



**LEVANTAMENTOS COM SONAR DE VARREDURA LATERAL
E DE SÍSMICA RASA EM ÁREAS NA BAÍA DE GUANABARA
RIO DE JANEIRO/RJ**



RELATÓRIO Nº HD-878/2

HIDROTOPO CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.

JUNHO / 2015

ÍNDICE

1. INFORMAÇÕES GERAIS	3
1.1. Situação	3
1.2. Objetivos	3
1.3. Empresa Contratante	3
2. CRONOLOGIA DOS EVENTOS	4
3. EQUIPE TÉCNICA	4
4. EMPRESA EXECUTANTE DO LH	5
5. TRABALHOS EXECUTADOS	5
5.1. Geodésia	6
5.1.1. Informações Gerais	6
5.2. Observações Maregráficas	7
5.3. Sondagem Monofeixe	8
5.3.1. Equipamentos Utilizados e Procedimentos	8
5.3.2. Aferições e Calibrações	9
5.4. Levantamento de Sísmica Rasa	9
5.4.1. Equipamentos Utilizados e Procedimentos	9
5.5. Levantamento de Sonar de Varredura Lateral	11
5.6. Interpretação dos Registros Digitais	12
5.6.1. Processamento dos Dados Batimétricos	12
5.6.2. Processamento dos Dados Sísmicos	13
5.7. Análise Integrada dos Dados	13
5.7.1. Interpretação Sísmica/Batimétrica	15
5.7.2. Conversão Tempo / Profundidade	17
5.7.3. Conclusões e Recomendações	17
5.8. Documentos Cartográficos Produzidos	18
5.8.1. Plantas de Interpretação Sísmica	18
5.8.2. Plantas Sonográfica	19
6. ANEXOS	19

1. INFORMAÇÕES GERAIS

A Hidrotopo Consultoria e Projetos Ltda. apresenta, a Van Oord, o relatório técnico HD 878-2, em cumprimento ao proposto na sua carta PROPOSTA N° HD 007/15B de 03 de março de 2015, referente aos serviços de "Levantamentos com Sonar de Varredura Lateral e de Sísmica Rasa, em Áreas na Baía de Guanabara - Rio de Janeiro".

O levantamento foi realizado de acordo com a autorização n° 070/15, datada de 06 de março de 2015, para o período de 09/03/15 a 09/06/15, emitida pelo Centro de Hidrografia da Marinha – CHM.

O presente relatório apresenta a descrição dos serviços, a equipe técnica, a metodologia, os equipamentos utilizados e demais quesitos, de acordo com a NORMAM-25 anexo “J”.

1.1. Situação

Foram coletados dados com sonar de varredura lateral e de sísmica rasa.

1.2. Objetivos

Os dados adquiridos iram subsidiar projetos de lançamentos de dutos e dragagem das áreas levantadas.

1.3. Empresa Contratante

VAN OORD SERVIÇOS DE OPERAÇÕES MARÍTIMAS LTDA.

Endereço: Rua da Assembleia, n°11, 6°andar

Centro – Rio de Janeiro – RJ

CNPJ n° 30.276.927/0006-24

Os serviços foram autorizados pela contratante conforme e-mail do dia 03/03/2015, em anexo.

2. CRONOLOGIA DOS EVENTOS

As etapas do trabalho foram realizadas nos períodos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Cronologia dos Eventos

Eventos	Data
Pedido de autorização ao CHM	03/03/15
Autorização para início do LH	09/06/15
Mobilização da equipe e equipamentos sonográficos e sísmicos	02/04/15
Início dos trabalhos de campo	04/04/15
Conclusão dos trabalhos de campo	25/05/15
Conclusão dos trabalhos de escritório com revisão do relatório final	22/06/15
Envio de relatório	22/06/15

3. EQUIPE TÉCNICA

A equipe técnica foi composta pelos seguintes profissionais (Tabela 2):

Tabela 2 – Equipe Técnica

	FUNÇÃO	PROFISSIONAL
Supervisão Geral	Engenheiro Civil	Augusto Dantas Sampaio
Equipe de Campo	Geólogo	Francisco R. Silva Junior
	Oceanógrafo	Augusto Guilherme Miller
Equipe de Escritório	Geólogo	Francisco R. Silva Junior
	Oceanógrafo	Bruno C. A. Cunha
	Auxiliar de Batimetria	Vinícius Lopes Cunha

O responsável técnico cadastrado no CHM é o Engenheiro Civil Augusto Dantas Sampaio.

