAMENTO DOS SERVIÇOS DE CAMPO

11.1. METODOLOGIA

O posicionamento das embarcações utilizadas para a execução dos levantamentos sísmico, batimétrico, sonográfico e das sondagens por jet-probe e a percussão, foi feito através de equipamentos que utilizam tecnologia baseada no sistema de satélites GPS (Global Positioning System).

Foi utilizado um conjunto de equipamentos que, no modo de operação DGPS em tempo real, e dentro de características operacionais rigidamente mantidas, obtém uma precisão instantânea melhor do que 1 (um) metro, denominada de precisão submétrica. Isto equivale a um erro de posição inferior a 0,5 mm (cinco décimos de milímetro) na escala de 1:2.000, ou seja, três vezes menor do que o exigido, para esta escala, pelo Bureau Hidrográfico Internacional (BHI).

Com a informação da posição da lancha de sondagem, de forma instantânea e precisa, o computador de bordo indicava ao timoneiro a trajetória real executada dentro das seções geofísicas previamente programadas e os pontos exatos para a realização de cada furo programado, evitando falhas ou superposições desnecessárias no levantamento e aumentando a eficiência dos serviços. O datum horizontal adotado foi o WGS-84, com projeção Mercator, sistema UTM.

11.2. EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

Foram utilizadas equipes de posicionamento, completas e independentes, para o atendimento simultâneo às diversas frentes de trabalho, tanto nos serviços de perfuração por jet-probe e a percussão, quanto nos levantamentos geofísicos (batimetria, perfilagem sísmica e sonografia).

Durante tais serviços, as equipes de posicionamento estiveram permanentemente sintonizadas mediante comunicação via telefonia celular ou rádio, visando mútuo acionamento, para deslocar-se de uma frente de trabalho a outra, priorizando sua atuação, de sorte a não causar atrasos ou descontinuidades nos trabalhos.

São mostrados, na Figura 52, a seguir, aspectos das operações de posicionamento dos trabalhos de sondagem por jet-probe e a percussão.



Figura 52: Aspectos da operação de posicionamento das sondagens por jet-probe e a percussão.

12. ANÁLISE DAS AMOSTRAS COLETADAS

As amostras extraídas nas sondagens por jet-probe e a percussão, foram classificadas geologicamente, de acordo com a norma da ABNT, em laboratório de campo, instalado com essa finalidade, a fim de determinar, em cada furo, aquelas com características sedimentológicas semelhantes, permitindo a elaboração de boletins individuais finais, com os dados analisados.

Concluídos os trabalhos de verificação e análise das amostras, estas foram definitivamente destinadas e entregues aos cuidados da Fiscalização da CODESP.

Adiante, na Figura 53, aspectos dos trabalhos de análise das amostras coletadas nos serviços de perfuração.



Figura 53: Aspectos do trabalho de análise de amostras em laboratório montado no campo.

13. ANÁLISE INTEGRADA DE DADOS

Já durante os trabalhos de interpretação dos levantamentos geofísicos e, principalmente no decorrer e após a execução das sondagens por jet-probe e a percussão, foram realizadas avaliações à luz dos resultados obtidos e do modelo geológico estabelecido para a região, com a conseqüente integração dos dados geofísicos e geotécnicos, objetivando compreender a estratigrafia do estuário santista e suas possíveis interferências com o projeto de infra-estrutura aquaviária pretendido.

As tarefas pertinentes à integração dos dados foram efetuadas dinamicamente, embora de forma bastante preliminar, durante parte dos serviços de interpretação dos levantamentos geofísicos e geológicos, mas, de forma mais efetiva, principalmente após a conclusão de todos os serviços de campo, incluindo as análises dos solos coletados nas sondagens a percussão e por jet-probe, com vistas a subsidiar, em nível conceitual, o Projeto de Infra-Estrutura Aquaviária, a cargo do INPH.

Objetivando a análise crítica dos dados obtidos, foi elaborada a “**Planta de Integração de Dados Geofísicos e Geológicos do Canal de Acesso ao Porto de Santos**”, na escala 1:5.000 (5 desenhos), em anexo, na qual foram integrados resultados e elementos das avaliações sobre os seguintes produtos gerados, todos descritos no item 16 – “Apresentação dos Resultados Finais”:

13.1. ELEMENTOS DE BATIMETRIA

Foram aproveitados elementos (profundidades e isóbatas) relativos a levantamentos batimétricos de dois períodos distintos – de Fevereiro/2006 (INPH) e Setembro/Outubro/2007 (CENTRAN) –, com a finalidade de recobrir trechos dos canais externo e interno, não investigados na última batimetria por não terem sido previstos ou especificados pela CODESP, no respectivo Contrato DP/22.2006.

Tais elementos estão representados em planta no tom cinza claro, para facilitar a visualização dos outros elementos sobrepostos.

13.2. ELEMENTOS DE PERFILAGEM SÍSMICA CONTÍNUA

Foram introduzidos os valores de profundidades dos refletores acústicos e anomalias interpretadas, conforme observadas nas plantas de Interpretação Sísmica, no ANEXO X.

13.3. ELEMENTOS DAS SONDAGENS EXECUTADAS

Foram lançadas em planta, as posições de todas as sondagens jet-probe e a percussão realizadas, presentes nas plantas de Locação de Furos, em anexo, porém sem a sua respectiva denominação.

Isto foi necessário em razão da grande densidade de informações no desenho, que passou a dificultar a visualização e compreensão dos eventos representados, levando à decisão de priorizar a manutenção das informações mais importantes – neste caso, as profundidades máximas alcançadas em cada furo executado – em detrimento da denominação dos furos, já constantes nas mencionadas plantas de Locação de Furos.

13.4. PERFIS GEOLÓGICO-GEOFÍSICOS

Estão representados na Planta de Integração de Dados Geofísicos e Geológicos, 42 (quarenta e dois) perfis geológico-geofísicos, elaborados com os dados batimétricos, sísmicos e geotécnicos (sondagens a percussão e jet-probe) subordinados às seções selecionadas ou próximas a estas.

No traçado das interfaces entre as camadas, foram utilizados, sempre que possível, os refletores acústicos interpretados na perfilagem sísmica contínua, associando-os aos dados geológicos oriundos das sondagens por jet-probe e a percussão.

Para a confecção de tais perfis, foram estabelecidas e convencionadas, dentre outras, as seguintes premissas, materializadas nas respectivas legendas, a saber:

- **AREIA:** designação genérica adotada para todas as descrições, presentes nos boletins dos furos, que indicam predominância da fração AREIA na composição da amostra. Simbolizada com a cor amarela, nas verticais de cada sondagem.
- **ARGILA:** designação genérica adotada para todas as descrições, presentes nos boletins dos furos, que indicam predominância da fração ARGILA na composição da amostra, exceto “argila arenosa” ou “argila muito arenosa”. A descrição “argila pouco arenosa” foi assumida como ARGILA. Simbolizada com a cor cinza, nas verticais das sondagens.
- **ARGILA ARENOSA:** designação genérica adotada para todas as descrições, presentes nos boletins dos furos, que, embora indicando predominância da fração ARGILA na composição da amostra, tenham sido descritas como “argila arenosa” ou “argila muito arenosa”. Simbolizada com a cor marrom alaranjada, nas verticais das sondagens.
- **CAMADA DE ARGILA:** representada em cinza, na evolução interpretada das camadas, engloba a designação genérica de ARGILA, descrita acima.
- **CAMADA DE AREIA/ARGILA ARENOSA:** representada em amarelo, na evolução interpretada das camadas, engloba as designações genéricas de AREIA e ARGILA ARENOSA, descritas anteriormente.

As anomalias e refletores acústicos, representados, neste trabalho, pelos elementos descritos no item 8 (Perfilagem Sísmica Contínua), e presentes na elaboração destes perfis geológico-geofísicos, estão prioritariamente associadas, segundo Meyer, Lessa & Ramos⁷, a “*um ou mais campos de força físicos, que devem, posteriormente, ser traduzidas em termos geológicos*”.

