

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**SERGIO HENRIQUE MARTELLI JUNIOR**

**ESTUDO CONCEITUAL DA DRAGAGEM DE APROFUNDAMENTO PARA A  
IMPLANTAÇÃO DO PROJETO DE EXPANSÃO DO TERMINAL PÚBLICO DA  
ALAMOIA**

**Santos, SP  
Maio / 2019**

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**SERGIO HENRIQUE MARTELLI JUNIOR**

**ESTUDO CONCEITUAL DA DRAGAGEM DE APROFUNDAMENTO PARA A  
IMPLANTAÇÃO DO PROJETO DE EXPANSÃO DO TERMINAL PÚBLICO DA  
ALAMOIA**

**Trabalho parcial de Conclusão de  
Curso apresentado para obtenção  
do título de Bacharelado em  
Engenharia Civil à Faculdade de  
Engenharia da Universidade Santa  
Cecília, sob orientação do Professor  
Eng. Me. Adilson Luiz Gonçalves.**

**Santos, SP**

**SERGIO HENRIQUE MARTELLI JUNIOR**

**ESTUDO CONCEITUAL DA DRAGAGEM DE APROFUNDAMENTO PARA A  
IMPLANTAÇÃO DO PROJETO DE EXPANSÃO DO TERMINAL PÚBLICO DA  
ALAMOIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil à Faculdade de Engenharia da Universidade Santa Cecília.

Data da aprovação \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

\_\_\_\_\_  
Professor Me. Adilson Luiz Gonçalves

\_\_\_\_\_  
Prof. (a) Me(a)./ Dr.(a)

\_\_\_\_\_  
Prof. (a) Me(a)./ Dr.(a)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico especialmente aos meus familiares, aos quais sempre me apoiaram durante essa difícil jornada universitária, e ao corpo docente desta Universidade que me transmitiu o conhecimento necessário para minha formação profissional.

## **AGRADECIMENTOS**

A meu orientador, Professor Me. Adilson Luiz Gonçalves, pelas diretrizes e paciência na realização deste trabalho.

A meus familiares, em particular a meus pais minha irmã e minha namorada, os quais estiveram sempre ao meu lado.

Ao Oceanógrafo Carlos Eduardo Neves Consulim, pela revisão do trabalho, paciência nos momentos de dúvidas e fornecimento de referências bibliográficas.

Ao Oceanógrafo Gimel Zanin, pelo incentivo constante, elaboração de ideias e crença em minha capacidade profissional.

Ao Biólogo Gabriel Aun, pelo incentivo constante e crença em minha capacidade profissional.

Ao Engenheiro Ambiental Bruno Iartelli, pelo incentivo constante e crença em minha capacidade profissional.

## RESUMO

O tema escolhido justificou-se devido à necessidade expansão de terminal público na região da Alamoia, responsável pelo embarque e desembarque de combustíveis e graneis líquidos do complexo portuário de Santos. Atualmente ele opera aquém da sua capacidade ideal, gerando elevado tempo de espera dos navios nas áreas de fundeio, o que acarreta grande perda monetária para todos os envolvidos na cadeia logística do produto e diminui a competitividade intermodal do porto no ramo de combustíveis e graneis líquidos. O objetivo principal do trabalho é apresentar de forma conceitual o licenciamento ambiental de dragagem do projeto de expansão do terminal público da Alamoia, uma vez que todos os dados utilizados como base são históricos. Através de uma metodologia dedutiva, o presente estudo conceitual baseia-se em legislações ambientais, revisões bibliográficas e estudo de caso.