4. EMPRESA EXECUTANTE DO LH

HIDROTOPO CONSULTORIA E PROJETOS LTDA

Matriz: Avenida das Américas, nº 1650, Bloco 04, Salas 211/212 e 305

Barra da Tijuca - Rio de Janeiro - RJ

CNPJ nº 31.250.137/0001-28

Tel/Fax: +55(021) 2220-4288

Filial: Rua Samuel Heusi nº 190 sala 801

Centro - Itajaí - SC

CNPJ nº 31.250.137/0003-90

e-mail: hidrotopo@hidrotopo.com.br

5. TRABALHOS EXECUTADOS

Os levantamentos com sonar de varredura lateral e de sísmica rasa foi realizado em áreas, situadas na Baía de Guanabara, RJ, Carta Náutica nº 1511 (Figura 1).

Nesses levantamentos, adotaram-se procedimentos previstos na NORMAM-25, com o propósito de produzir elementos que sirvam para atualização de cartas e publicações náuticas – Categoria A.

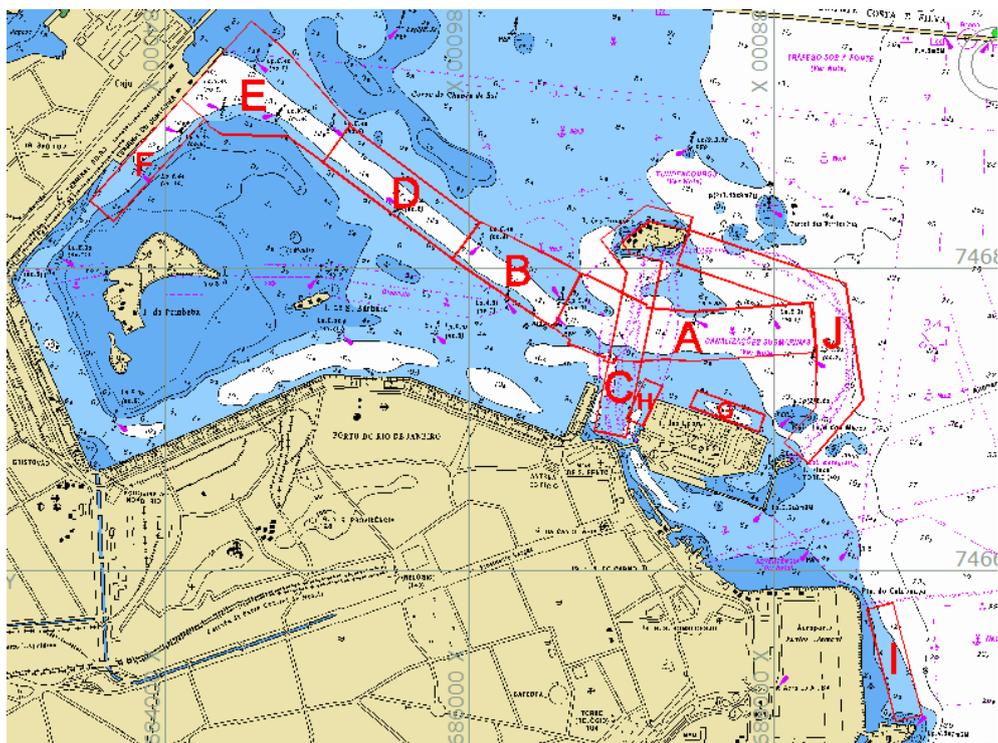


Figura 1 – Visão geral da área de trabalho

5.1. Geodésia

5.1.1. Informações Gerais

- **Datum**

Para a realização do trabalho foi adotado o Datum WGS - 84.

- **Sistema de posicionamento**

O DGPS R130 (Figura 2) fornece, em tempo real, precisão submétrica em frequências de atualização da posição de até cinco vezes por segundo, dispensando o guarnecimento da estação-base e, conseqüentemente, de qualquer apoio topográfico.



Figura 2 – Receptor Hemisphere DGPS R130 e antena A30™.

Esse equipamento foi utilizado acoplado a microcomputadores, com software de sondagem HYPACK, desenvolvido pelo HYPACK Inc.

As linhas de sondagens foram definidas por um projeto desenvolvido no escritório da HIDROTOPO, apoiado nas especificações técnicas encaminhadas, de modo que a embarcação navegasse em seções previamente estabelecidas.

Os dados obtidos são transferidos para computador por meio de interface RS-232, acoplado ao software Hypack, de aquisição e navegação, que tem capacidade para integrar os sistemas de aquisição de dados batimétricos e de posicionamento e efetuar a navegação em tempo real.

5.2. Observações Maregráficas

As profundidades estão referidas ao Nível de Redução adotado pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), para as áreas de sondagem, conforme a ficha nº50140, Descrição de Estação Maregráfica, F – 41–1515-001/05 - Versão 1/2010 (em anexo), da estação Ilha Fiscal (Figura 3).