Estes autores lembram, ainda, que a “*geofísica não localiza corpos geológicos definidos e específicos, mas fornece somente a distribuição de determinados parâmetros físicos, que deve ser interpretada em termos geológicos, muitas vezes de maneira conservadora*”, e que, em virtude “*dos fenômenos geológicos serem, geralmente, gradacionais através de todos os graus e entre amplos limites, impõe-se a necessidade de calibração desses*

⁽⁷⁾ Meyer, V.L.O, Lessa, G. & Ramos, R.G.N., *Geofísica Aplicada à Engenharia Civil: Algumas Considerações*, In: 1º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, ABGE, Anais (Vol. 1, pp. 199-208), Rio de Janeiro-RJ, 1976.

dados físicos, através do conhecimento de um número suficiente das variáveis geológicas da área em estudo”.

Isto quer dizer que não existe, necessariamente, uma correspondência biunívoca entre dados geofísicos e geológicos, pois os parâmetros físicos atuantes num determinado meio (camada de solo) atravessado por ondas acústicas, comumente oferecem uma resposta diversa à análise puramente geológica desse mesmo meio físico, levando à necessidade de correlacionar, sempre da forma mais criteriosa possível, inúmeras variáveis a fim de alcançar alguma conclusão satisfatória.

Tendo esta questão bem esclarecida, em alguns destes perfis foi notada uma clara correspondência entre um ou outro refletor acústico interpretado e as interfaces entre as camadas de sedimentos.

Entretanto, e de forma mais acentuada, observa-se uma nítida associação entre “níveis” de maior compacidade e/ou consistência dos solos investigados em sondagens jet-probe (anotadas com base nas informações de cunho qualitativo dos mergulhadores) e tais refletores (perfis geológico-geofísicos “F” e “G”), levando à suposição de que tais camadas de solos poderiam ser mais facilmente correlacionáveis a parâmetros como índices de resistência dos solos, o que, infelizmente, demandaria muito maior tempo para análise e a necessidade de estudos muito mais detalhados, fugindo ao escopo do presente trabalho e do Contrato firmado com a CODESP.

Assim, somente a partir desta “Planta de Integração de Dados”, com todos os elementos possíveis visualizados e criticamente analisados, foi traçado o canal de maior largura possível (Alternativa **B**), tendo como fatores prioritariamente balizadores a avaliação da geologia de fundo e de subsuperfície, bem como os diversos acidentes geográficos limitantes, presentes nas margens e na conhecida conformação do Estuário Santista, incluindo-se aí a área da Barra e o próprio canal externo, que se abrem à Baía de Santos.

Esta planta serviu, também, à consolidação do traçado do canal de 220m (Alternativa **A**), circunscrito aos limites da Alternativa **B**, uma opção mais realística e exeqüível, considerando os menores custos envolvidos.

Nas páginas seguintes são listadas as coordenadas, no sistema UTM, Datum WGS-84, dos pontos inicial e final de cada perfil geológico-geofísico elaborado.

Seção	Margem	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)	
		ESTE (m)	NORTE (m)
S-341	E	369.005,00	7.347.971,33
	D	368.575,00	7.347.825,00
S-363	E	368.807,20	7.348.480,00
	D	368.375,00	7.348.196,69
S-383	E	368.463,65	7.348.945,00
	D	368.055,89	7.348.590,00
S-403	E	368.125,00	7.349.315,75
	D	367.741,36	7.348.975,00
S-429	E	367.685,77	7.349.795,00
	D	367.360,00	7.349.505,65
S-461	E	367.185,00	7.350.381,43
	D	366.880,00	7.350.186,94
S-467	E	367.135,00	7.350.512,52
	D	366.793,97	7.350.325,00
S-488	E	366.935,00	7.350.962,58
	D	366.555,00	7.350.828,82
S-511	E	366.825,00	7.351.490,71
	D	366.432,73	7.351.425,00
S-517	E	366.835,00	7.351.640,92
	D	366.405,00	7.351.575,22
S-527	E	366.795,00	7.351.880,10
	D	366.355,00	7.351.827,14
S-555	E	366.590,00	7.352.714,48
	D	366.225,00	7.352.412,19
S-577	E	366.019,75	7.353.120,00
	D	365.790,22	7.352.575,00
S-614	E	365.086,05	7.353.365,00
	D	364.915,80	7.352.745,00
S-643	E	364.453,27	7.353.560,00
	D	364.187,48	7.353.080,00
S-675	E	363.948,12	7.354.070,00
	D	363.430,00	7.353.564,98
S-707	E	363.038,39	7.354.370,00
	D	362.995,82	7.353.860,00
S-728	E	362.500,47	7.354.375,00
	D	362.500,76	7.353.960,00
S-773	E	361.425,66	7.354.475,00
	D	361.330,00	7.353.866,12

Perfil	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)	
	ESTE (m)	NORTE (m)
A	360.330,00	7.354.585,00
A'	364.035,00	7.353.830,00
B	360.515,00	7.354.780,00
B'	362.025,00	7.353.900,00
C	363.110,00	7.354.370,00
C'	364.865,00	7.352.800,00
D	364.565,00	7.352.915,00
D'	366.285,00	7.352.980,00
E	363.900,00	7.353.675,00
E'	366.665,00	7.352.590,00
F	366.420,00	7.352.895,00
F'	366.515,00	7.350.970,00
G	366.450,00	7.352.580,00
G'	366.960,00	7.349.980,00
H	367.010,00	7.350.000,00
H'	368.705,00	7.348.705,00
I	367.250,00	7.350.260,00
I'	368.900,00	7.347.620,00
J	366.855,00	7.346.005,00
J'	365.865,00	7.346.040,00
K	365.800,00	7.346.145,00
K'	365.435,00	7.345.735,00
L	364.400,00	7.345.500,00
L'	364.690,00	7.345.270,00

Perfil	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)	
	ESTE (m)	NORTE (m)
M	364.365,00	7.345.425,00
M'	364.170,00	7.344.550,00
N	364.125,00	7.344.965,00
N'	363.240,00	7.342.615,00
O	363.590,00	7.343.775,00
O'	363.580,00	7.343.045,00
P	363.470,00	7.342.815,00
P'	362.765,00	7.340.900,00
Q	363.165,00	7.342.620,00
Q'	363.455,00	7.342.620,00
R	363.210,00	7.342.685,00
R'	362.375,00	7.340.505,00
S	362.760,00	7.340.900,00
S'	361.855,00	7.338.525,00
T	362.675,00	7.340.985,00
T'	361.530,00	7.337.915,00
U	362.470,00	7.340.770,00
U'	362.465,00	7.340.085,00
V	362.255,00	7.339.465,00
V'	361.905,00	7.339.275,00
X	361.780,00	7.338.925,00
X'	361.915,00	7.338.600,00

13.5. COMPARATIVO SPT X PROFUNDIDADE DE JET-PROBE

Objetivando fornecer subsídios aos cálculos de volumes diferenciados por tipos de sedimentos, optou-se por associar as profundidades máximas atingidas nas sondagens por jet-probe com as resistências à penetração (SPT), relacionadas aos mesmos níveis obtidos em sondagens a percussão. Para isto, foram comparados os resultados de 22 (vinte e dois) pares de sondagens, por jet-probe e a percussão, realizados em posições sobrepostas ou muito próximas entre si, de acordo com a tabela a seguir:

Resistência à Penetração x Profundidade Jet-Probe (SPT x máximas penetrações jet-probe)

Sondagem Jet-Probe		Sondagem a Percussão	
Furo	Prof. DHN (m)	Furo	SPT
JPI-159	14,10	SP-02	2
JPI-153	11,50	SP-03	6
JPI-138	9,80	SP-05	0,4
JPI-132	8,80	SP-06	1,8
JPI-124	18,00	SP-07	5
JPI-272	12,50	SP-09	0
JPI-116	18,20	SP-12	5
JPI-085	12,00	SP-17	1,6
JPI-274	9,50	SP-32	0
JPI-275	9,90	SP-33	0
JPI-276	9,30	SP-34	0
JPI-277	9,10	SP-35	0
JPI-278	9,60	SP-36	0
JPI-177	12,40	SP-39	0
JPI-156	9,60	SP-47	0,9
JPI-148	10,50	SP-48	0,7
JPI-142	12,00	SP-49	1,3
JPI-150	14,80	SP-50	1,9
JPI-273	12,70	SP-51	0
JPI-087	13,10	SP-53	0
JPI-216	13,50	SP-54	3,5
JPI-251	15,90	SP-58	1,8

Esta comparação permitiu assumir, por extrapolação e para toda a região investigada, uma caracterização estimativa, sobre a resistência à penetração (SPT) em sedimentos atravessados por sondagens jet-probe, uma vez que este método não fornece tal tipo de informação.