**Palavras-chaves:** Dragagem, licenciamento ambiental, complexo portuário.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 01</b> - Hinterlândia do Porto de Santos .....                             | 10 |
| <b>Figura 02</b> - Terminais do Complexo Portuário de Santos .....                   | 14 |
| <b>Figura 03</b> - Ilustração da <i>cutterhead pipeline dredge</i> .....             | 19 |
| <b>Figura 04</b> - Ilustração do funcionamento da draga de sucção e recalque .....   | 21 |
| <b>Figura 05</b> - Ilustração de uma draga do tipo <i>hopper</i> .....               | 22 |
| <b>Figura 06</b> - Esquema da válvula de baixa turbidez ( <i>green valve</i> ) ..... | 23 |
| <b>Figura 07</b> - Esquema da draga escavadeira ( <i>dipper dredge</i> ) .....       | 25 |
| <b>Figura 08</b> - Ilustração de uma draga de caçamba .....                          | 26 |
| <b>Figura 09</b> - Imagem de uma caçamba do tipo <i>clam shell</i> .....             | 27 |
| <b>Figura 10</b> - Visão geral dos terminais de granéis líquidos da Alamoia .....    | 31 |
| <b>Figura 11</b> - Infraestrutura de acostagem do TEGLA .....                        | 32 |
| <b>Figura 12</b> - Projeto de expansão do TEGLA .....                                | 34 |
| <b>Figura 13</b> – Localização do Polígono de Disposição Oceânica – PDO .....        | 38 |
| <b>Figura 14</b> – Localização dos pontos de amostragem .....                        | 40 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 01</b> - Características dos berços do TEGLA .....                    | 32 |
| <b>Tabela 02</b> - Número de amostras para caracterização de sedimentos .....   | 36 |
| <b>Tabela 03</b> - Ponto de amostragem x cota de perfil de coleta .....         | 37 |
| <b>Tabela 04</b> - Coordenadas georreferenciadas dos pontos de amostragem ..... | 37 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| <b>Gráfico 01</b> - Capacidade de cais do TEGLA ..... | 33 |
|---|----|

## SUMÁRIO

|               |  |    |
|---------------|--|----|
| <b>1.</b>     | <b>INTRODUÇÃO</b> .....                                  | 9  |
| 1.2.          | JUSTIFICATIVA .....                                      | 12 |
| 1.3.          | OBJETIVOS .....  | 12 |
| <b>1.3.1</b>  | <b>Objetivo geral</b> .....                              | 12 |
| <b>1.3.2</b>  | <b>Objetivos específicos</b> .....                       | 12 |
| <b>2.</b>     | <b>DESENVOLVIMENTO</b> .....                             | 13 |
| 2.1.          | PORTO DE SANTOS .....                                    | 13 |
| 2.2.          | OBJETIVO DA DRAGAGEM E METODOLOGIAS.....                 | 16 |
| <b>2.2.1.</b> | <b>Principais tipos de dragagem</b> .....                | 16 |
| 2.2.1.1.      | <i>Dragagem de implantação</i> .....                     | 16 |
| 2.2.1.2.      | <i>Dragagem de manutenção</i> .....                      | 17 |
| <b>2.2.2.</b> | <b>Equipamentos de Dragagem</b> .....                    | 17 |
| 2.3.          | LICENCIAMENTO AMBIENTAL.....                             | 27 |
| <b>2.3.1.</b> | <b>Porto de Santos x licenciamento ambiental</b> .....   | 29 |
| <b>3.</b>     | <b>METODOLOGIA</b> .....                                 | 30 |
| 3.1           | PLANEJAMENTO DA PESQUISA .....                           | 30 |
| <b>4.</b>     | <b>RESULTADOS</b> .....                                  | 31 |
| 4.1.          | ESTUDO DE CASO .....                                     | 31 |
| <b>4.2.1</b>  | <b>Projeto de expansão do TEGLA</b> .....                | 34 |
| <b>4.2.2</b>  | <b>Caracterização do material a ser dragado</b> .....    | 35 |
| <b>4.2.3</b>  | <b>Sugestão de Destinação do Material Dragado</b> .....  | 39 |
| <b>4.2.4</b>  | <b>Sugestão Conceitual de Técnicas de Dragagem</b> ..... | 40 |
| <b>5.</b>     | <b>CONCLUSÃO</b> .....                                   | 43 |
|               | <b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....                    | 44 |