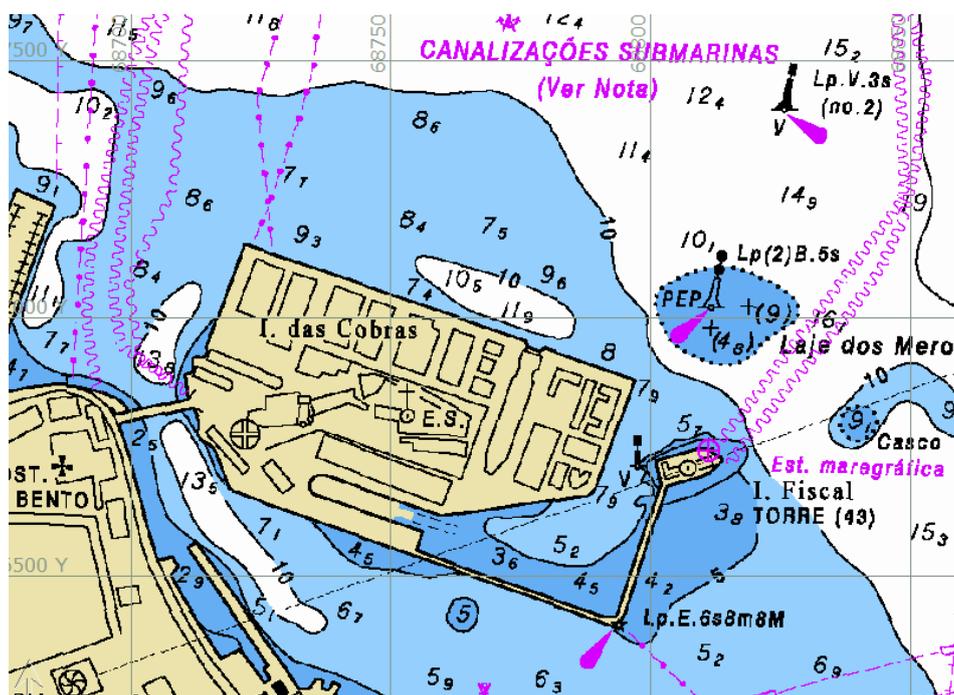


Figura 3 – Localização da Estação Maregráfica Ilha Fiscal.

Para obtenção da tabela de redução das sondagens, foram confeccionados maregramas correspondentes aos dias da sondagem, partindo das alturas das marés obtidas nos registros do marégrafo. O Nível de Redução está 1,52 m acima do zero da régua. Essa tabela foi introduzida no software CARIS HIPS and SIPS 7.1, que gerou o gráfico utilizado para as correções das profundidades encontradas.

O marégrafo utilizado neste LH é de propriedade da MARINHA DO BRASIL e os registros digitais foram baixados e disponibilizados pelo BNDO.

5.3. Sondagem Monofeixe

5.3.1. Equipamentos Utilizados e Procedimentos

Para acompanhamento do levantamento sísmico foi realizada batimetria monofeixe, a fim de obter dados atualizados das profundidades.

Durante o procedimento foi utilizado o ecobatímetro monofeixe de dupla frequência ECHOTRAC MKIII, da Teledyne Odom Hydrographic (Figura 4), cujas

características principais estão apresentadas na Tabela 3, porém foi utilizado somente na frequência de 200kHz.



Figura 4 - ECHOTRAC MKIII.

Tabela 3 – Características Principais do ecobatímetro monofeixe ECHOTRAC MKIII

ESPECIFICAÇÕES DO ECHOTRAC MKIII

Registro analógico, contínuo em papel graduado

Frequência:	200kHz e 33kHz
Resolução	0.01m
Precisão	200kHz 0.01m / 33kHz 0.10m

5.3.2. Aferições e Calibrações

O ecobatímetro foi calibrado, antes e após os dias de batimetria. A calibração é dada por uma placa metálica, fixada a um cabo de aço graduado de metro em metro, submergida abaixo do transdutor mergulhado (*draft*) a 0.60 m do nível d'água. Essa calibragem foi realizada de 2 em 2 metros entre as profundidades de 2 e 10 metros.

O afastamento das linhas foi de 10 metros.