A título de visualização, os dados mostrados na tabela anterior são ilustrados na figura a seguir:

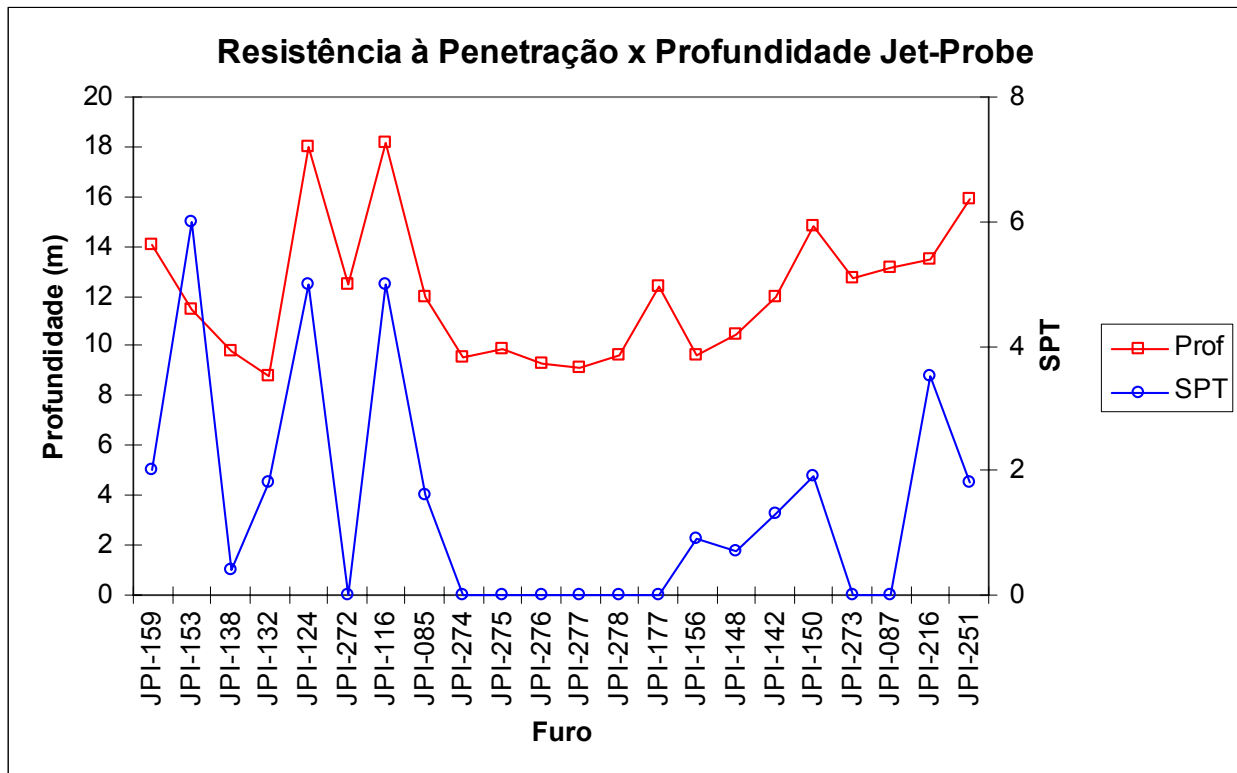


Figura 54: Gráfico comparativo entre profundidades máximas alcançadas em sondagens jet-probe, associadas a informações de SPT, obtidas em idênticas profundidades, em sondagens a percussão contíguas ou sobrepostas.

Pela análise do gráfico apresentado, verifica-se a aparente coerência dos dados observados, que mostram uma tendência geral de variação da resistência à penetração (SPT), extraída de sondagens a percussão, em função da profundidade alcançada em furos jet-probe contíguos.

A associação entre SPT e profundidades máximas, atingidas nas sondagens por jet-probe, foi utilizada para auxiliar na elaboração de cálculos volumétricos diferenciados, descritos no próximo item, que procura definir os volumes de sedimentos a serem dragados, dentro das seguintes categorias gerais:

- **Sedimentos com SPT \leq 6 golpes:** sedimentos que, independentemente da sua natureza mais arenosa ou argilosa, podem ser considerados como solos mais facilmente removíveis, pelos métodos de dragagem comumente utilizados (dragas autotransportadoras); e
- **Sedimentos com SPT $>$ 6 golpes:** sedimentos que, independentemente da sua natureza mais arenosa ou argilosa, podem ser entendidos como solos com maior dificuldade relativa de remoção, considerando os métodos de dragagem comumente utilizados (dragas autotransportadoras).

Não foi possível, diante da distribuição dos resultados alcançados e em respeito ao escopo dos serviços, associar tal simulação a outras categorias de sedimentos segundo a sua resistência, embora se saiba da existência de solos mais consistentes, em áreas próximas aos berços de atracação, que devem ser melhor investigadas.

14. CÁLCULOS VOLUMÉTRICOS

14.1. METODOLOGIA DE CÁLCULO DE VOLUMES POR DIFERENÇA DE MDT

A metodologia adotada na determinação dos volumes foi baseada na geração e comparação de Modelos Digitais de Terreno (MDT) para as áreas de interesse.

Um arquivo de MDT representa o leito submerso pela superfície modelada através de ternos (X, Y, Z) – coordenadas da posição (XY), profundidade (Z), dispostos de maneira uniforme sobre um plano cartesiano, ou seja, numa malha com espaçamento constante nas direções X e Y.

Para que o MDT gerado fosse considerado como uma representação aceitável da superfície real sendo modelada, foram empregados critérios de avaliação que determinam, de forma quantitativa, o quanto o modelo se aproxima da superfície real.

O critério aqui adotado foi limitar o desvio padrão, existente entre as profundidades do modelo e as profundidades reais obtidas no levantamento batimétrico, à precisão do processo de batimetria empregado. Como a precisão normalmente adotada para este tipo de levantamento é de 10cm, este foi, então, o valor máximo adotado para o desvio padrão entre as profundidades reais coletadas e as modeladas.

Após o processo de geração e consistência do MDT da área em estudo, foram utilizados programas que calculam os volumes existentes entre as superfícies modeladas.

Todos os cálculos de volumes efetuados neste estudo baseiam-se na diferença entre o MDT gerado a partir dos dados dos levantamentos batimétricos e das sondagens geológicas em relação ao MDT do projeto.

Os valores de referência para as avaliações de dragagem são aqueles obtidos da comparação entre os modelos dos levantamentos batimétricos e sondagens geológicas, associados aos modelos das opções de projetos geométricos (Alternativas **A** e **B**).

A planilha, contendo os resultados dos cálculos, apresenta os volumes a dragar considerando-se os levantamentos batimétricos e sondagens geológicas atuais e os projetos apresentados pelo INPH/CENTRAN.

Os volumes foram calculados dentro dos limites das áreas cobertas pelos levantamentos batimétricos e sondagens geológicas.

14.2. DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS

Tendo por base os resultados obtidos nos levantamentos realizados no período de Setembro a Dezembro de 2006, foram definidos traçados e parâmetros de alternativas de projeto para dragagem.

