

**PLANO DE DRAGAGEM**  
**PARA O TERMINAL SANTA CATARINA - TESC,**  
**EM SÃO FRANCISCO DO SUL - SC**

**RELATÓRIO TÉCNICO**

**RT-Nº11005-R00**

**SETEMBRO DE 2011**

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	3
2	METODOLOGIA.....	4
2.1	LOCAÇÃO DA ÁREA NO COMPLEXO PORTUÁRIO DE SÃO FRANCISCO DO SUL.....	5
2.2	LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO.....	7
2.3	SONOGRAFIA.....	9
2.4	COLETA DE AMOSTRAS DE SEDIMENTOS.....	10
2.4.1	PONTOS DE COLETA DE SEDIMENTO.....	11
3	RESULTADOS.....	16
3.1	BATIMETRIA.....	16
3.1.1	PLANTA BATIMÉTRICA.....	20
3.1.2	LOCAÇÃO DA ÁREA DE DRAGAGEM E BOTA-FORA NA BAÍA DA BABITONGA.....	24
3.2	SONOGRAFIA.....	26
3.2.1	PLANTA DE SONOGRAFIA.....	27
3.3	COLETA GEOLÓGICA DE SEDIMENTOS.....	29
3.3.1	PLANO DE DRAGAGEM.....	37
3.4	CÁLCULO DOS VOLUMES A DRAGAR.....	38
3.4.1	LOCAÇÃO DA ÁREA DE DRAGAGEM.....	39
3.4.2	EIXO E SEÇÕES TRANSVERSAIS.....	41
3.4.3	PERFIL LONGITUDINAL.....	43
3.4.4	CÁLCULO DE VOLUME POR SEÇÃO.....	45
3.5	EQUIPAMENTOS DE DRAGAGEM.....	47
3.5.1	TIPOS DE DRAGAS EXISTENTES.....	50
4	ANEXOS.....	56
4.1	SEÇÕES TRANSVERSAIS.....	56
4.2	PERFIS SEDIMENTOLÓGICOS.....	128
4.3	LAUDO TÉCNICO - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA – UNIVALI/CTTMAR.....	152

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo a elaboração do PLANO DE DRAGAGEM PARA O TERMINAL SANTA CATARINA - TESC, em São Francisco do Sul – SC, a fim de proporcionar melhor eficácia ao serviço de dragagem em estudo.

Tendo em vista o crescimento dos navios mercante, tem-se a necessidade imediata de adequações nos berços de atracação dos terminais portuários, proporcionando segurança nas manobras das embarcações.

As atividades de dragagens são essenciais no processo de ajustes na infraestrutura, principalmente em locais de baixas profundidades, onde sofrem processo de assoreamento pelo carreamento natural de sedimentos advindos da drenagem continental, bem como de áreas adjacentes.

Como parte integrante desse estudo e para servir de dados primários, e posteriormente para elaboração do plano de dragagem, foram efetuados alguns serviços específicos: levantamento batimétrico, sonografia da superfície do substrato e coleta geológica de sedimentos em forma de testemunhos.

## 2 METODOLOGIA

A planta de locação da área no complexo portuário de São Francisco do Sul apresenta a localização da área de estudo, onde foram locados os furos de sondagem, realizados levantamento batimétrico e sonografia.

A área de estudo possui um comprimento de 265 m e largura de 200 m, compreendendo uma área de 5,3 ha. Está inserida dentro do Complexo Portuário do Município de São Francisco do Sul, em Santa Catarina e vem operando seu cais de atracação desde o ano de 2001, movimentando diferentes tipos de cargas.

Na seqüência serão detalhadas as atividades desenvolvidas na etapa da coleta de dados primários para a posterior elaboração do plano de dragagem.

## 2.1 LOCAÇÃO DA ÁREA NO COMPLEXO PORTUÁRIO DE SÃO FRANCISCO DO SUL

## 2.2 LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO

A batimetria foi realizada nos dias 05 e 12/08/2011, para tanto foi utilizado um ecobatímetro de dupla frequência (33 e 100KHz) Syqwest, modelo Hydrobox. Em campo o equipamento foi instalado em uma pequena embarcação (para possibilitar a medição em áreas rasas) e conectado ao notebook juntamente com um DGPS (operando com correção do sinal via rádio-farol), através do software Hypack para planejamento, aquisição e tratamento dos dados (Figura 1. Ecobatímetro (A) Embarcação (B) e placa de calibração (C) para batimetria.). Rotineiramente, antes e após os levantamentos, foram realizadas calibrações do ecobatímetro com uso de uma placa de calibração. Em gabinete os dados foram processados e posteriormente elaboradas plantas batimétricas.



Figura 1. Ecobatímetro (A) Embarcação (B) e placa de calibração (C) para batimetria.

Para a medição da variação da maré foi utilizada a régua maregráfica instalada no Berço 301 do píer do TESC (Figura 2. Régua maregráfica utilizada para leitura da variação da maré, necessária para nivelamento dos dados batimétricos).

Foram planejadas linhas perpendiculares ao berço de atracação com espaçamento entre linhas de 5.0 m, possibilitando com isso uma perfeita cobertura do fundo.



**Figura 2. Régua maregráfica utilizada para leitura da variação da maré, necessária para nivelamento dos dados batimétricos**

A batimetria tem como objetivo principal a determinação das profundidades atuais da área de estudo para efetuar o cálculo dos volumes necessários para se alcançar as cotas de projeto, bem como do acompanhamento das taxas de assoreamento e/ou erosão na área de influência direta do projeto, comparando-se com levantamentos pretéritos.

## 2.3 SONOGRAFIA

O levantamento sonográfico da área de estudo foi realizado no dia 12/08/2011, e teve por objetivo mapear o substrato marinho para se conhecer o padrão morfológico superficial e a existência de possíveis obstáculos que possam dificultar a atividade de dragagem, como a presença de rochas na área delimitada.

O levantamento sonográfico foi realizado com um sistema digital de sonar de varredura lateral Starfish 450F (Figura 3. Side scan sonar Starfish 450F), operando em frequência de 450KHz, e resolução horizontal de 10 cm conectado do DGPS para obtenção do posicionamento geográfico em tempo real. Este imageamento do fundo permite o mapeamento das anomalias existentes no leito subaquático e também indica os tipos de sedimentos superficiais existentes.



Figura 3. Side scan sonar Starfish 450F

A aquisição foi feita com auxílio do software de aquisição *Scanline* (Tritech Inc.) e o processamento dos dados foi realizado com o uso do software *Sonarwiz5* (Chesapeake Technology Inc.). Os resultados consisti em um relatório dos contatos encontrados, um mosaico de todas as imagens e um mapa batimétrico da área hidrografa.

A sonografia foi realizada em toda a área de estudo, longitudinalmente ao Berço de atracação, com uma cobertura de 100 metros de largura para cada lado.



## **2.4 COLETA DE AMOSTRAS DE SEDIMENTOS.**

No intuito de se conhecer o padrão sedimentológico da área de estudo, foram selecionados 20 pontos amostrais para a coleta de sedimentos. O sistema de coleta foi semelhante ao procedimento do SPT (Standard Penetration Test – Teste Padrão de Penetração), porém a amostra ficou totalmente preservada no interior do amostrador. Foram selecionadas 02 sub-áreas na área de interesse para a dragagem. A primeira, localizada ao longo do cais existente que terá profundidade final de -12,0 m e uma segunda área adjacente à primeira com cota final de -7,0 m. A profundidade de penetração do amostrador diferenciou em função da coluna d'água existente no local selecionado de para cada furo. As fichas dos Perfis Sedimentológicos de cada furo estão anexadas ao presente relatório, ver ANEXO 4.2.