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema portuário é fundamental para o comércio exterior nacional. Seu bom desempenho, alinhado ao de outros elementos da cadeia logística, permite o incremento das atividades industriais, comerciais e de transporte de mercadorias, reduzindo custos, aumentando a produtividade e, com isso, melhorando a competitividade dos produtos nacionais num mercado cada vez mais globalizado e exigente. No mundo, mais de 80% do comércio mundial de mercadorias em volume e mais de dois terços de seu valor circulam pelo sistema portuário; no Brasil, esse valor é de cerca de 95%. Os portos atuam nas cadeias globais de transporte que fornecem acesso a mercados, apoiam cadeias de suprimento e ligam consumidores e produtores, além de estarem em constante pressão para se adaptar as mudanças no cenário econômico, institucional e operacional (UNCTAD, 2018).

O complexo portuário de Santos, conhecido como Porto de Santos, caracteriza-se por ser o maior e mais movimentado da América Latina, abrangendo, em sua área de influência, cerca de 50% do PIB brasileiro (IBGE, 2010), englobando os Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais, além do Distrito Federal (MDIC, 2017). Além disso, movimenta cargas de mais 11 Estados brasileiros, configurando uma área de influência secundária e terciária bastante ampla, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Hinterlândia do porto de Santos.



(Fonte: CODESP,2018)

Localizado no Estado de São Paulo, esse complexo portuário tem suas instalações distribuídas entre os municípios de Santos e Guarujá, às margens do estuário de Santos (MTPAC, 2018).

Sua projeção de demanda de cargas considera um crescimento médio de 1,7% ao ano, partindo de 110,3 milhões de toneladas, em 2016, e de 129,9 milhões de toneladas, em 2017, até alcançar cerca de 280,2 milhões de toneladas, em 2060. No curto prazo (até 2020), entretanto, o crescimento da movimentação deve ser mais acelerado, da ordem de 4,3% ao ano (MTPAC, 2018).

O crescimento previsto das demandas de cargas, quando não suprido de forma adequada pela infraestrutura disponível, aumenta a influência de uma variável de extrema relevância: o tempo de espera dos navios nas áreas de fundeio, até que haja permissão para o acesso ao canal de navegação e posterior atracção no terminal de destino. O mesmo vale quando uma embarcação fica atracada em um terminal mais tempo que o previsto, o que também gera uma série de custos adicionais na cadeia logística da mercadoria em transporte, que igualmente afetam sua competitividade no mercado. Assim, quanto menos tempo levar o processo de atracção, carregamento ou descarregamento e desatracção, mais lucrativo será o processo para todos os envolvidos.

A fim de reduzir o tempo de espera das embarcações, os terminais buscam cada vez mais modernizar seus processos, com novas tecnologias e capacitação dos colaboradores, e ampliar suas áreas de operação/armazenamento. Entretanto, essas ações ficam limitadas à capacidade de atracção de embarcações. Assim, considerando o máximo aproveitamento das áreas acostáveis, bem como sua ampliação, a expansão dos terminais portuários existentes também depende do aprofundamento do canal de navegação e dos berços de atracção, objetivando aumentar a capacidade de arqueação (cálculo de quantidade embarcada/descarregada), mediante a operação de embarcações de maior calado.

Dentre os terminais marítimos do Porto de Santos, destaca-se o Terminal de Granéis Líquidos da Alamoia - TEGLA, onde ocorre o embarque e desembarque de granéis líquidos (combustíveis e químicos), que corresponde a 11% da movimentação de carga de todo o Complexo Portuário de Santos, e para o qual está prevista a expansão de capacidade operacional, posto que este atualmente já opera além de sua capacidade ideal, gerando tempos elevados de espera dos navios em alto mar (MTPAC, 2018).