Os cálculos executados objetivaram a determinação dos volumes a dragar para as diversas alternativas de projeto, nas áreas referentes ao canal de acesso interno e

externo ao Porto de Santos, com detalhamento nas áreas das Pedras de Teffé, Barroso e Itapema.

Em função dos resultados obtidos nos levantamentos geológicos básicos – sísmica rasa, batimetria, sonografia e sondagens a percussão e por jet-probe –, os materiais a serem dragados foram quantificados até as cotas definidas em projeto (Contrato DP/22.2006), através da execução de cálculos de volume, com suporte em programas voltados à modelagem digital de terrenos, considerando-se as superfícies identificadas após o processamento e a interpretação dos levantamentos.

Os cálculos foram executados tendo por base tais levantamentos geológicos básicos, realizados pela FRF/CENTRAN/INPH no período de Setembro a Dezembro de 2006, e também os resultados do detalhamento das áreas de rochas e respectivas sondagens geológicas executados por terceiros, conforme recebidos da CODESP.

As superfícies de fundo e subfundo, obtidas com a interpretação dos levantamentos foram utilizadas na obtenção de Modelos Digitais de Terreno (MDT), que subsidiaram cálculos de volumes de dragagem e/ou derrocagem, necessários à elaboração do Projeto de Infra-Estrutura Aquaviária.

14.3. GERAÇÃO DE PERFIS INTEGRADOS

O ANEXO IV apresenta 42 (quarenta e dois) perfis integrando informações dos levantamentos sísmicos, batimétricos e geológicos (sondagens jet-probe e a percussão), realizados na área do canal de acesso interno e externo do Porto de Santos. Estes perfis correspondem a seções de corte definidas nas áreas de maior interesse para a pesquisa e análise do pacote sedimentar, objeto da retirada por dragagem.

Os perfis sísmicos e batimétricos foram gerados através de cortes transversais aos modelos digitais do terreno e os perfis geológicos foram extraídos das informações fornecidas nos boletins das sondagens por jet-probe e a percussão, obtidos dos levantamentos executados pelo CENTRAN/INPH.

14.4. GERAÇÃO DOS MODELOS

Foram gerados Modelos Digitais de Terreno (MDT) das alternativas de projeto dos traçados para os canais de acesso, executando-se os cálculos a partir das seguintes definições geométricas:

- limites das soleiras dos canais,
- profundidades de projeto e
- inclinação dos taludes.

Foram gerados os MDTs relativos às seguintes definições de projeto para as áreas em estudo:

Projeto Alternativa A:

• Profundidades de Projeto:	14m, 15m, 16m e 17m
• Tolerância Vertical:	0,40m
• Tolerância Horizontal:	2,40m
• Inclinação dos Taludes:	1:6

Projeto Alternativa B:

• Profundidades de Projeto:	15m, 16m e 17m
• Tolerância Vertical:	0,40m
• Tolerância Horizontal:	2,40m
• Inclinação dos Taludes:	1:6

14.5. GERAÇÃO DO MODELO BATIMÉTRICO

O MDT da situação atual dos acessos ao porto foi gerado tendo por base o arquivo XYZ obtido da integração dos levantamentos batimétricos realizados pelo CENTRAN, entre Setembro e Outubro de 2006, e pelo INPH, em Fevereiro de 2006.

O desvio-padrão obtido, para as profundidades do modelo em relação às profundidades obtidas nos levantamentos batimétricos, foi de 8cm.

Os ANEXOS V e VI apresentam desenhos representativos deste modelo, respectivamente em duas e três dimensões, divididos nas áreas dos canais de acesso interno e externo, para uma avaliação visual qualitativa da morfologia de fundo obtida pela modelagem.

14.6. GERAÇÃO DOS MODELOS DAS PEDRAS

O MDT da superfície estrutural das formações rochosas do Barroso, de Teffé e de Itapema foi gerado tendo por base os boletins das sondagens geológicas, executadas pela empresa HIDROTOPO, em Novembro/2006, conforme fornecidas pela CODESP.

O arquivo XYZ utilizado na geração do MDT foi extraído das informações de coordenadas, profundidade da coluna d'água e profundidade do topo rochoso, contidas nesses boletins geológicos.

O desvio-padrão obtido para as profundidades do modelo do topo rochoso, em relação às profundidades informadas nos boletins geológicos, foi de 10cm.

Os ANEXOS V e VI apresentam desenhos representativos deste modelo, em duas e três dimensões, para uma avaliação visual qualitativa da morfologia do topo rochoso obtido pela modelagem.

14.7. GERAÇÃO DO MODELO DOS SEDIMENTOS COM SPT ≤ 6

Com a finalidade de se obter um volume aproximado para os sedimentos com SPT igual ou inferior a 6 golpes, foi gerado um MDT da superfície obtida pelas informações contidas nos boletins dos furos por jet-probe e a percussão, executados pelo CENTRAN/INPH, em Novembro e Dezembro de 2006.

O arquivo XYZ, utilizado na geração do MDT, foi extraído das informações de coordenadas dos pontos investigados, das profundidades máximas de penetração dos furos jet-probe (considerada como tendo índices de SPT inferiores ou iguais a 6) e das profundidades dos primeiros trechos verticais, de cada primeira camada com SPT menor ou igual a 6, contidas nos boletins geológicos e geotécnicos.

O desvio-padrão obtido para as profundidades do modelo do topo rochoso, em relação às profundidades informadas nos boletins geológicos, foi de 10cm.

Os ANEXOS V e VI apresentam desenhos representativos deste modelo, respectivamente em duas e três dimensões, para uma avaliação visual qualitativa da morfologia do topo da superfície obtida por esta modelagem, indicando até onde o material a dragar possui índice SPT ≤ 6 golpes.

14.8. RESULTADOS DOS CÁLCULOS DE VOLUMES

As tabelas a seguir mostram os resultados dos cálculos de volumes estimados, em metros cúbicos (m³), efetuados de acordo com os métodos descritos anteriormente.

Para ambas as alternativas – **A** e **B** – do canal de projeto, foram calculados os volumes totais a dragar e a estimativa de sedimentos com SPT > 6 golpes, determinados conforme a metodologia descrita nos subitens 13.5 e 14.7.

VOLUMES TOTAIS A DRAGAR (m³)

Canal Alternativa A		14m	15m	16m	17m
Trecho 1	Projeto	1.747.804,5	4.201.464,8	7.396.587,0	11.043.971,5
	Tolerância	771.879,5	1.171.646,4	1.380.488,9	1.519.764,7
	Projeto + Tolerância	2.519.684,0	5.373.111,2	8.777.075,9	12.563.736,2
Trecho 2	Projeto	4.265.840,6	6.381.959,3	8.920.957,8	11.741.328,5
	Tolerância	711.861,7	944.206,2	1.078.586,0	1.164.536,7
	Projeto + Tolerância	4.977.702,3	7.326.165,5	9.999.543,8	12.905.865,2
TOTAL	Projeto	6.013.645,1	10.583.424,1	16.317.544,8	22.785.300,0
	Tolerância	1.483.741,2	2.115.852,6	2.459.074,9	2.684.301,4
	Projeto + Tolerância	7.497.386,3	12.699.276,7	18.776.619,7	25.469.601,4

Tabela 2: Volumes totais a dragar considerando a Alternativa A.

Canal Alternativa B		15m	16m	17m
Trecho 1	Projeto	6.169.997,1	10.298.980,6	14.942.453,5
	Tolerância	1.527.521,4	1.767.620,4	1.922.558,0
	Projeto + Tolerância	7.697.518,5	12.066.601,0	16.865.011,5
Trecho 2	Projeto	8.585.173,7	11.625.386,4	14.942.927,1
	Tolerância	1.141.929,0	1.277.500,4	1.360.603,5
	Projeto + Tolerância	9.727.102,7	12.902.886,8	16.303.530,6
TOTAL	Projeto	14.755.170,8	21.924.367,0	29.885.380,6
	Tolerância	2.669.450,4	3.045.120,7	3.283.161,4
	Projeto + Tolerância	17.424.621,2	24.969.487,7	33.168.542,0

Tabela 3: Volumes totais a dragar considerando a Alternativa B.