#### 2.4.1 PONTOS DE COLETA DE SEDIMENTO

Para a instalação do sistema de perfuração, foi utilizado um flutuante com 14,0 m de comprimento e boca moldada de 4,5 m, um tripé metálico foi responsável pela sustentação do peso (martelo) utilizado para bater no amostrador e fazer com este penetre no sedimento (Figura 4). Este martelo possui peso de 65,0 Kg e levantado cerca de 0,75 m para cada golpe no amostrador (Figura 5).

Sedimentos moles (argilas não compactadas) não apresentam resistência à penetração, ou seja, o amostrador penetra sem golpes, apenas com o peso do mesmo, sendo que cada seção de amostrador de 3,0 m de comprimento pesa cerca de 16,0 Kg. A partir do momento em que o mesmo encontra resistência é necessário iniciar os golpes com o peso. Cada material em específico possui um determinado valor de dureza, que é equivalente ao número de golpes necessários para penetrar um determinado comprimento do amostrador.

Neste caso em específico, foi selecionado este tipo de amostrador para a coleta de sedimentos para a execução de análises químicas para cumprir as exigências estabelecidas pela Resolução nº 344 de 25 de março de 2004 do CONAMA. Adicionalmente, os dados sedimentológicos foram utilizados para servir de dados primários para a elaboração do presente plano de dragagem.

As amostras coletadas foram separadas por profundidade de penetração, sendo armazenadas em intervalo de profundidade de penetração de 2,0 m. Estas amostras foram armazenadas em recipientes específicos para encaminhar aos laboratórios de análises químicas e sedimentológica.



**Figura 4. Balsa flutuante utilizada (esquerda) provida de tripé metálico (direita).**



**Figura 5. Amostrador tubular de sedimentos de 2" de diâmetro e ao lado o peso.**

A Figura 6 apresenta as embalagens utilizadas para armazenamento provisório das amostras para encaminhar para os laboratórios.



Figura 6. Embalagens utilizadas para armazenamento das amostras de sedimentos.

## 3 RESULTADOS

Serão apresentados nesta seção os resultados obtidos com as coletas específicas acima discriminadas.

### 3.1 BATIMETRIA

Depois de processados os dados e plotados em planta verificou-se um talude longitudinal suave em direção à extremidade do berço de atracação, com cotas positivas no início do berço, alcançando profundidades na ordem de -14,0 m na extremidade do mesmo. Estas cotas positivas são resultantes do acúmulo de sedimentos na porção mais rasa por intermédio dos processos de transporte de sedimentos através das correntes marinhas, bem como do aporte continental favorecido pelo Rio Pedreira, localizado na adjacência do terminal, que drena uma área representativa do município.

Estes processos de acúmulo de sedimentos nesta porção do terminal se dá em função dos processos de crescimento urbano, que muitas vezes ocasionam a supressão da vegetação ciliar, aterros nas áreas próximas aos corpos d'água, carreamento de sedimentos de diferentes classes depositados nas porções mais elevadas (morros) e que por ação das chuvas são levados em direção ao rio e, por conseguinte para o ambiente marinho sendo depositados com a diminuição da energia de transporte, como é o caso em questão.

As profundidades vão aumentando gradualmente em direção a porção externa do berço, em função do aumento da energia de transporte das correntes incidentes e quando comparado com os dados de levantamentos batimétricos anteriores, percebe-se que existe uma tendência de manutenção destas profundidades ao longo do tempo.

A planta batimétrica apresentada na seqüência, indicam as profundidades encontradas na área de estudo.



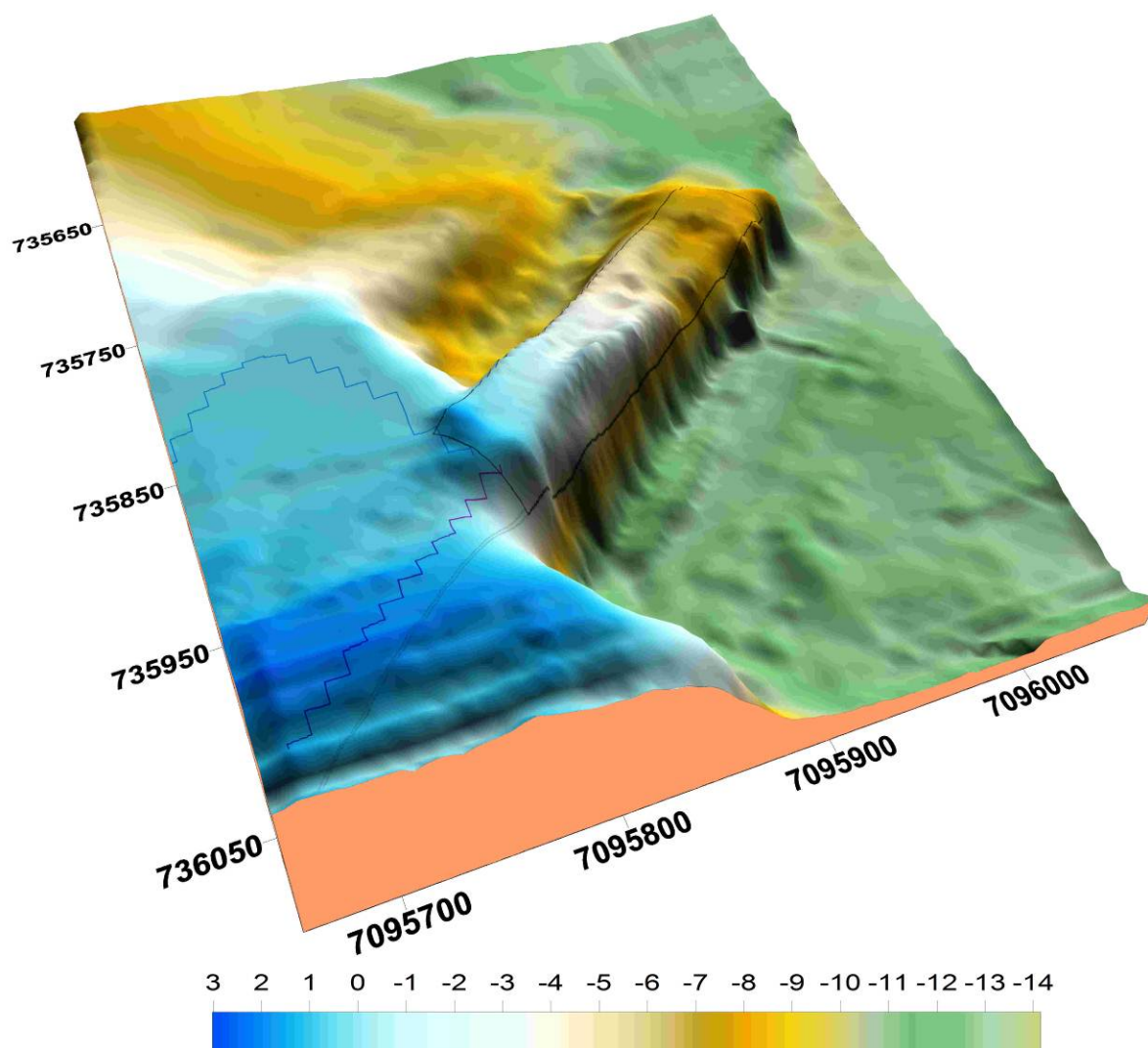


Figura 7. Planta 3D com espectro de profundidades, esquerda lado externo, centro píer TESC, direita dárcena