5.4. Levantamento de Sísmica Rasa

5.4.1. Equipamentos Utilizados e Procedimentos

Para o levantamento de sísmica rasa foram empregados os equipamentos AA 201, da Applied Acoustic Engineering, composto pelos

hardwares/software apresentados na Tabela 4 e o SB 216S, da EdgeTech, apresentado na Tabela 5:

Tabela 4 – Componentes do AA 201, utilizado para o levantamento sismográfico	
CSP –L100 – Fonte de	potência - 100Joules por tiro
	voltagem 200-250 volts
Fonte sonora AA 201	montável em um catamarã
Cabo de Alta Voltagem HV 2000 (25 metros)	
Catamarã CAT 100	
Hidrofone de oito elementos com 50m de cabo e frequência de resposta de 145Hz a 7kHz	
Sistema de aquisição e processamento de dados para aplicações de perfilagem de subfundo Coda Octopus 360 +.	

A Figura 5 apresenta a operação desse sistema.

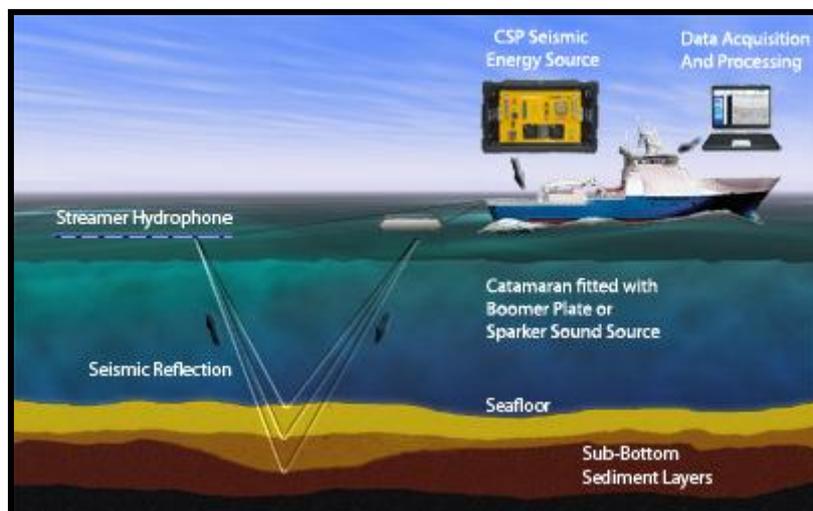


Figura 5 - Esquemática de operação do sistema de aquisição sismográfica.

Tabela 5 – Especificações do SB 216S

Frequência	2-16 kHz
Resolução vertical	6-10 cm
Penetração (varia conforme a litologia)	Ex: 6m – areia calcária 80m - argila
Profundidade de operação	Até 300m

Os dados de sísmica rasa foram gravados no formato sgy padrão sob a forma de seções monocanal.

Nas informações sísmicas estão contidas suas respectivas coordenadas gravadas no **header**.

O perfilador de subfundo e o DGPS foram submetidos a testes antes dos levantamentos.

5.5. Levantamento de Sonar de Varredura Lateral

O serviço de perfilagem com sonar de varredura lateral (*side scan sonar*) foi realizado, de modo que a embarcação navegasse em velocidade não superior a 5.0 nós. O equipamento utilizado foi o modelo CM2, da C-Max (Figura 6), com software de aquisição de dados C-MAX **MaxView**, do próprio fabricante.

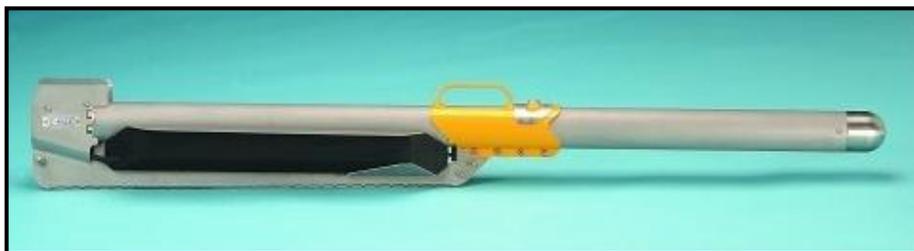


Figura 6 - Side Scan C-Max Modelo CM 2

Suas principais características:

Frequência: 100/325khz

Alcance: 100 a 500m @ 100khz

25 a 150m @ 325khz

A altura do feixe, em relação ao fundo, esteve compreendida entre os limites de 10% a 20% da varredura utilizada na aquisição.

Todos os dados foram gravados em meio magnético, no formato cm2 e convertido para xtf no mesmo software. As posições do feixe foram gravadas pelo sistema de navegação.

Havendo necessidade, e se por alguma razão fossem interrompidos os registros, e ao refazer parte da linha interrompida, seria necessário providenciar um recobrimento, mesmo em linhas de sentidos opostos. Em casos de a linha ter menos de 200m, teria que ser integralmente refeita. A Figura 7 mostra a área levantada com o sonar de varredura lateral.