VOLUMES A DRAGAR COM SPT > 6 (m³)

Canal Alternativa A	14m	15m	16m	17m
Trecho 1	96.475	404.785	1.201.396	2.446.075
Trecho 2	586.738	1.116.793	1.963.975	3.300.679
TOTAL	683.213	1.521.578	3.165.371	5.746.754

Tabela 4: Volumes estimados a dragar de sedimentos com SPT > 6 (Alternativa A).

Canal Alternativa B	15m	16m	17m
Trecho 1	536.876	1.496.140	2.966.882
Trecho 2	1.513.020	2.549.506	4.169.239
TOTAL	2.049.896	4.045.646	7.136.121

Tabela 5: Volumes estimados a dragar de sedimentos com SPT > 6 (Alternativa B).

A seguir, embora não faça parte do escopo do presente trabalho, foram realizados cálculos de volumes de rocha a derrocar, apenas para o caso da Alternativa **A**⁸, com a finalidade de auxiliar eventuais tomadas de decisão com vistas à remoção de tais interferências.

VOLUMES ESTIMADOS DE ROCHAS A DERROCAR

Talude 0:1 - Tolerância Vertical = 1,0m					
Alternativa A		14m	15m	16m	17m
BARROSO	Projeto	0,0	0,0	0,0	0,0
	Tolerância	0,0	0,0	0,0	0,0
	Projeto + Tolerância	0,0	0,0	0,0	0,0
TEFFÉ	Projeto	2.547,3	4.689,7	7.844,4	11.879,8
	Tolerância	1.739,6	2.522,7	3.541,9	4.235,8
	Projeto + Tolerância	4.286,9	7.212,4	11.386,3	16.115,6
ITAPEMA	Projeto	5.604,1	10.173,3	15.930,6	23.114,1
	Tolerância	3.855,6	4.973,8	6.300,2	7.487,1
	Projeto + Tolerância	9.459,7	15.147,1	22.230,8	30.601,2
TOTAL	Projeto	8.151,4	14.863,0	23.775,0	34.993,9
	Tolerância	5.595,2	7.496,5	9.842,1	11.722,9
	Projeto + Tolerância	13.746,6	22.359,5	33.617,1	46.716,8

Tabela 6: Volumes estimados de rochas a derrocar (Alternativa A).

Importa ressaltar, entretanto, que tais cálculos são meramente estimativos e ilustrativos, considerando os dados utilizados, levantados numa escala (1:5.000) com baixa densidade de informações, inadequada ao detalhamento desses corpos rochosos, conforme já explicitado.

⁸ A alternativa A é a defendida pelo INPH como a melhor alternativa de canal, conforme recomendações presentes no Relatório INPH nº 018/2007 – “Projeto Geométrico da Infra-Estrutura Aquaviária ao Porto de Santos (SP) – ANEXO XI”.

15. PROJETO DE INFRAESTRUTURA AQUAVIÁRIA

Com base nos resultados e avaliações de dados pretéritos, dos levantamentos geológicos básicos e cálculos volumétricos realizados, o INPH elaborou projeto de infraestrutura aquaviária, para subsidiar, em nível conceitual, o projeto básico de dragagem de aprofundamento do Porto de Santos.

Tal estudo, materializado no **Relatório INPH nº 018/2007 – Projeto Geométrico da Infra-Estrutura Aquaviária ao Porto de Santos (SP)**, é parte integrante deste relatório (ANEXO XI), em volume próprio.

Nele estão contidos, em síntese, os desenhos com os projetos geométricos de dragagem, referentes às Alternativas **A** (220m) e **B** (maior largura), na escala 1:5.000, algumas considerações gerais, que auxiliaram no desenvolvimento do trabalho e a visão do INPH quanto à melhor opção de projeto de aprofundamento, incluindo a correspondente estimativa de custos e prazos envolvidos.

Visando o traçado das referidas Alternativas **A** e **B**, de projeto geométrico para o canal de acesso ao Porto de Santos, foram utilizados:

- **Alternativa A:**
 - ✓ 35 pontos de inflexão na margem esquerda (ME), designados com numeração seqüencial ímpar.
 - ✓ 35 pontos de inflexão na margem direita (MD), designados com numeração seqüencial par.
- **Alternativa B:**
 - ✓ 30 pontos de inflexão na margem esquerda (ME), designados com numeração seqüencial ímpar.
 - ✓ 24 pontos de inflexão na margem direita (MD), designados com numeração seqüencial par.

Nas páginas seguintes, são listadas as coordenadas, no sistema UTM e geodésico, no Datum WGS-84, dos referidos pontos de inflexão, para as Alternativas **A** e **B**, dos canais projetados.

PORTO DE SANTOS (SP)				
PONTOS DE INFLEXÃO DO CANAL DE ACESSO				
- ALTERNATIVA "A" (Largura 220m) -				
Vértice	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)		Coordenadas Geodésicas (Datum WGS-84)	
	ESTE (m)	NORTE (m)	Lat. S	Long. W
Canal Margem Esquerda (Guarujá) - Lado BE				
1	360.823,00	7.335.721,53	24° 05' 06,28310"	43° 37' 52,56877"
3	364.336,22	7.344.982,12	24° 00' 06,34637"	43° 40' 00,07386"
5	364.806,63	7.345.504,57	23° 59' 49,50735"	43° 40' 16,89386"
7	365.116,05	7.345.653,74	23° 59' 44,75296"	43° 40' 27,89207"
9	365.626,35	7.345.894,24	23° 59' 37,09069"	43° 40' 46,02819"
11	366.398,62	7.345.874,58	23° 59' 37,96443"	43° 41' 13,34716"
13	367.046,39	7.345.837,66	23° 59' 39,36040"	43° 41' 36,25539"
15	367.457,19	7.345.773,81	23° 59' 41,55969"	43° 41' 50,77010"
17	367.809,49	7.345.805,57	23° 59' 40,63299"	43° 42' 03,24619"
19	368.129,80	7.345.923,64	23° 59' 36,89069"	43° 42' 14,61842"
21	368.418,92	7.346.146,95	23° 59' 29,71769"	43° 42' 24,92105"
23	368.533,88	7.346.263,15	23° 59' 25,97454"	43° 42' 29,02639"
25	368.871,23	7.346.710,75	23° 59' 11,52436"	43° 42' 41,10761"
27	368.950,75	7.346.993,29	23° 59' 02,36316"	43° 42' 44,01252"
29	368.990,38	7.347.238,42	23° 58' 54,40621"	43° 42' 45,49389"
31	369.015,63	7.347.544,95	23° 58' 44,44900"	43° 42' 46,48627"
33	368.898,16	7.348.000,74	23° 58' 29,59724"	43° 42' 42,47758"
35	368.838,25	7.348.159,44	23° 58' 24,42040"	43° 42' 40,40937"
37	368.504,98	7.348.682,97	23° 58' 07,30228"	43° 42' 28,78860"
39	367.214,01	7.350.178,40	23° 57' 18,30250"	43° 41' 43,60759"
41	367.076,23	7.350.372,18	23° 57' 11,96167"	43° 41' 38,79735"
43	366.853,87	7.350.826,20	23° 56' 57,13545"	43° 41' 31,08080"
45	366.785,00	7.351.130,00	23° 56' 47,23877"	43° 41' 28,74442"
47	366.595,00	7.352.610,00	23° 55' 59,06964"	43° 41' 22,50992"
49	366.475,00	7.352.765,00	23° 55' 53,99468"	43° 41' 18,31682"
51	366.025,00	7.352.985,00	23° 55' 46,70684"	43° 41' 02,47443"
53	365.120,00	7.353.195,00	23° 55' 39,60515"	43° 40' 30,53808"
55	364.351,75	7.353.441,29	23° 55' 31,36389"	43° 40' 03,45099"
57	363.490,23	7.354.047,02	23° 55' 11,40803"	43° 39' 33,18718"
59	362.969,00	7.354.267,16	23° 55' 04,09070"	43° 39' 14,82920"
61	362.755,67	7.354.293,46	23° 55' 03,16965"	43° 39' 07,29426"
63	361.714,37	7.354.301,61	23° 55' 02,58057"	43° 38' 30,47458"
65	361.002,59	7.354.480,93	23° 54' 56,52837"	43° 38' 05,36600"
67	360.853,30	7.354.532,49	23° 54' 54,80538"	43° 38' 00,10454"
69	360.582,17	7.354.729,93	23° 54' 48,30181"	43° 37' 50,58472"