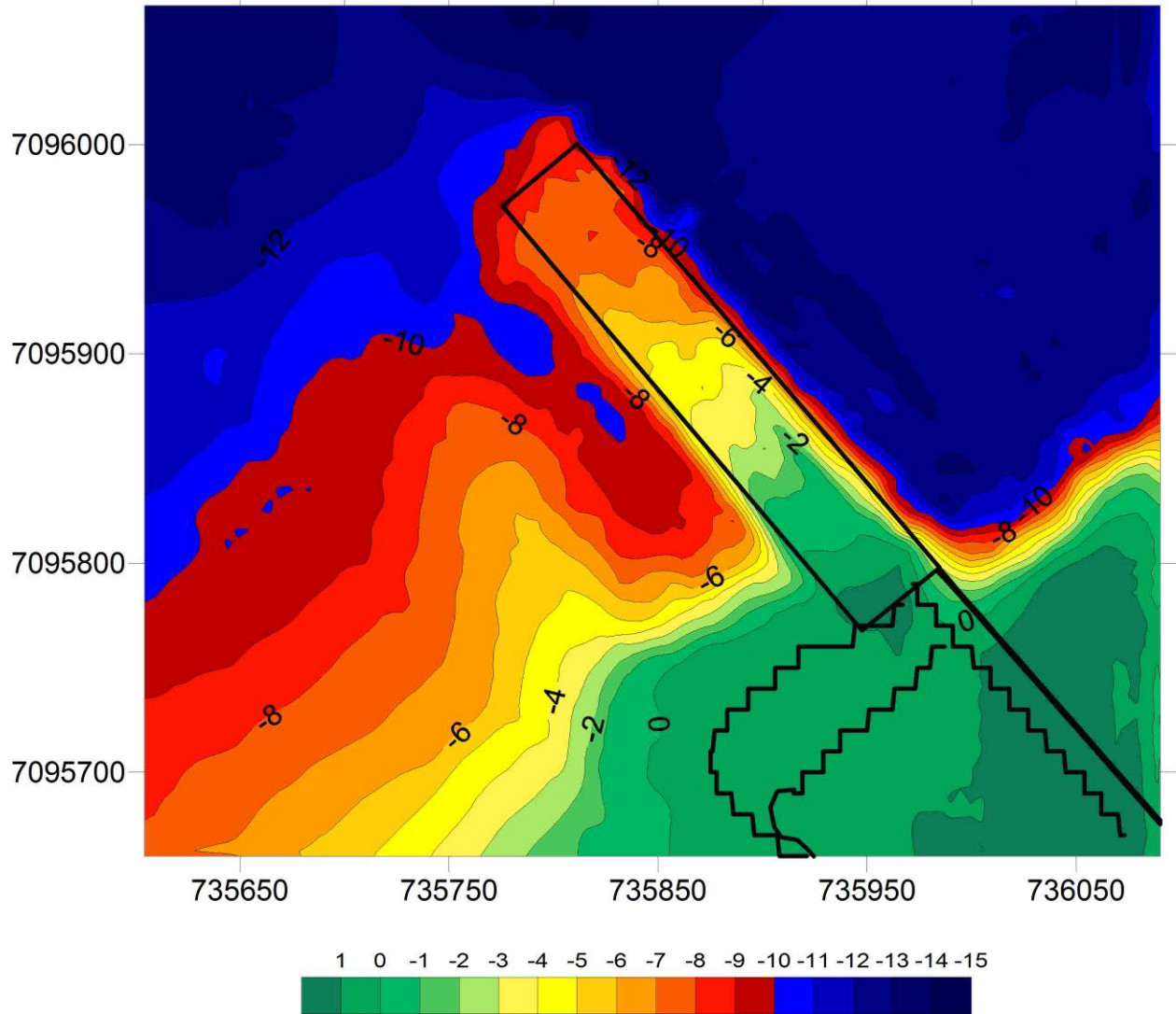


Figura 8. Planta com espectro de profundidades, esquerda lado externo, centro píer TESC, direita dárcena



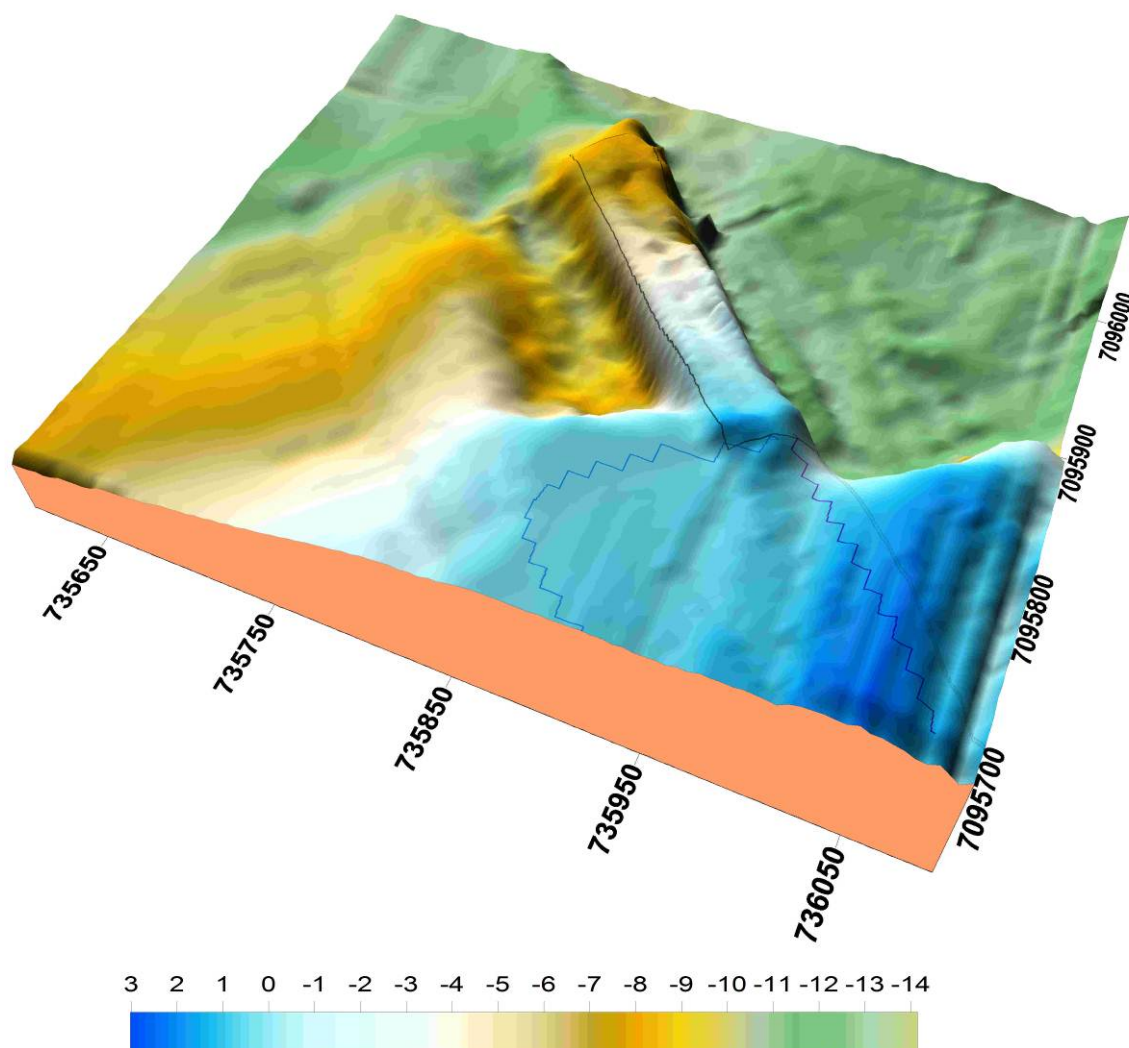


Figura 9. Planta 3D com espectro de profundidades, esquerda lado externo, centro píer TESC, direita dárcena

### 3.1.1 PLANTA BATIMÉTRICA

### 3.1.2 LOCAÇÃO DA ÁREA DE DRAGAGEM E BOTA-FORA NA BAÍA DA BABITONGA

### **3.2 SONOGRAFIA**

A execução da sonografia possibilitou a visualização da superfície da área de estudo de forma bem satisfatória, uma vez que o fundo se apresenta bem plano e não possui nenhum tipo de obstáculo representativo que possa trazer prejuízos para a operação do equipamento de dragagem a ser empregado para a remoção dos sedimentos.