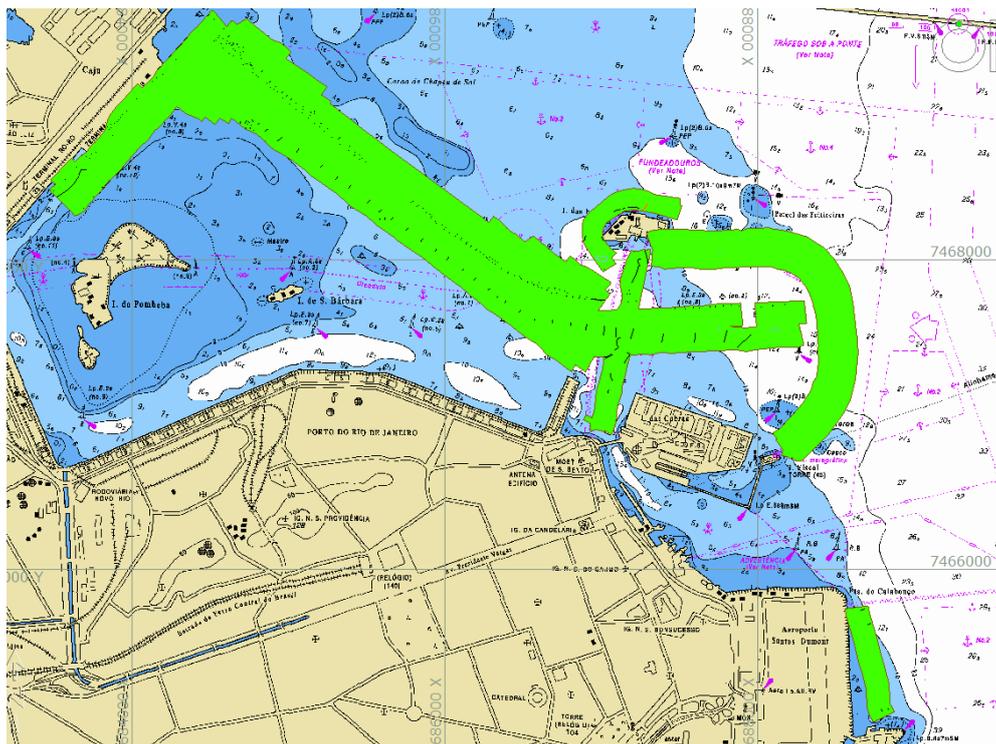


Figura 7 - Área do levantamento sonográfico

5.6. Interpretação dos Registros Digitais

5.6.1. Processamento dos Dados Batimétricos

Os registros digitais foram processados e as interferências retiradas, a fim de garantir maior precisão. Os valores das profundidades foram extraídos, em metros e décimos, em intervalos determinados em função da escala das plantas e dos arquivos de dados de posicionamento, sendo então utilizados para a geração do arquivo de profundidades.

5.6.2. Processamento dos Dados Sísmicos

Os dados foram interpretados utilizando o pacote de interpretação sísmica KINGDOM Suite, versão 2015 da IHS Global Inc.

Foram feitas as correções de profundidade dos hidrofones e de maré com base nos dados batimétricos corrigidos. Para a conversão tempo-profundidade dos horizontes sísmicos foram atribuídos os valores de velocidades encontrados no item 5.7.2 que melhor se adaptaram para a correspondência entre as espessuras sedimentares definidas nos perfis de sondagens que contêm a classificação tátil, visual e as características geológicas/geotécnicas encontradas nas 24 sondagens e 3 jet probes fornecidos pelo INPH e pela Van Oord..

Para a apresentação dos resultados, que foram expressos em plantas no formato "dwg", os seguintes softwares foram utilizados de maneira integrada: Hypack, KINGDOM Suite ver 2015, pacote ISIS de processamento, Surfer v12.7.984 da Golden Software, Global Mapper v16.2, Autocad e Microsoft Office Excel.

5.7. Análise Integrada dos Dados

A área estuda foi coberta por um total de 278 linhas sísmicas monocanal SBP (Single Bottom Profiler) onde 126 linhas foram adquiridas com a utilização de fonte sísmica tipo boomer e 152 linhas adquiridas utilizando a tecnologia chirp, sempre acompanhadas de seus respectivos dados batimétricos monofeixe. Os dados foram coletados em linhas contínuas de sondagem e posteriormente processados e interpretados

Além do método sísmico de investigação as áreas também foram cobertas utilizando o sonar de varredura lateral (Side Scan Sonar) e de batimetria multifeixe. (Ver Figuras 4 e 5).