PORTO DE SANTOS (SP)				
PONTOS DE INFLEXÃO DO CANAL DE ACESSO				
- ALTERNATIVA "A" (Largura 220m) -				
Vértice	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)		Coordenadas Geodésicas (Datum WGS-84)	
	ESTE (m)	NORTE (m)	Lat. S	Long. W
Canal Margem Direita (Santos) - Lado BB				
2	360.617,31	7.335.799,57	24° 05' 03,68105"	43° 37' 45,31277"
4	364.144,92	7.345.098,08	24° 00' 02,51790"	43° 39' 53,34356"
6	364.650,00	7.345.690,00	23° 59' 43,43143"	43° 40' 11,41361"
8	365.000,00	7.345.900,00	23° 59' 36,71214"	43° 40' 23,86785"
10	365.570,00	7.346.150,00	23° 59' 28,75936"	43° 40' 44,11920"
12	366.405,00	7.346.125,00	23° 59' 29,82578"	43° 41' 13,65548"
14	367.075,00	7.346.060,00	23° 59' 32,14124"	43° 41' 37,34066"
16	367.465,00	7.345.995,00	23° 59' 34,37162"	43° 41' 51,11881"
18	367.760,73	7.346.022,07	23° 59' 33,58041"	43° 42' 01,59155"
20	368.022,04	7.346.118,38	23° 59' 30,52785"	43° 42' 10,86892"
22	368.272,83	7.346.312,10	23° 59' 24,30539"	43° 42' 19,80562"
24	368.368,91	7.346.409,21	23° 59' 21,17722"	43° 42' 23,23673"
26	368.669,64	7.346.806,52	23° 59' 08,35109"	43° 42' 34,00604"
28	368.732,47	7.347.029,76	23° 59' 01,11269"	43° 42' 36,30135"
30	368.771,88	7.347.265,62	23° 58' 53,45706"	43° 42' 37,77206"
32	368.792,85	7.347.520,20	23° 58' 45,18739"	43° 42' 38,59638"
34	368.687,87	7.347.934,88	23° 58' 31,67571"	43° 42' 35,01649"
36	368.640,46	7.348.060,48	23° 58' 27,57858"	43° 42' 33,37987"
38	368.327,99	7.348.551,33	23° 58' 11,52890"	43° 42' 22,48454"
40	367.040,71	7.350.042,47	23° 57' 22,66919"	43° 41' 37,43295"
42	366.886,54	7.350.259,31	23° 57' 15,57374"	43° 41' 32,05055"
44	366.647,10	7.350.748,20	23° 56' 59,60872"	43° 41' 23,74147"
46	366.554,66	7.351.087,38	23° 56' 48,55477"	43° 41' 20,58318"
48	366.353,40	7.352.473,40	23° 56' 03,43728"	43° 41' 13,92038"
50	366.308,29	7.352.522,73	23° 56' 01,82003"	43° 41' 12,34120"
52	365.897,92	7.352.751,37	23° 55' 54,26316"	43° 40' 57,90307"
54	365.055,69	7.352.977,84	23° 55' 46,64494"	43° 40' 28,19167"
56	364.251,65	7.353.242,74	23° 55' 37,78760"	43° 39' 59,84473"
58	363.382,94	7.353.853,51	23° 55' 17,66547"	43° 39' 29,32811"
60	362.911,66	7.354.052,57	23° 55' 11,04875"	43° 39' 12,72922"
62	362.741,31	7.354.073,57	23° 55' 10,31329"	43° 39' 06,71227"
64	361.686,24	7.354.081,82	23° 55' 09,71659"	43° 38' 29,40513"
66	360.939,70	7.354.269,90	23° 55' 03,36864"	43° 38' 03,07000"
68	360.750,38	7.354.335,28	23° 55' 01,18378"	43° 37' 56,39768"
70	360.452,66	7.354.552,09	23° 54' 54,04210"	43° 37' 45,94418"

PORTO DE SANTOS (SP)				
PONTOS DE INFLEXÃO DO CANAL DE ACESSO				
- ALTERNATIVA "B" (Maior largura) -				
Vértice	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)		Coordenadas Geodésicas (Datum WGS-84)	
	ESTE (m)	NORTE (m)	Lat. S	Long. W
Canal Margem Esquerda (Guarujá) - Lado BE				
1	360.835,00	7.335.710,00	24° 05' 06,66171"	43° 37' 52,98968"
3	364.350,00	7.344.975,00	24° 00' 06,58206"	43° 40' 00,55908"
5	364.830,00	7.345.500,00	23° 59' 49,66307"	43° 40' 17,71926"
7	365.640,00	7.345.860,00	23° 59' 38,20791"	43° 40' 46,49981"
9	367.070,00	7.345.830,00	23° 59' 39,61653"	43° 41' 37,08828"
11	367.435,00	7.345.775,00	23° 59' 41,51434"	43° 41' 49,98532"
13	367.825,00	7.345.760,00	23° 59' 42,11903"	43° 42' 03,78013"
15	368.145,00	7.345.910,00	23° 59' 37,33864"	43° 42' 15,15181"
17	368.405,00	7.346.125,00	23° 59' 30,42709"	43° 42' 24,42139"
19	368.560,00	7.346.255,00	23° 59' 26,24727"	43° 42' 29,94794"
21	368.765,00	7.346.500,00	23° 59' 18,34384"	43° 42' 37,28076"
23	368.880,00	7.346.680,00	23° 59' 12,52659"	43° 42' 41,40796"
25	369.000,00	7.346.985,00	23° 59' 02,64727"	43° 42' 45,75235"
27	369.050,00	7.347.230,00	23° 58' 54,69763"	43° 42' 47,60055"
29	369.060,00	7.347.540,00	23° 58' 44,62308"	43° 42' 48,05447"
31	368.885,00	7.348.225,00	23° 58' 22,30306"	43° 42' 42,08449"
33	368.610,00	7.348.770,00	23° 58' 04,50437"	43° 42' 32,53206"
35	367.095,00	7.350.380,00	23° 57' 11,71311"	43° 41' 39,46385"
37	366.785,00	7.351.130,00	23° 56' 47,23877"	43° 41' 28,74442"
39	366.595,00	7.352.610,00	23° 55' 59,06964"	43° 41' 22,50992"
41	366.475,00	7.352.765,00	23° 55' 53,99468"	43° 41' 18,31682"
43	366.025,00	7.352.985,00	23° 55' 46,70684"	43° 41' 02,47443"
45	365.120,00	7.353.195,00	23° 55' 39,60515"	43° 40' 30,53808"
47	364.390,00	7.353.460,00	23° 55' 30,76740"	43° 40' 04,80992"
49	363.925,00	7.353.750,00	23° 55' 21,19738"	43° 39' 48,46252"
51	363.525,00	7.354.080,00	23° 55' 10,34665"	43° 39' 34,42781"
53	363.000,00	7.354.315,00	23° 55' 02,54514"	43° 39' 15,94154"
55	361.720,00	7.354.300,00	23° 55' 02,63466"	43° 38' 30,67312"
57	361.000,00	7.354.500,00	23° 54' 55,90764"	43° 38' 05,28093"
59	360.590,00	7.354.720,00	23° 54' 48,62708"	43° 37' 50,85820"