O fundo é bem homogêneo na totalidade da área, composto basicamente por sedimentos alóctones finos (argila e silte) depositados pelo transporte aquoso, carregados pelas correntes de maré dos processos erosivos e pela ação dos ventos incidentes na região. Esta composição foi comprovada de acordo com as amostras coletadas nos pontos amostrais selecionados indicados na Figura 6.

A figura do imageamento da área está ilustrada na planta de sonografia apresentada a seguir.

### 3.2.1 PLANTA DE SONOGRAFIA

### 3.3 COLETA GEOLÓGICA DE SEDIMENTOS

As coletas foram realizadas entre os dias 26 e 30/07/2011 e as condições climáticas estavam favoráveis às atividades, sem existência de vento e ondulação, apenas em determinados períodos com velocidades elevadas de corrente, principalmente partindo da porção mediana à extremidade do berço. A Figura 10 ilustra o testemunho obtido com o processo de penetração do amostrador.

O valor na penetração é dada de acordo com o procedimento do ensaio que consiste na cravação deste amostrador, usando a queda de um peso de 65 kg caindo a uma altura de 75 centímetros. O valor “Nspt” é o número de golpes necessário para fazer o amostrador penetrar no solo a uma profundidade de 30 centímetros, após a cravação inicial de 15 centímetros.

Material mole é aquele onde o Nspt é pequeno, já material com alta resistência possui Nspt acima de 10, ou seja, são necessários cerca de 10 golpes para que o mesmo penetre 0,3 m.



Figura 10. Testemunho cilíndrico retirado do interior do amostrador.

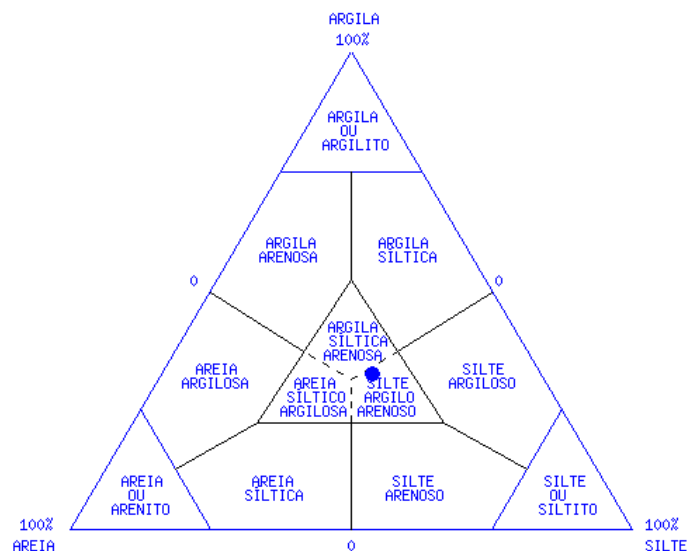
Será considerada aqui a seguinte nomenclatura para fins de dureza de penetração do amostrador:

- Baixa resistência à penetração: 01 *Nspt*;
- Média resistência à penetração: até 10 *Nspt*;
- Alta resistência à penetração: mais de 10 *Nspt*.

Os perfis sedimentológicos estão enumerados de 01 a 20 e brevemente descritos a seguir:

### Perfil 01:

Coluna d'água de 0,31 m com uma pequena camada 0,60 m de lama bem fluida sem resistência à penetração, abaixo uma camada com profundidade de 2,5 m de material composto por silte argilo arenoso (segundo Diagrama de Shepard, Figura 11) com pouca resistência à penetração, executada com auxílio do martelo. Abaixo desta camada penetração de 3,3 m com resistência à penetração aumentando gradativamente com a profundidade. Penetração total de 7,0 m.



**Figura 11. Diagrama de Shepard de classificação granulométrica indicando a classe a qual pertence à amostra de fundo do ponto 01.**

## Perfil 02:

Coluna d'água de 0,11 m com uma pequena camada 0,50m de areia argilosa de coloração escura, abaixo camada de 1,0 m de variando entre areia argilosa e siltica com presença de areia grossa. Camada de 2,2 m com média resistência à penetração composta por argila siltica escura. Nova camada de 0,75 m composta por areia e argila esbranquiçada com alta resistência à penetração. Mudança de padrão na coloração da argila passando de esbranquiçada para avermelhada e resistência semelhante à anterior.

Neste perfil ocorreu a forte presença de mica em todas as profundidades, sendo 80% na superfície, 55% no meio e 40% na amostra de fundo. Este tipo de material é denominado também de *Mica biotita*, que é um Mineral negro, que se rompe facilmente em finas lâminas flexíveis devido à sua boa clivagem placóide, facilmente alterada pelo intemperismo químico em climas úmidos e quentes, dando origem a argilas. É um silicato hidratado de alumínio, ferro e magnésio, podendo conter também manganês e titânio. De acordo com o perfil obtido pelo amostrador observou-se a presença de diferentes classes de micas. Sendo a *Mica Branca* (moscovita ou "malacacheta") pela cor e composição química. O conteúdo em ferro da biotita é o principal responsável pela coloração das argilas e dos solos. Dependendo da quantidade e do estado de oxidação deste elemento, a cor do solo pode variar em vários tons de vermelho e amarelo (assim como foram observados em campo). A mica, apesar de ser um mineral de baixa dureza, 2,5 a 3,0 na escala de Mohs, pode ser encontrada, em pequena quantidade, como pequenas palhetas nas praias, junto ao quartzo. Isto se deve ao fato, de que os grãos não alterados pelo intemperismo químico, são facilmente transportados em suspensão na água devido sua forma placóide. Este tipo de transporte protege a biotita do desgaste provocado pelo choque entre as partículas e o fundo da drenagem.



**Perfil 03:**

Coluna d'água de 0,02 m com uma pequena camada 1,0m de areia siltico argilosa de coloração escura, abaixo camada de 2,0 m de argila siltica arenosa escura com presença de areia grossa e média resistência à penetração. Camada de 1,0 m com elevada resistência à penetração composta por areia argilosa avermelhada. Nova camada de 1,0 m composta por areia e argila esbranquiçada com alta resistência à penetração. Camada de 1,0 m de argila esbranquiçada com elevada resistência semelhante à anterior. Penetração de menos de 0,01m por golpe. Tal como a amostra anterior a presença das Micas ficam bem evidentes devido à coloração característica da mesma.