Figura 8 - Identificação e localização das áreas pesquisadas

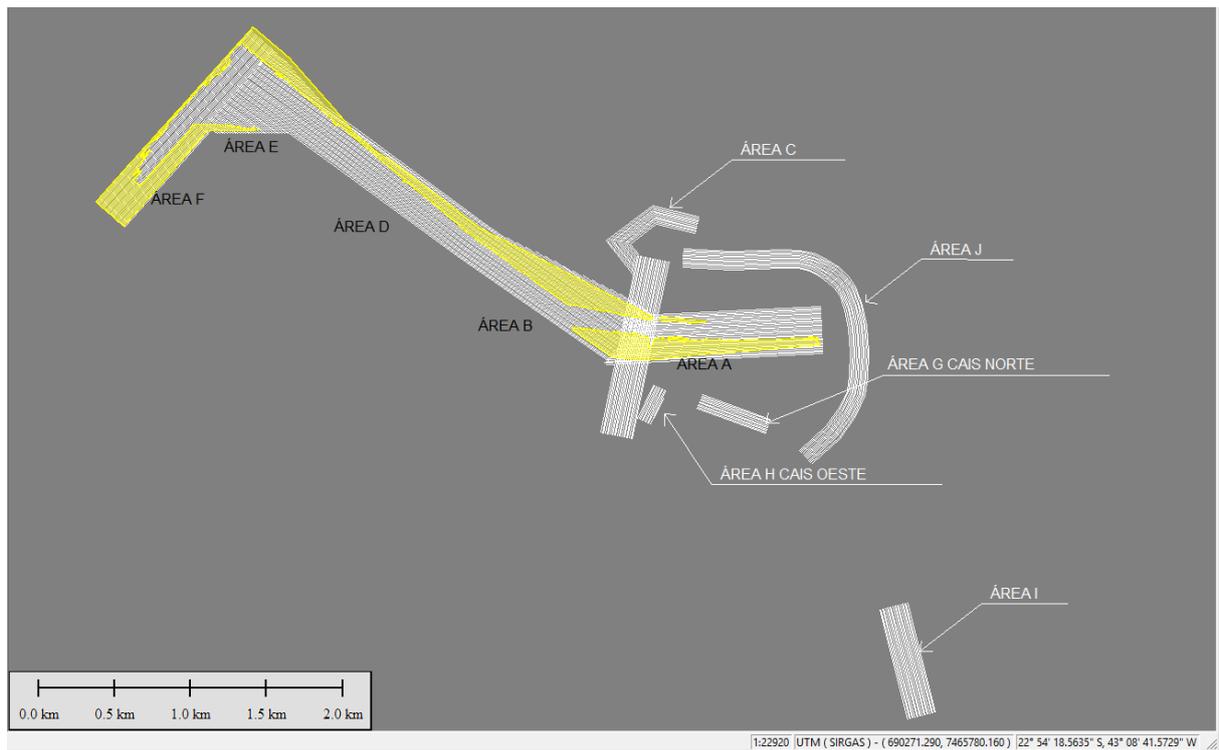


Figura 9 - Identificação das áreas pesquisadas e polígono prioritário

5.7.1. Interpretação Sísmica/Batimétrica

Os dados sísmicos de reflexão e os dados batimétricos, por serem adquiridos de maneira indireta, necessitam de aferição e controle para espelhar as reais condições em que se encontram distribuídos os sedimentos e as rochas na superfície e em subsuperfície e identificar e definir as espessuras das diversas camadas geológicas atravessadas pelo sinal sísmico.

As profundidades alcançadas pelos perfis sísmicos são dependentes da composição dos materiais encontrados em subsuperfície e suas características (densidade, porosidade, natureza da sedimentação, presença de água e gases nos poros das rochas). A penetração medida pelo método depende das velocidades sísmicas intervalares das camadas atravessadas.

O presente projeto contou com 28 pontos de amostragens fornecidos pelo cliente, a saber: JP-01, JP-12, JP-14, BHVO-02A, SP-1, SP-3, SP-5, SP-7, SP-9, SP11 e SP-13 (executadas ao longo de vários anos) e POR-01, POR-02, POR-03, POR-04, POR-05, POR-06, POR-07, POR-08, POR-09, POR-10, POR-11, POR-12, POR-14, POR-15, POR-17, POR-18 e POR-19 (executadas para o presente projeto

de dragagem - ano de 2015) (Figura 10). As sondagens foram utilizadas para aferição, controle e correlação com os diversos horizontes sísmicos identificados, em anexo.