PORTO DE SANTOS (SP) PONTOS DE INFLEXÃO DO CANAL DE ACESSO - ALTERNATIVA "B" (Maior largura) -				
Vértice	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)		Coordenadas Geodésicas (Datum WGS-84)	
	ESTE (m)	NORTE (m)	Lat. S	Long. W
Canal Margem Direita (Santos) - Lado BB				
2	360.603,00	7.335.805,00	24 ⁰ 05' 03,49999"	43 ⁰ 37' 44,80796"
4	364.135,00	7.345.115,00	24 ⁰ 00' 01,96481"	43 ⁰ 39' 52,99822"
6	364.650,00	7.345.690,00	23 ⁰ 59' 43,43143"	43 ⁰ 40' 11,41361"
8	365.000,00	7.345.900,00	23 ⁰ 59' 36,71214"	43 ⁰ 40' 23,86785"
10	365.570,00	7.346.150,00	23 ⁰ 59' 28,75936"	43 ⁰ 40' 44,11920"
12	366.405,00	7.346.125,00	23 ⁰ 59' 29,82578"	43 ⁰ 41' 13,65548"
14	367.075,00	7.346.060,00	23 ⁰ 59' 32,14124"	43 ⁰ 41' 37,34066"
16	367.465,00	7.345.995,00	23 ⁰ 59' 34,37162"	43 ⁰ 41' 51,11881"
18	368.005,00	7.346.135,00	23 ⁰ 59' 29,98247"	43 ⁰ 42' 10,27141"
20	368.270,00	7.346.320,00	23 ⁰ 59' 24,04773"	43 ⁰ 42' 19,70806"
22	368.655,00	7.346.835,00	23 ⁰ 59' 07,42091"	43 ⁰ 42' 33,49728"
24	368.745,00	7.347.525,00	23 ⁰ 58' 45,01712"	43 ⁰ 42' 36,90501"
26	368.645,00	7.347.930,00	23 ⁰ 58' 31,82159"	43 ⁰ 42' 33,49823"
28	367.010,00	7.350.000,00	23 ⁰ 57' 24,04056"	43 ⁰ 41' 36,33272"
30	366.600,00	7.350.725,00	23 ⁰ 57' 00,34869"	43 ⁰ 41' 22,06786"
32	366.320,00	7.352.430,00	23 ⁰ 56' 04,83803"	43 ⁰ 41' 12,72485"
34	365.820,00	7.352.745,00	23 ⁰ 55' 54,44661"	43 ⁰ 40' 55,14522"
36	364.215,00	7.353.220,00	23 ⁰ 55' 38,51558"	43 ⁰ 39' 58,54101"
38	363.335,00	7.353.830,00	23 ⁰ 55' 18,41492"	43 ⁰ 39' 27,62490"
40	362.750,00	7.354.055,00	23 ⁰ 55' 10,91965"	43 ⁰ 39' 07,01331"
42	362.295,00	7.354.085,00	23 ⁰ 55' 09,80307"	43 ⁰ 38' 50,93346"
44	361.680,00	7.354.080,00	23 ⁰ 55' 09,77380"	43 ⁰ 38' 29,18385"
46	360.730,00	7.354.300,00	23 ⁰ 55' 02,32423"	43 ⁰ 37' 55,66493"
48	360.360,00	7.354.640,00	23 ⁰ 54' 51,15516"	43 ⁰ 37' 42,69779"

16. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS FINAIS

Os produtos principais, referentes aos estudos e ao projeto de infra-estrutura aquaviária, são as plantas apresentadas a seguir:

a) Batimetria

Com base no levantamento do relevo de fundo, foram geradas plantas editadas sobre reticulado UTM, formato A0, na escala 1:5000, com profundidades referidas ao Datum WGS-84, linhas isobatimétricas de metro em metro, contorno topográfico aproximado (de planta fornecida pela CODESP), com 4 (quatro) cruces de acerto, em coordenadas geográficas. Os desenhos foram produzidos em plotador de precisão, com tinta nanquim sobre papel sulfite, atendendo às normas técnicas para apresentação de levantamentos topohidrográficos e geofísicos, estabelecidas pela DHN.

- ***Planta de Batimetria: Desenhos INPH nos 169-94 a 169-98***

b) Interpretação Sísmica

Seguem a mesma padronização, adotada para edição das plantas de batimetria, representando, através de profundidades, o contorno estrutural das camadas do substrato marinho, ou seja, o topo dos estratos sedimentares e do embasamento rochoso (quando definido), interpretados nos registros. Foram definidas, ainda, áreas de anomalias acústicas, em diversas cores.

- ***Planta de Interpretação Sísmica: Desenhos INPH nos 169-99 a 169-103***

c) Locação dos Furos

Utilizando-se como base cartográfica, o próprio conjunto das plantas de batimetria geradas, foram representados todos os furos de sondagem por jet-probe e a percussão, realizados durante as campanhas de campo.

- ***Planta de Locação de Furos: Desenhos INPH nos 169-104 a 169-108***

d) Integração de Dados Geofísicos e Geológicos

Segue idêntica padronização, adotada para a edição das outras plantas, reunindo, no mesmo desenho, os resultados dos levantamentos batimétrico e sísmico, as posições dos furos jet-probe e a percussão, com as indicações das profundidades máximas alcançadas em cada sondagem e a localização de perfis geológico-geofísicos.

- ***Planta de Integração de Dados: Desenhos INPH nos 169-109 a 169-113***

e) Projeto Geométrico de Dragagem (Alternativa B)

Compondo o Projeto de Infra-Estrutura Aquaviária, utiliza-se, como base cartográfica, do conjunto das plantas de batimetria, representando-se os canais atual e uma alternativa de canal, contendo as maiores larguras possíveis, em função da geografia e geologia de subsuperfície das margens e fundos estuarinos.

- ***Projeto Geométrico de Dragagem (Alt. B): Desenhos INPH n^{os} 169-114 a 169-118***

f) Projeto Geométrico de Dragagem (Alternativa A)

Compondo o Projeto de Infra-Estrutura Aquaviária, utiliza-se, como base cartográfica, do conjunto das plantas de batimetria, representando-se os canais atual e uma alternativa de canal mais esbelta (220m).

- ***Projeto Geométrico de Dragagem (Alt. A): Desenhos INPH nºs 169-119 a 169-123***

g) Localização da Pedra do Barroso

Localiza, na escala 1:5000, a Pedra do Barroso (Ilha Barnabé), através da integração de dados batimétricos, sonográficos e geológicos. Segue idêntica padronização, adotada para a edição das plantas de batimetria e de interpretação sísmica, mostrando-se a faciologia do fundo estuarino e demais feições significativas observadas.

- ***Localização da Pedra do Barroso: Desenho INPH nº 169-124***

h) Localização das Pedras de Teffé e Itapema

Localiza, na escala 1:5000, as Pedras de Teffé e Itapema, através da integração de dados batimétricos, sonográficos e geológicos. Segue idêntica padronização, adotada para a edição das plantas de batimetria e de interpretação sísmica, mostrando-se a faciologia do fundo estuarino e demais feições significativas observadas.

- ***Localização das Pedras de Teffé e Itapema: Desenho INPH nº 169-125***

i) Detalhamento da Pedra do Barroso

Mostra em detalhe, na escala 1:1000, a Pedra do Barroso, através da integração de dados batimétricos e sonográficos (executados pelo CENTRAN) e geológicos (fornecidos pela CODESP).

- ***Detalhamento da Pedra do Barroso: Desenho INPH nº 169-126***

j) Detalhamento da Pedra de Itapema

Mostra em detalhe, na escala 1:1000, a Pedra de Itapema, através da integração de dados batimétricos e sonográficos (executados pelo CENTRAN) e geológicos (fornecidos pela CODESP).

- ***Detalhamento da Pedra de Itapema: Desenho INPH nº 169-127***

k) Detalhamento da Pedra de Teffé

Mostra em detalhe, na escala 1:1000, a Pedra de Teffé, através da integração de dados batimétricos e sonográficos (executados pelo CENTRAN) e geológicos (fornecidos pela CODESP).