Entretanto, para a expansão supracitada, se faz necessária a aprovação junto ao órgão ambiental, no âmbito do processo de Licenciamento Ambiental, mediante análise do projeto de expansão, dos estudos de caracterização do material a ser dragado e do projeto de dragagem e destinação final do material dragado.

Nesse contexto, o presente trabalho visa apresentar conceitualmente as indicações de técnicas de dragagem e de disposição do material para que a dragagem

do Projeto de Expansão do Terminal de Granéis Líquidos da Alamoia - TEGLA possa ser realizada da forma mais viável ambientalmente e financeiramente.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

O licenciamento ambiental é um item fundamental para a viabilização de empreendimentos e no caso de atividades portuárias, não é diferente. A necessidade de expansão do Terminal de Granéis Líquidos da Alamoia - TEGLA irá proporcionar aumento da capacidade de movimentação dos graneis líquidos, a fim de melhor atender à demanda e apresentar ocupação adequada nos píeres, representou a possibilidade do desenvolvimento do presente trabalho, o qual abordou, de maneira conceitual, as etapas envolvidas no licenciamento ambiental da atividade de dragagem, com base na análise de dados históricos, não sendo realizados amostragens reais pois se trata de um trabalho acadêmico.

## 1.3. OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

O objetivo do presente trabalho é apresentar e discutir, de maneira conceitual, os aspectos do Licenciamento Ambiental de Dragagem do Projeto de Expansão do Terminal de Granéis Líquidos da Alamoia - TEGLA, que consiste na construção de uma ponte de acesso e dois novos píeres de atracação, contíguos.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Estudar conceitualmente a caracterização do material a ser dragado.
- Sugerir conceitualmente as possíveis destinações do material dragado.
- Sugerir conceitualmente as possíveis técnicas de dragagem a serem aplicadas

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1. PORTO DE SANTOS

O Porto de Santos é o maior complexo portuário da América Latina, respondendo pela movimentação de quase um terço das trocas comerciais brasileiras. Tendo em vista suas condições geográficas favoráveis e seus padrões elevados de eficiência na prestação de serviços, abrange, assim, cerca de 50% do PIB brasileiro (IBGE, 2010). Por possuir uma política de melhoria contínua nos seus processos através de capacitação humana, tecnológica e expansão territorial, o complexo portuário de Santos é um grande competidor no ramo de transporte marítimo mundial (CODESP, 2018).

Localizado no Estado de São Paulo, suas instalações portuárias estão distribuídas entre os municípios de Santos e Guarujá (MTPAC, 2018), caracterizado por um ambiente estuarino, abrigado de ondulações e ventos fortes, o que permite maior segurança das embarcações durante os processos de carregamento e descarregamento de mercadorias.

Suas atividades tiveram início no princípio do século XVI, operando com estruturas rudimentares, sendo seus atracadouros e pontes de acesso construídos em madeira. Com o aumento das demandas de exportação de café e açúcar, houve a necessidade de melhoria da estrutura existente. Assim, os “trapiches”, como eram denominados pelos usuários, começaram a ser demolidos em 1892, mesmo ano em que foram inaugurados os primeiros 260 metros de cais, construídos a partir da definição de Santos como porto organizado, sob jurisdição federal. Em 1888, José Pinto de Oliveira, Cândido Gaffrée, Eduardo Palacin Guinle, João Gomes Ribeiro de Aguiar, Alfredo Camilo Valdetaro, Benedito Antônio da Silva e Barros e Braga & Cia, ganharam a concorrência para a exploração do porto por 90 anos. Assim, em 1889, foi criada a Empresa das Obras de Melhoramento do Porto de Santos e, em 7 de novembro de 1890, foi assinado o Termo de Concessão, com a criação da Companhia Docas de Santos, que perdurou até 8 de novembro de 1980, quando a administração e seu acervo passou a pertencer à Companhia Docas do Estado de São Paulo