**Perfil 04:**

Coluna d'água de 0,15 m com uma camada 0,8 m de argila arenosa de coloração escura sem nenhuma resistência. Camada de 0,6 m de argila siltica escura com presença de areia pouca resistência à penetração. Camada de 0,6 m com pouca resistência e sem presença de areia, nova camada de 1,0 m composta por argila siltica amarelada com traços de argila esbranquiçada com média resistência à penetração. Camada de 2,0 m de areia argilosa amarelada com alta resistência à penetração. Por fim, camada de 2,0 de areia argilosa de coloração escura e muito dura à penetração.

**Perfil 05:**

Coluna d'água de 4,39 m, camada de 1,0 m de lama (areia argilosa) bem fluida sem resistência à penetração. Camada de 3,2 m de areia argilosa com presença de areia grossa e cascalho com alta resistência à penetração. Abaixo camada de 0,5 m de areia argilosa siltica negra e areia grossa com alta resistência. Por fim, camada de 0,8 m com material argilo-arenoso com alta resistência.

**Perfil 06:**

Coluna d'água de 0,21 m, camada de 1,0 m de areia argilosa (muita fina) bem fluida sem resistência à penetração, apenas com o peso do amostrador. Camada de 3,2 m de areia argilosa à siltica com pouca resistência à penetração. Abaixo camada de 2,0 m de areia muito fina de coloração negra com alta resistência. Por fim, camada de 3,0 m de material argiloso siltico amarelada com alta resistência, apenas penetrando 0,01 m por golpe do peso.

**Perfil 07:**

Coluna d'água de 2,46 m, camada de 2,15 m de areia muito fina (cerca de 80%) de média resistência à penetração. Camada de 2,3 m de argila siltica arenosa de média resistência à penetração.

**Perfil 08:**

Coluna d'água de 9,69 m posteriormente uma camada de 0,8 m de lama terrígena arenosa muito fluida sem resistência ao amostrador, camada de 1,2 m de areia siltica de cor escura e média resistência à penetração. Camada de 1,0 m de areia siltica entre branca e avermelhada com alta resistência à penetração, cerca de 1 golpe para cada 0,02m. Também característica de presença de Micas.

**Perfil 09:**

Coluna d'água de 6,01 m, abaixo da superfície camada de 2,5 m de areia argilosa com baixa resistência à penetração. Camada de 3,2 m de areia argilosa de coloração escura com média e alta resistência à penetração.

**Perfil 10:**

Coluna d'água de 4,58 m, na seqüência camada de 2,0 m de areia argilosa com pouca concentração de silte com média resistência à penetração. Abaixo camada de 2,0 m de areia argilosa de coloração escura com alta resistência à penetração.

**Perfil 11:**

Coluna d'água de 9,75 m, abaixo da superfície camada de 1,0 m de areia argilosa bem fluida sem resistência à penetração, penetração apenas com o peso do amostrador (cerca de 60,0 Kg – 04 tubos). Camada de 3,2 m de areia argilosa de coloração escura com média e alta resistência à penetração.

**Perfil 12:**

Coluna d'água de 6,06 m, abaixo da superfície camada de 1,0 m de areia argilosa bem fluida sem resistência à penetração, penetração apenas com o peso do amostrador (cerca de 60,0 Kg – 04 tubos). Camada de 4,0 m de argila arenosa de coloração escura com média resistência à penetração. Após isto camada de 2,0 m de areia argilosa siltica com elevado valor de  $N_{spt}$  (>10).

**Perfil 13:**

Coluna d'água de 10,45 m, desde a superfície cerca de 0,8 m de argila siltica bem fluida sem resistência à penetração. Camada de 1,0 m de argila siltica de coloração escura com média resistência à penetração e depois mais 1,0 m de material da mesma composição da anterior, porém com alta resistência à penetração.

**Perfil 14:**

Coluna d'água de 8,6 m, desde a superfície cerca de 1,0 m de argila siltica bem fluida sem resistência à penetração, logo na sequência vem uma camada de 1,5 m de argila siltica de coloração escura com média resistência e em seguida mais uma camada de 1,0 m de material da mesma composição da anterior, porém com alta resistência à penetração.

**Perfil 15:**

Coluna d'água de 7,37 m, desde a superfície cerca de 1,0 m de argila siltica bem fluida sem resistência à penetração, logo na sequência vem uma camada de 1,2 m de argila siltica de coloração escura com média resistência e em seguida mais uma camada de 3,0 m de material da mesma composição da anterior, porém com alta resistência à penetração.

**Perfil 16:**

Coluna d'água de 7,96 m. Camada de 1,0 m de argila siltica bem fluida sem resistência à penetração, seguida de uma camada de 1,0 m de argila siltica de coloração escura com cascalho fácil penetração. Abaixo uma camada de 1,0 m de material composto por argila siltica de média penetração. Segue uma camada de 3,2 m de argila siltica e cascalho com alto valor de *N<sub>spt</sub>*.

**Perfil 17:**

Coluna d'água de 9,88 m, desde a superfície cerca de 1,0 m de argila siltica bem fluida sem resistência à penetração, logo na sequência vem uma camada de 1,5 m de argila siltica de coloração escura com cascalho de média a alta resistência à penetração.

**Perfil 18:**

Coluna d'água de 9,16 m, desde a superfície cerca de 1,0 m de argila siltica bem fluida com cascalho sem resistência à penetração. Camada de 3,0 m de camada de argila siltica de média resistência à penetração e ao final camada de 1,0 m de argila siltica de coloração escura com cascalho de média a alta resistência à penetração.

**Perfil 19:**

Coluna d'água de 11,64 m, camada de 1,0 m de argila siltica bem fluida e presença de cascalho sem resistência à penetração, na seqüência uma camada de 1,5 m do mesmo material, porém com média e alta resistência à penetração.

**Perfil 20:**

Coluna d'água de 10,55 m, camada de 1,5 m de argila siltica bem fluida e presença de cascalho sem resistência à penetração, na seqüência uma camada de 2,5 m do mesmo material porém com média resistência à penetração.

As análises granulométricas foram das amostras foram estão apresentadas no anexo 4.3.

### **3.3.1 PLANO DE DRAGAGEM**

Com posse dos resultados acima descritos, o plano de dragagem será dividido em duas distintas seções:

- 1) Cálculo dos volumes necessário a dragar;
- 2) Equipamentos a serem empregados na operação de dragagem.

### 3.4 CÁLCULO DOS VOLUMES A DRAGAR

O cálculo do volume à dragar foi realizado conforme área de dragagem apresentada na PLANTA DE LOCAÇÃO DA ÁREA DE DRAGAGEM, item 3.4.1, e levou em conta a formação de um talude de 1v:4h tendo em vista que os materiais apresentados nas coleta e os taludes existentes apresentam-se estáveis para essa proporção.

Sendo assim com o auxílio do software AutoCAD 3D civil 2011, foi locado um eixo paralelo ao píer do TESC e traçado seções transversais (conforme anexo 4.1), de cinco em cinco metros abrangendo a área da futura dragagem.

Com auxílio do mesmo softwares foram calculadas as áreas das seções, resultando no volume de 190.529,80m<sup>3</sup> a ser dragado conforme apresentado no o item 3.4.4.