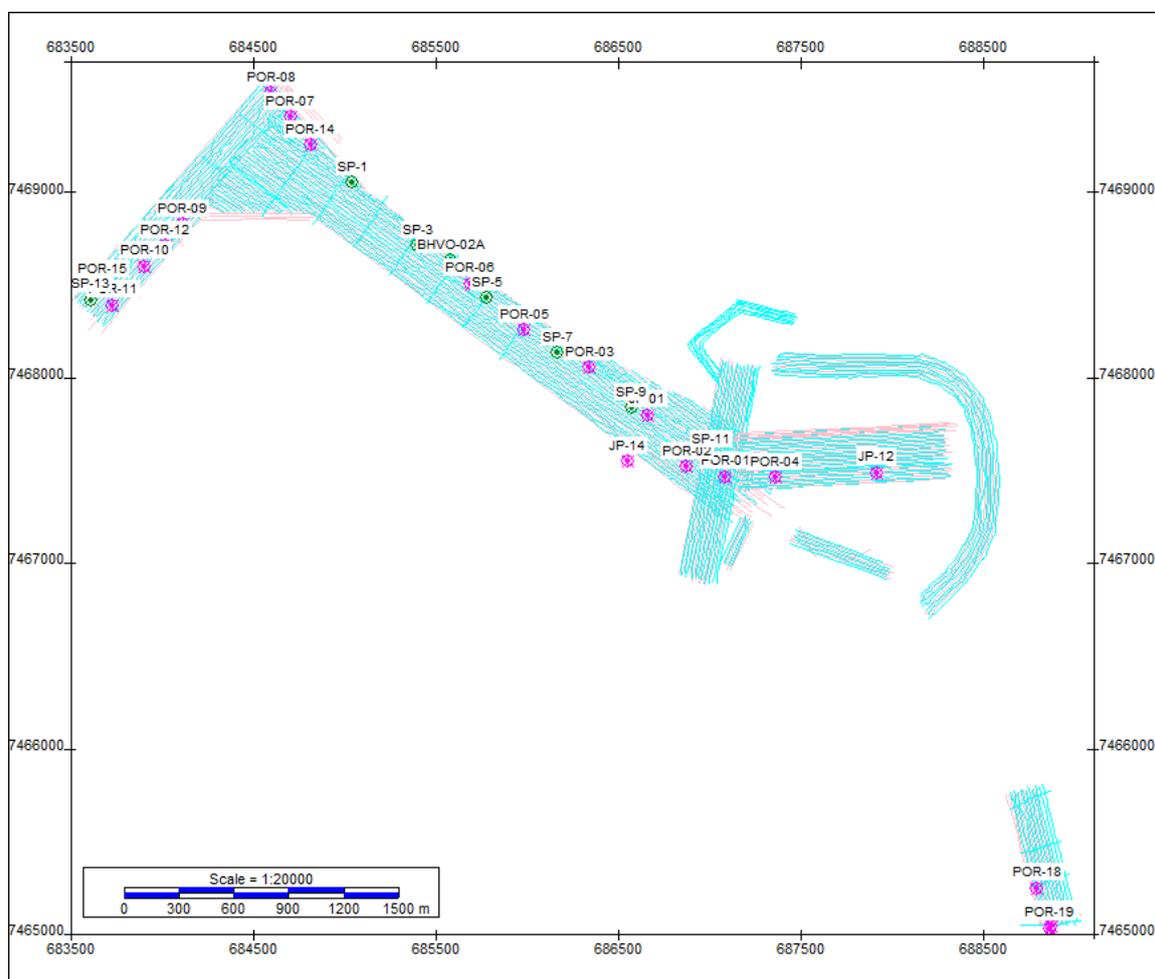


Figura 10 – Localização das sondagens mecânicas

Nesse projeto o procedimento seguido foi:

Identificação e interpretação de quatro horizontes sísmicos, a saber:

Hz 1 Fundo do mar;

Hz 2 Argilas e areias moles e pouco compactas;

Hz 3 Areias e siltes medianamente compactos e

Hz 4 Embasamento acústico.

Geração de arquivos XYZs com as profundidades do topo de cada horizonte mapeado (em anexo).

5.7.2. Conversão Tempo / Profundidade

Os valores das velocidades intervalares médias das camadas mapeadas para utilização da conversão do tempo em profundidade foram assim correlacionados:

Hz 2 estimado em 1505 m/s,

Hz 3 estimado em 1560 m/s,

Hz 4 estimado em 1600 m/s.

As cotas dos diversos horizontes mapeados foram obtidas conforme a seguir:

- Conversão dos arquivos em tempo para profundidade a partir das velocidades intervalares,
- Após a obtenção das espessuras em metros de cada horizonte, foram somadas as cotas batimétricas advindas da batimetria de multifeixe para o fundo do mar de cada ponto um dos perfis sísmicos, resultando nas profundidades de cada horizonte.