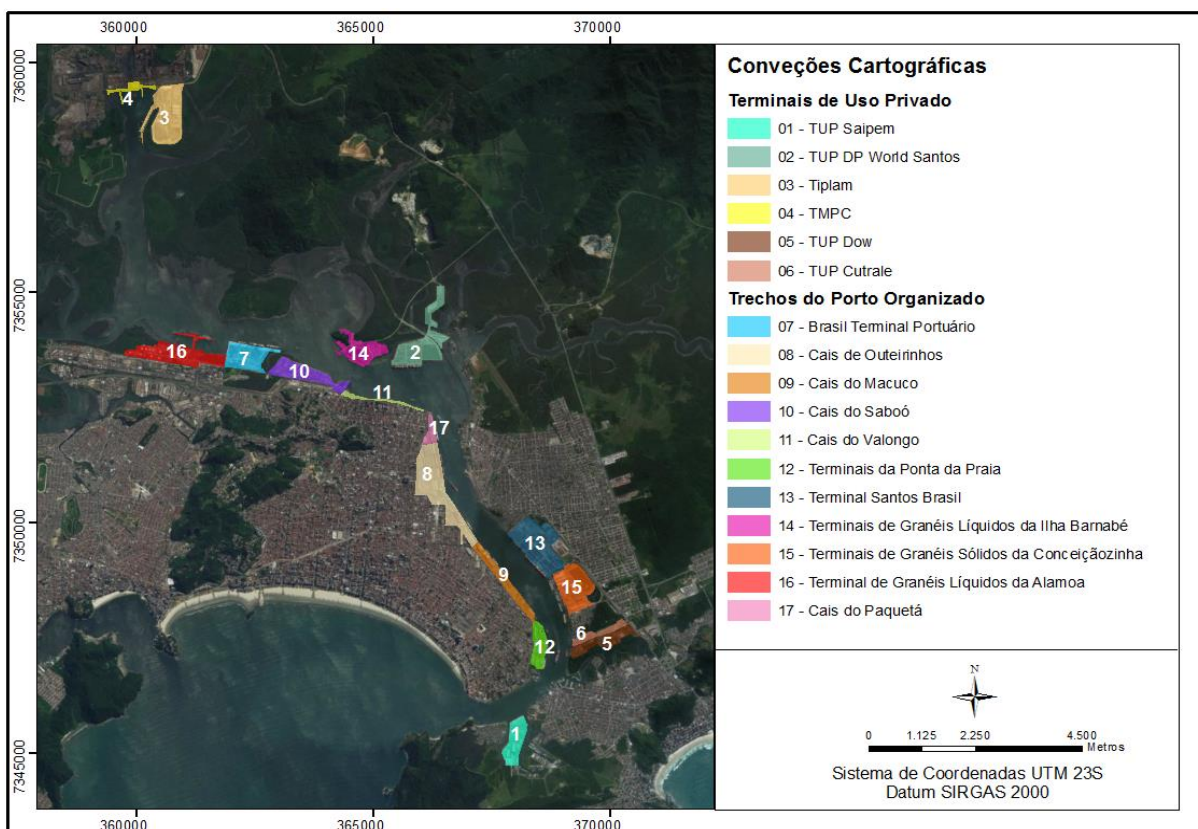
(CODESP), a qual é responsável pela administração do porto até os dias de hoje (CODESP, 2018).

Atualmente a infraestrutura do Porto de Santos tem cerca de 13Km acostáveis e mais de 60 berços, divididos em múltiplos terminais, situados no Porto Organizado ou em Terminais de Uso Privado (TUP) (MTPAC, 2018).

Dentre os 60 berços, destacam-se os terminais 14, 15 e 16, que são os responsáveis pelo embarque e desembarque de granéis líquidos e sólidos do complexo portuário de Santos. Os terminais 14 (Terminais de granéis líquidos da Ilha Barnabé) e 16 (Terminal de Granéis Líquidos da Alamoia) estão localizados no trecho mais interno do canal de navegação do porto de Santos.

A Figura 2 mostra a disposição dos trechos portuários ao longo do Estuário de Santos.