### 3.4.1 LOCAÇÃO DA ÁREA DE DRAGAGEM



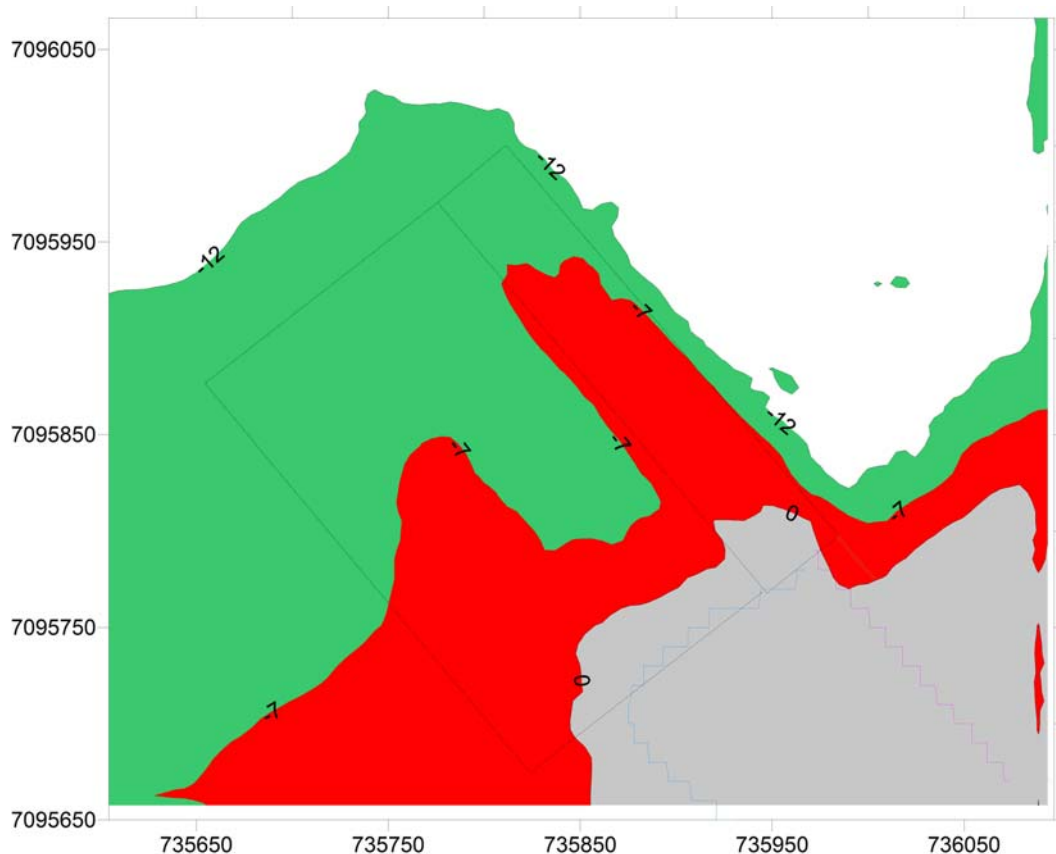
### 3.4.2 EIXO E SEÇÕES TRANSVERSAIS

### 3.4.3 PERFIL LONGITUDINAL

#### 3.4.4 CÁLCULO DE VOLUME POR SEÇÃO

### 3.5 EQUIPAMENTOS DE DRAGAGEM

Os resultados obtidos com as amostragens geológicas, indicaram alguns padrões distintos nas áreas definidas para dragagem para a cota de -7,0 m (DHN) e para -12,0 m (DHN). A Figura 12 abaixo, ilustra as 02 áreas distintas de projeto, as quais serão necessárias remoção de sedimentos.



**Figura 12.** Ilustração indicando a área com profundidades até -7,0 m (vermelho) e a área com profundidades de -7,0 m à -12,0 m (verde).

Nos perfis mais próximos ao píer (01, 05, 08, 11, 13, 14, 17 e 19), afastado cerca de 40,0 m, observa-se uma camada de argila siltica bem fluida variando de 0,8 a 1,0 m em toda a superfície do substrato marinho, ao longo do comprimento do píer. Esta camada é composta basicamente por sedimentos muito finos (de granulometria de silte a argila), com certa concentração de matéria orgânica, característica de ambientes deposicionais. Nos registros de campo, esta camada, não apresentou nenhum tipo de resistência à penetração com o amostrador utilizado, sendo facilmente removida por equipamentos de pequeno porte.

Partindo da cota Zero (representada pelo furo 01, já referenciado ao ZERO DHN) até o ponto 05 com uma extensão de cerca de 40,0 m (cota final de projeto de -7,0 m), o material abaixo da camada fluida é composto de argila siltica de média dureza com espessura de cerca de 6,0 m no ponto 01, aumentando gradativamente a concentração de areia e cascalho em direção ao ponto 05 com camada de 3,2 m para escavação. Abaixo desta camada no ponto 05 tem a presença de argila siltica e areia grossa muito dura, seguida de argila arenosa muito dura. Sendo necessário o emprego de equipamento de corte dimensionado para  $NPS > 10$ .

Este padrão é observado também nos demais pontos ao longo do píer, porém como a cota de projeto a partir do ponto 05 é de -12,0 m, será necessário uma escavação de apenas 2,5 m de material que apresentou baixa à média resistência à penetração, sendo facilmente removida por equipamento de sucção e recalque de médio porte, com potência no desagregador para cortar o material.

Na segunda sequência de perfis, afastados cerca de 80,0m do píer (enumerados como pontos 02, 04, 06, 09, 12, 15, 18 e 20), também ocorre esta camada de sedimento fino, não consolidado ao longo de toda a área, com espessura na ordem de 1,2 m. Tal como nos perfis anteriores, a maior resistência encontrada para o corte está localizada entre os pontos 02 e 06, com uma pequena camada de lama fluida na superfície do fundo e camadas variadas de argila arenosa e siltica com a presença de areia e cascalho em alguns estratos com muita resistência a penetração, conseqüentemente de difícil remoção. Esta área representa um volume significativo, uma vez que as profundidades não ultrapassam a cota de -1,0 m.

Na sequência mais afastada do píer (com afastamento de 120,0 m e representada pelos pontos 03, 07, 10 e 16) não apresentou camada de lama fluida que as anteriores, estando presente sedimentos um pouco mais consolidados, porém com baixa resistência à penetração do amostrador e com uma concentração maior de areia em toda a sua extensão, se comparada com as anteriores, podendo ser facilmente removida por equipamentos de pequeno porte. Entretanto, as camadas inferiores possuem elevada resistência e de difícil remoção, necessitando desta forma de um equipamento que possa cortar/desagregar mais adequadamente este material.

Sendo assim, a camada de lama fluida de fácil remoção pode ser considerada como sendo volume de decapagem para encontrar as camadas de difícil remoção. Estima-se que este volume desta material fluido esteja na ordem de 8.000 metros cúbicos, em uma área aproximada de 8mil m<sup>2</sup>.

Com exceção do material muito consolidado com ocorrência na porção mais rasa da área de estudo, os materiais presentes a partir da linha representada pelos pontos 11, 09 e 16 podem ser considerados de fácil remoção, uma vez que apresentaram média resistência à penetração, podem ser removida por equipamento de sucção e recalque de médio porte (com peso na lança em torno de 10 toneladas e potência motor do desagregador na ordem de 150HP.

Como inexistem áreas de despejo nas proximidades da área portuária e retro-portuária, este material deverá ser depositado no interior de barcaças a fim de serem direcionados ao bota-fora oceânico devidamente licenciado para este fim. O volume desta área é estimado em 50mil m<sup>3</sup>, para se alcançar a cota de projeto de -12,0 m.

Na porção do píer com as profundidades mais baixas, onde ocorre o material de mais dificuldade de remoção, estima-se um volumes de 70mil m<sup>3</sup>. Este material requer um equipamento de dragagem mecânica, uma vez que seria necessário um equipamento de porte muito grande para sua remoção. De qualquer forma poderá ser utilizado uma draga do tipo Alcatruzes ou Clam Shell, que possuem conchas que entram no material e retiram mecanicamente o mesmo, escavando o leito marinho e colocando no interior de barcaças e como dito anteriormente deverão ser lançados na área de despejo oceânico.