- ***Detalhamento da Pedra de Teffé: Desenho INPH nº 169-128***

17. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Resumidamente, a Baixada Santista constitui-se numa bacia sedimentar, que apresenta um perfil sucessivo de camadas espessas e alternadas de areias e argilas, cortadas por diversos rios que descem da Serra do Mar.

A espessura desses sedimentos é variável, alcançando, no litoral, valores entre 70 e 100 metros, dispostos sobre o embasamento cristalino, formado, predominantemente, por rochas gnáissicas e/ou graníticas, que afloram, conhecidamente, em três pontos do Estuário Santista, como as Pedras do Barroso, Itapema e Teffé.

Considerando o objetivo do levantamento – subsidiar projeto conceitual de dragagem de aprofundamento –, os trabalhos de interpretação dos sismogramas, desde o primeiro momento, foram dirigidos à identificação de eventuais refletores, cujos padrões acústicos pudessem ser associados a altos do embasamento rochoso e/ou sedimentos de alta resistência, e que, de algum modo, viessem a interferir no projeto.

Assim, durante a análise dos registros sísmicos, foi possível observar a ocorrência de diversos refletores, que parecem representar unidades sismoestratigráficas distintas, até as quais pode ser garantida a ausência de rocha.

Os pacotes sedimentares, observados nos registros sísmicos, mostram diversos padrões texturais, alguns associados a sedimentos mergulhantes na direção do canal de navegação, bem como inúmeras estruturas de estratificação cruzada, impressas pelo intenso retrabalhamento que esses sedimentos sofreram, através da ação fluvial, em épocas anteriores à atual.

Um dos padrões observados apresenta, em diversos registros, uma assinatura sísmica calcada em sucessões de reflexões hiperbólicas e ecos laterais, cuja assinatura sísmica assemelha-se muito a ocorrência de rochas, mas que se confunde, em alguns locais, tanto por sua geometria quanto pelas profundidades envolvidas, estando relacionado à presença de sedimentos lamosos, de média a alta consistência.

A planta de interpretação sísmica mostra números que representam as espessuras máximas interpretadas do pacote sedimentar, até os limites superiores dos refletores “A”, “B”, “C”, “D” e embasamento rochoso, bem como a localização de anomalias acústicas, representadas por manchas coloridas, buscando facilitar a associação com a estratigrafia geológica estuarina.

Qualquer ampliação no Porto de Santos é condicionada, grandemente, por diversos pontos críticos hoje existentes, trechos limitadores à navegação – já bastante conhecidos – que o INPH focou em seus estudos, tentando oferecer **maior conforto aos usuários, ao mais baixo custo possível**, conforme representados na Figura 3, ao início deste trabalho. São eles:

- Curva próxima à Ilha das Palmas
- Ponta da Fortaleza/Ponte dos Práticos
- Pedra de Teffé
- Torre Grande
- Navio Afundado (AIS GEORGIS)
- Pedra de Itapema
- Curva do Armazém 12
- Pedra do Barroso

As Figuras 55, 56 e 57, a seguir, exemplificam alguns dos aspectos comentados.



Figura 55: Ponta da Fortaleza, vista da Ponte dos Práticos. Observar a estreita largura, presente neste trecho, fator limitante às operações de passagem dos navios pela Barra de Santos.



Figura 56: Passagem entre a Torre Grande e a Pedra de Teffé. Observar o ângulo de aproximação dos navios, em relação à ponta da Torre Grande.



Figura 57: Curva acentuadíssima, próxima ao Armazém 12.

Cumprе ressaltar que, embora tenha havido a preocupação em caracterizar, da melhor forma possível, os trechos aonde se situam as rochas conhecidas do Estuário Santista – Pedras do Barroso (Ilha Barnabé), Itapema e Teffé – a escala de 1:5.000, especificada pela CODESP para o levantamento contratado, é insuficiente para tal finalidade, pois define linhas com um afastamento de apenas 50 (cinquenta) metros, como, aliás, preconizado pelas normas da DHN.

Considera-se, entretanto, que a escala de levantamento de 1:5.000 é plenamente adequada e suficiente, considerando os objetivos iniciais pretendidos, quais sejam, a investigação geral de todo o canal navegável e adjacências – cuja extensão linear aproximada é de 26 km, entre a isóbata de 17m, no canal externo, e a Seção 817, na Alamoá –, em subsídio ao projeto conceitual de dragagem de aprofundamento apresentado (ANEXO XI).

Para a caracterização geológica de cada uma das pedras mencionadas, o ideal é a adoção de escalas de levantamento maiores, da ordem de 1:1.000 ou mesmo 1:500, de acordo com o tamanho de cada corpo rochoso, sua interferência com o projeto de canal que for adotado e o objetivo a ser alcançado.

As sondagens por jet-probe e a percussão obtiveram, dentro da concepção e objetivo inicialmente pretendidos, resultados bastante satisfatórios.

Entretanto, é de se esperar que, em futuro bem próximo, tanto a CODESP quanto demais Operadoras Portuárias, possam investir no adensamento de pesquisas mais específicas e pontuais, como, por exemplo, a execução de sondagens e estudos geotécnicos mais aprofundados, nas áreas abrangidas pelas bacias de evolução, tanto atuais quanto futuras.

O mesmo cuidado, ou até maior, deve ser destinado às áreas dos berços de atracação, objetivando a estabilidade e a segurança das instalações e a implantação de eventuais projetos de ampliação na faixa acostável do cais, subsidiando e permitindo, em última análise, efetuar os ajustes que sejam necessários ao Projeto Básico de Dragagem.

Finalmente, considerando-se os estudos reportados e o referido Projeto Geométrico de Dragagem (ANEXO XI), o INPH defende a adoção da Alternativa **A**, de 220m de largura, com aprofundamento para 16m, alternativa de projeto que, inclusive, garante a dispensa da necessidade de derrocagem da Pedra do Barroso, próxima à Ilha Barnabé, até a profundidade de 17m.

18. ANEXOS

- **ANEXO I. Cópias das Fichas das Estações Maregráficas**

Cópias das fichas de descrição das Estações Maregráficas da Ilha das Palmas, Torre Grande e Ilha Barnabé, utilizadas para redução do efeito da maré nos levantamentos.

- **ANEXO II. Cópias dos Maregramas**

Curvas da maré, reduzida ao NR da DHN, referente ao período do levantamento.

- **ANEXO III. Plantas Reduzidas (Formato A4)**

Desenhos reduzidos, em formato A4, para visualização expedita dos resultados.

- **ANEXO IV. Perfis Geológico-Geofísicos**

Perfis interpretados com base na integração de dados geológicos e geofísicos.

- **ANEXO V. Modelos em 2D**

Modelos bidimensionais de trechos do canal levantado.

- **ANEXO VI. Modelos em 3D**

Modelos tridimensionais de trechos do canal levantado.

- **ANEXO VII. Boletins de Sondagens Jet-Probe (JPIs - Canal Interno)**

Boletins com os resultados das sondagens por jet-probe, executadas no canal interno.

- **ANEXO VIII. Boletins de Sondagens Jet-Probe (JPEs - Canal Externo)**

Boletins com os resultados das sondagens por jet-probe, executadas no canal externo.

- **ANEXO IX. Boletins de Sondagens a Percussão (SPs)**

Boletins com os resultados das sondagens a percussão.

- **ANEXO X. Plantas Originais (Formato A0 e A2)**

Desenhos originais, em formato A0 e A2, referentes aos estudos executados.

- **ANEXO XI. Projeto de Infra-Estrutura Aquaviária (Relatório INPH nº 018/2007)**

Projeto geométrico da infra-estrutura aquaviária ao Porto de Santos, elaborado pelo INPH com base nos estudos contratados.

- **ANEXO XII. CD com os Arquivos do Serviço**

CD com os arquivos em DWG das plantas produzidas, arquivos para reprodução deste relatório e arquivos XYZ dos dados batimétricos levantados.