Figura 2 - Terminais do Complexo Portuário de Santos.



(Fonte: MTPAC, 2018).

Existem 3 (três) tipos de acessos ao Complexo Portuário de Santos, sendo eles:

- Acesso rodoviário: Rodovia SP-021 (Rodoanel Mário Covas – trechos Sul e Leste); Rodovia SP-150 (Rodovia Anchieta); Rodovia SP-160 (Rodovia dos Imigrantes); e Rodovia SP-055 (Rodovia Padre Manuel da Nóbrega, no trecho oeste, e Rodovia Dr. Manuel Hyppolito Rego, no trecho leste);
- Acesso ferroviário: A malha férrea de acesso ao complexo é concessionada à MRS Logística, enquanto que as vias internas, as quais permitem o acesso aos terminais arrendados e de uso privado, é de responsabilidade da Rumo/Portofer;
- Acesso aquaviário: O canal de acesso ao complexo portuário de Santos tem aproximadamente 25Km de extensão, com largura mínima de 220m. Os calados máximos autorizados variam de 14,2m a 9,8m (CODESP,2018).

O Porto de Santos possui um longo histórico de dragagem de aprofundamento do seu canal de navegação, bacias de evolução e berços de atracação. Dentre os principais marcos, destaca-se o término da dragagem de aprofundamento do Canal de Navegação para a cota -15m DHN, finalizada em junho de 2012 (CODESP, 2014).

Entretanto, não basta o Canal de Navegação possuir maiores profundidades se os berços de atracação e seus acessos não estiverem compatíveis com as cotas alcançadas no canal. Ou seja, para que o Porto Organizado de Santos possa efetivamente usufruir do calado alcançado com a obra de aprofundamento, é necessário a realização de operações de dragagem para o aumento das profundidades das áreas de atracação (acesso e berços).

Ciente da sua importância no cenário econômico do país, o Porto de Santos busca uma melhoria contínua mantendo as profundidades do canal de navegação, bem como dos berços de atracação e seus acessos por meio das obras de dragagens, as quais são fundamentais para garantir a segurança na navegação e sua viabilidade operacional.

Outro obstáculo a ser superado diz respeito à evolução da frota marítima, o que também demanda a realização de dragagem para garantir um calado operacional compatível aos maiores navios cargueiros do mundo. Dessa forma, a dragagem

portuária precisa acompanhar a tendência mundial que vem sendo estabelecida pela indústria do transporte marítimo que, cada vez mais, se utiliza de grandes embarcações para deslocamento de cargas com volumes cada vez maiores. Sem a dragagem e a conseqüente manutenção e aumento das profundidades de canais de navegação e berços de atracação, os portos correm o risco de perder competitividade e tornarem-se obsoletos, afetando significativamente a economia da região onde estão instalados.

## 2.2. OBJETIVO DA DRAGAGEM E METODOLOGIAS

Dragagem consiste na escavação e remoção (retirada, transporte e deposição) de solo, rochas decompostas ou desmontadas (por derrocamento) submersos em qualquer profundidade e por meio de variados tipos de equipamentos (mecânicos ou hidráulicos) em mares, estuários e rios, com a finalidade de atingir e manter uma cota programada de profundidade no trecho (ALFREDINI, 2005)

As operações de dragagem são contínuas no Porto de Santos, devido à alta taxa de sedimentação no estuário, sendo necessária a constante manutenção da profundidade do canal de navegação, para que se mantenha a segurança de navegação aos seus usuários.

### 2.2.1. Principais tipos de dragagem

#### 2.2.1.1. *Dragagem de implantação*

Consiste na implantação de um determinado gabarito geométrico (profundidade, largura e taludes). Acarreta grande volume de serviço, uma vez que na implantação existe a necessidade de acomodação do terreno ao gabarito imposto,

estando sujeito a deslizamentos de taludes até conseguir-se a estabilidade das rampas (ALFREDINI, 2005).