5.7.3. Conclusões e Recomendações

O planejamento de levantamento geofísico foi cumprido e as restrições à navegação presentes não impediram a coleta de dados. Restrições tais como: presença de embarcações nos piers, fundeadas e/ou navegação da embarcação que executou o serviço em áreas de pouca profundidade não provocaram desvios significativos das linhas navegadas com relação às linhas planejadas.

Os levantamentos sísmicos executados com a utilização da fonte tipo **boomer**, apresentaram um conteúdo de frequências maior do que os dados adquiridos com a tecnologia **chirp** em função da razão de amostragem utilizada em cada método.

O emprego das duas tecnologias de aquisição sísmica são complementares e durante o processo de interpretação, a seleção das linhas interpretadas foram dependentes do conteúdo de frequência nos dados, resolução

vertical da seção sísmica, ruídos presentes no momento da aquisição e penetração do sinal sísmico e, portanto, não foi possível a interpretação de todos os horizontes da totalidade das linhas adquiridas.

O processo interpretativo foi conduzido de maneira a fornecer resultados prioritariamente para linhas contidas no polígono prioritário fornecido pela Van Oord (Figura 9).

A planta contendo a interpretação dos dados sonográficos apresentou boa concordância com os dados batimétricos e facilitou a identificação de objetos antrópicos importantes e afloramentos do embasamento acústico ou proximidade da cota limite de dragagem (15 m) fornecida pela Van Oord, notadamente nas áreas C, J e I.

O método sísmico de investigação monocanal é sensível à perda de penetração e resolução quando ocorre a presença de camadas de mais altas velocidades na superfície próximas ao fundo marinho e a presença de gases nos sedimentos que influenciam na perda da boa qualidade do sinal retornado, dificultando uma interpretação mais precisa. As sondagens executadas serviram para aferição e controle dos horizontes mapeados que foram resumidos com as descrições generalizadas já mencionadas no item 5.7.

As profundidades do horizonte de maior dificuldade para a dragagem é o Hz 4 (Embasamento acústico) que variaram de 3,4 m até 32,1 m.

5.8. Documentos Cartográficos Produzidos

5.8.1. Plantas de Interpretação Sísmica

Após o processamento dos dados, foram confeccionadas onze plantas sísmicas, desenho nº **HDT-878-15-001-BAT** a **HDT-878-15-011-BAT**, na escala de 1:2000 no formato A0 da ABNT, na projeção UTM do sistema de GAUSS.

Nessas plantas estão representadas as profundidades dos horizontes sísmicos, as coordenadas em UTM além de quatro cruces de acerto.

5.8.2. Plantas Sonográfica

Após a interpretação das imagens do sonar, foi gerada uma planta, desenho nº **HDT-878-15-001-VRL**, na escala 1:10000, no formato A1 da ABNT, na projeção cartográfica UTM do sistema de GAUSS, onde está representada a área pesquisada e a interpretação das feições encontradas.

6. ANEXOS

- ✓ Cópia da Autorização nº 070/15, do CHM
- ✓ Dados Maregráficos
 - Ficha de Estação Maregráfica F41-1515-001/05 versão 1/2010
 - Ficha de Anotações de Marés
 - Maregramas
 - Registros do Marégrafo (arquivo digital)
- ✓ Plantas de Interpretação Sísmica
- ✓ Planta Sonográfica
- ✓ Imagens Sísmicas (arquivo digital)
- ✓ Imagens Sonográficas (arquivo digital)
- ✓ Arquivo XYZ (arquivo digital)
- ✓ CD contendo este relatório e anexos

Engº. Augusto Dantas Sampaio
Diretor



✓ **CÓPIA DA AUTORIZAÇÃO nº 070/15, DO CHM**



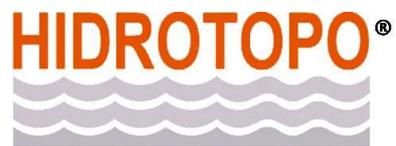
✓ **DADOS MAREGRÁFICOS**

-
- **Ficha de Estação Maregráfica – DHN**
-

-
- **Ficha de Anotações de Marés**
-



-
- **Maregramas**
-



-
- **Registros do Marégrafo (arquivo digital)**
-



✓ **IMAGENS SÍSMICAS (arquivo digital)**



✓ **IMAGENS SONOGRÁFICAS (arquivo digital)**



✓ **ARQUIVO XYZ (arquivo digital)**



✓ **PLANTAS DE INTERPRETAÇÃO SÍSMICA**



✓ **PLANTAS SONOGRÁFICAS**



✓ **CD, CONTENDO ESTE RELATÓRIO E ANEXOS**