A Figura 13, ilustra uma draga de alcatruzes, que se apresenta uma opção de ferramenta para a realização da dragagem deste material sedimentar muito consolidado presente na área de estudo.

### 3.5.1 TIPOS DE DRAGAS EXISTENTES

As dragas **mecânicas** são utilizadas para a remoção de cascalho, areia e sedimentos muito coesivos, como argila, turfa, e silte altamente consolidado. Estas dragas removem sedimentos de fundo através da aplicação direta de uma força mecânica para escavar o material, independente de sua densidade. Os principais tipos de dragas mecânicas são as escavadeiras flutuantes (tais como as de caçamba e as de garras) e as dragas de alcatruzes (também conhecidas por "bucket ladder" ou "clam shell"), estas dragas dispõem de uma corrente sem fim com caçambas que trazem o material de fundo até uma esteira montada em uma lança que eleva e projeta o material dragado a uma certa distância, ou o despeja em outra embarcação. No caso da dragagem do píer TESC, os materiais retirados seriam colocados em barcas e transportados até o bota-fora oceânico. Os sedimentos escavados com a utilização de dragas mecânicas são geralmente transportados em barcas ou barcaças, dependendo do volume a ser transportado.

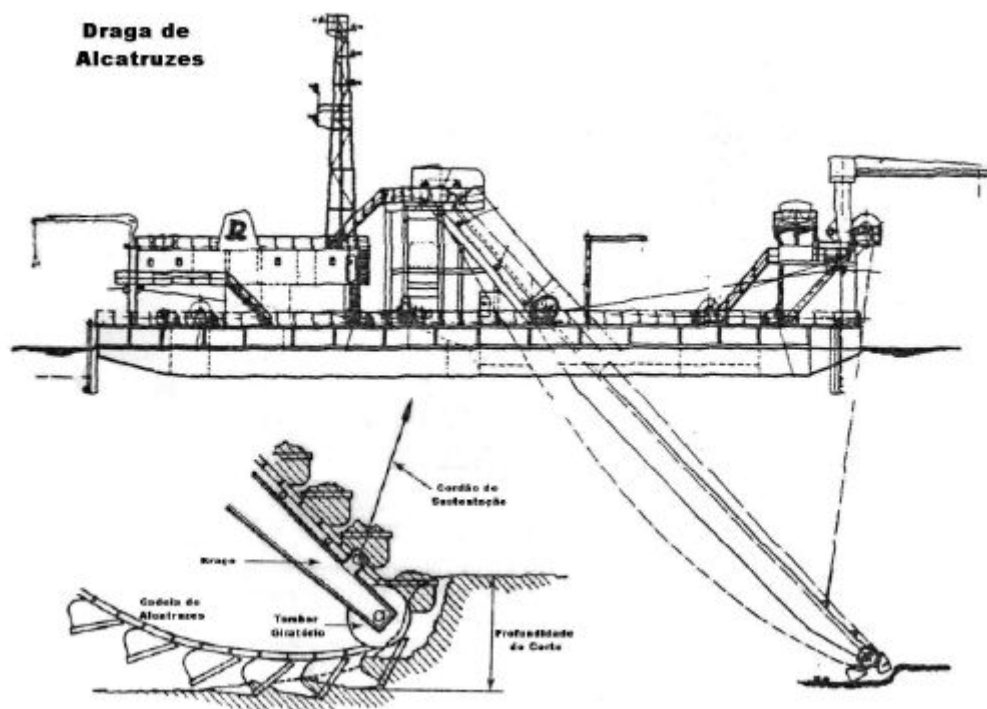


Figura 13. Ilustração de uma draga de alcatruzes utilizada em operações de dragagens



Outro tipo de draga mecânica que poderá ser utilizada é a escavadeira hidráulica que fica no deque de uma barcaça com cisterna para depósito do material retirado do fundo, quando o material é suficiente para encher a cisterna a barcaça segue para o local de descarga e se abre lateralmente para a descarga dos sedimentos (Figura 14).



Figura 14. a) Escavadeira hidráulica instalada sobre barcaça; b) Detalhe da concha retirando material; c) Colocação dos sedimentos no interior da cisterna; d) abertura lateral da barcaça para descarga do material

Em muitas partes do mundo, as dragas **hidráulicas** respondem por aproximadamente 95% das atividades de dragagem (segundo literaturas especializadas). Estas dragas são mais adequadas para a remoção de areia e silte pouco consolidado, removendo e transportando o sedimento na forma de uma mistura aquosa. São em geral bombas centrífugas, acionadas por motores a diesel ou elétricos, montadas sobre barcas e que descarregam o material dragado através de tubulações que variam de 0,15 m a 1,2 m de diâmetro, mantidas sobre a água através de flutuadores.



A bomba produz vácuo na entrada da tubulação e a pressão força a água e o sedimento através da tubulação. Estas dragas não podem operar com material que contenha grandes pedras.

Os tipos de **draga de sucção** são as aspiradoras e as cortadoras. Nas aspiradoras, a sucção é feita por meio de um grande bocal de aspiração, como o dos aspiradores de pó. Com o auxílio de jatos de água, o material é desagregado e, através de aberturas no bocal, é aspirado e levado junto com a água aos tubos de sucção. A draga opera contra a corrente, podendo fazer cortes em bancos de material sedimentado de até 10 metros de largura. Cortes mais largos podem ser conseguidos por uma série de cortes paralelos. Este tipo de bocal é utilizado quando se tratar de material fino e de fraca coesão, em cortes rasos, não cortando material coesivo e não podendo fazer cortes em bancos cujo material pode desmoronar sobre o bocal e impedir a sucção. As características específicas de uma draga dependem das bombas e da fonte de energia escolhida. A máxima extensão de corte que uma draga desse tipo pode realizar é da ordem de 1.100 metros. Caso seja utilizado uma draga de sucção e recalque para a execução da dragagem de parte dos serviços do píer TESC, esta poderá estar provida com jatos d'água para auxiliar na desagregação do material a ser removido. Especialmente em sedimentos coesivos e com a presença de carbonatos (conchas calcáreas).

Como essas dragas se deslocam corrente acima com bastante rapidez, não é conveniente dispor de tubulação em terra ligadas a elas, e sim ligadas a barcas; e para maior eficiência, a tubulação de recalque não deve ter mais de 300 metros de comprimento, nem se elevar acima de 1,5 metros do nível da água (Linsley e Franzini, 1978).

As **dragas de sucção** cortadoras dispõem de um rotor aspirador, equipado com um desagregador que possuem lâminas que desagregam o material já consolidado para que este possa ser aspirado para o interior do tubo de sucção que se insere no núcleo do rotor. O funcionamento é idêntico ao da aspiradora, porém apresentam maior eficiência, e ao invés de atuarem numa linha reta, o movimento da draga descreve a trajetória de um arco. A variação deste tipo de draga são as auto-transportadoras, as quais são navios, com tanques (cisterna) de fundo móvel, onde o material dragado é depositado, transportado para o mar onde é descarregado, dispensando o uso de barças.

As dragas **hidráulicas** (Figura 15), ao aspirar o sedimento, trazem junto uma grande quantidade de água. Conforme os tanques das barcaças e de dragas auto-transportadoras vão se enchendo, é necessário eliminar esta água excedente fazendo-a transbordar para fora da embarcação. Este processo é conhecido por "overflow". O tempo deste overflow depende do tipo de mistura sedimentar da área a ser dragada. Sedimentos com uma concentração muito grande de material fino necessitam um tempo maior para poder carregar a cisterna com material mais pesado para maior eficiência no carregamento. Sedimentos mais pesados, menos aquosos já necessitam menor tempo para carregamento.

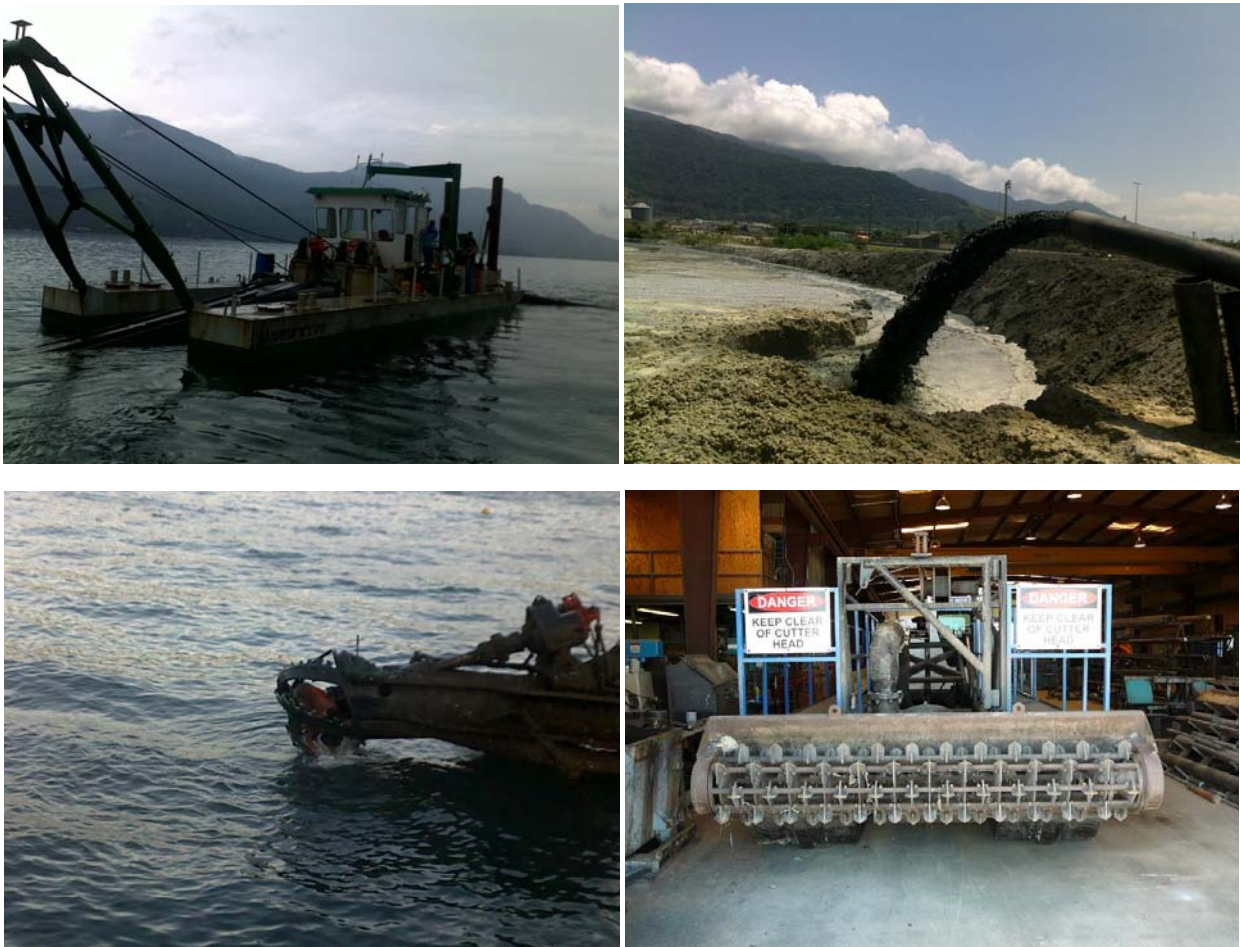


Figura 15. a) Draga de sucção de recalque de 18" sucção x 16" recalque; b) detalhe da descarga através de tubulação de recalque; c) desagregador circular; d) desagregador horizontal.

A seleção do equipamento mais adequado para a execução da operação de dragagem de aprofundamento do Píer TESC da porção externa, deverá levar em consideração alguns critérios técnicos e também financeiros, pois para se remover uma camada de sedimentos de elevada dureza, equipamento de um certo porte terá que ser empregado.

De qualquer forma, o primeiro fator a ser levado em consideração é a questão de viabilidade financeira do empreendimento, pois como dito anteriormente não será qualquer equipamento capaz de escavar tal material observado em campo, que representará cerca de 40% do volume total necessário para se obterem as cotas de projeto. Porém, se caso o empreendedor realmente tenha o interesse de levar o projeto em frente, independente do custo financeiro, um segundo fator é a disponibilidade de equipamentos para a execução nas proximidades da obra, uma vez que os custos com mobilização são elevados e morosos.

Analisando operações anteriores de dragagem na área portuária em locais onde apresentam semelhante padrão sedimentológico ao observado na área a ser dragada, a utilização de equipamento de grande porte do tipo Hopper Dradge (Draga Auto-transportadora), com capacidade de cisterna de 10mil m<sup>3</sup>, não foi capaz de cortar o material que se encontra na porção mais rasa da área a ser dragada, desta forma torna-se inviável tecnicamente o seu uso neste local, apesar de ser um equipamento de grande porte. Sendo assim, descartada como opção de escavação. Embora a mesma possa ser utilizada para o transporte dos sedimentos removidos.

A utilização de draga de sucção e recalque poderá ser utilizada, porém deverá possuir peso na lança de dragagem e potência suficiente de corte no desagregador para poder cortar e succionar o material cortado para o interior de uma barçaça graneleira, para posterior despejo no bota-fora oceânico. Neste caso ela utilizará um pequeno comprimento de tubulação de recalque o que possibilitaria uma elevada produção, porém ficará limitada à capacidade da cisterna da barçaça e do tempo de viagem que levará para ir e vir do bota-fora, que neste caso fica a cerca de 9 milhas náuticas da área de dragagem.

Neste caso em específico, para se utilizar uma escavadeira hidráulica sobre flutuantes, esta deverá possuir comprimento de braço de no mínimo 14 metros, o que dificilmente será encontrada, uma vez que de acordo com o padrão sedimentológico observado na porção mais rasa até a linha formada entre os pontos amostrais 08, 09 e 10, com profundidades que variam de 4,0 m (ponto 10) a 9,0 m (ponto 08) será necessário rebaixar o leito para a cota de -12,0 m e com material de difícil remoção.

Já a utilização de draga de alcatruzes se torna uma opção mais adequada, desde que a mesma possa escavar profundidades para deixar a cota final de no mínimo -12,0 m e -7,0 m nas áreas delimitadas conforme indicado anteriormente.

O tempo de execução da obra irá depender do porte dos equipamentos a serem empregados na referida obra, variando de acordo com o grau de dureza de cada porção a serem escavada, condições climáticas da região, movimentação de navios em operações de atracação e desatracação, tempo de viagem até o bota-fora, dentre outros aspectos operacionais de cada equipamento em particular.

## **4 ANEXOS**

### **4.1 SEÇÕES TRANSVERSAIS**

## 4.2 PERFIS SEDIMENTOLÓGICOS

---

### 4.3 LAUDO TÉCNICO - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA – UNIVALI/CTTMAR