#### 2.2.1.2. *Dragagem de manutenção*

Efetuada sistematicamente para manter um gabarito geométrico já existente e licenciado. Sua periodicidade varia em função do tempo de assoreamento do material dragado. Atividade comum realizada no Porto de Santos (ALFREDINI, 2005).

### **2.2.2. Equipamentos de Dragagem**

Os equipamentos de dragagem podem ser divididos em mecânicos e hidráulicos. Essa diferença provém da forma como o material é escavado: hidráulica ou mecanicamente. Entre os equipamentos hidráulicos, os mais usuais são as dragas autotransportadoras de sucção e arrasto (tipo *hopper*) ou sucção e recalque (*cutterhead suction dredge*), já entre os equipamentos mecânicos mais usuais tem-se as do tipo caçambas (ex. *clam shell*) e escavadeiras (*dipper* ou *backhoe*).

Com a crescente preocupação dos impactos ambientais, novas tecnologias foram adicionadas aos processos de dragagem. Além de possibilitar a realização das dragagens com produtividade e segurança, essas tecnologias diminuem os impactos negativos sobre o meio ambiente, desde a etapa de remoção até a disposição final do material. Desta forma, são apresentados a seguir, as principais características dos métodos hidráulico e mecânico de dragagem.

#### 2.2.2.1 *Dragagem hidráulica*

A dragagem hidráulica funciona como uma estação de bombeamento flutuante, cuja tecnologia é amplamente conhecida e empregada no Brasil, tendo sido utilizada na maioria das dragagens realizadas recentemente no Porto de Santos. Nos EUA, as dragas hidráulicas respondem por aproximadamente 95% das atividades de dragagem (PORTOGENTE, 2016).

Este tipo de dragagem utiliza bombas centrífugas para produzir força para escavar (com ou sem cortadores mecânicos) e para o transporte hidráulico, por meio de tubulação, até a superfície, e daí até o ponto de disposição final ou nos batelões que farão o transporte até a área de disposição (PORTOGENTE, 2016).

As vantagens comuns a todas as dragas hidráulicas são: a capacidade de operar com vários tipos de materiais com uma taxa de produção maior do que a das dragas mecânicas do mesmo porte; a capacidade de trocar a cabeça da draga para diferentes tipos de sedimentos, e capacidade de bombear o material dragado diretamente para as instalações confinadas de armazenamento. As desvantagens são a dificuldade de trabalhar em áreas com presença de detritos e a grande quantidade de mistura gerada, que oneram os custos da separação da água do sedimento e do tratamento da água. Na dragagem hidráulica para fins de navegação, o volume de água extraído do rio junto com o sedimento é normalmente, em média, de quatro a cinco vezes o volume de sedimento (PALERMO, 2008).

Neste contexto, o transporte via tubulação representa uma forma de transporte ecologicamente correta, podendo ser aplicada ao transporte de material contaminado ou não. A única e grande desvantagem é a necessidade de mistura do material escavado (sedimento) com a água, o que aumenta o volume das instalações de estocagem e/ou tratamento (BRAY, 2008).

Os principais tipos de dragas hidráulicas são as de sucção e recalque e as auto-transportadoras, descritas a seguir.

#### **A. Dragas de sucção e recalque (*cutterhead suction dredge*)**

A draga estacionária de sucção e recalque com desagregador mecânico é a mais comum e versátil draga hidráulica. Esta draga é equipada com um desagregador rotatório que é um escavador que envolve a boca da linha de sucção. O desagregador escava e translada os dragados para a área de influência do escoamento de alta velocidade na boca de sucção, aonde os sedimentos são misturados, passando pela bomba da draga para a linha flutuante e ou terrestre de recalque e para a área de despejo (ALFREDINI, 2005).

O equipamento descrito pode ser observado na figura 3, abaixo.

Figura 03 - Ilustração da *cutterhead suction dredge*



(Fonte: AECWEB, 2019).

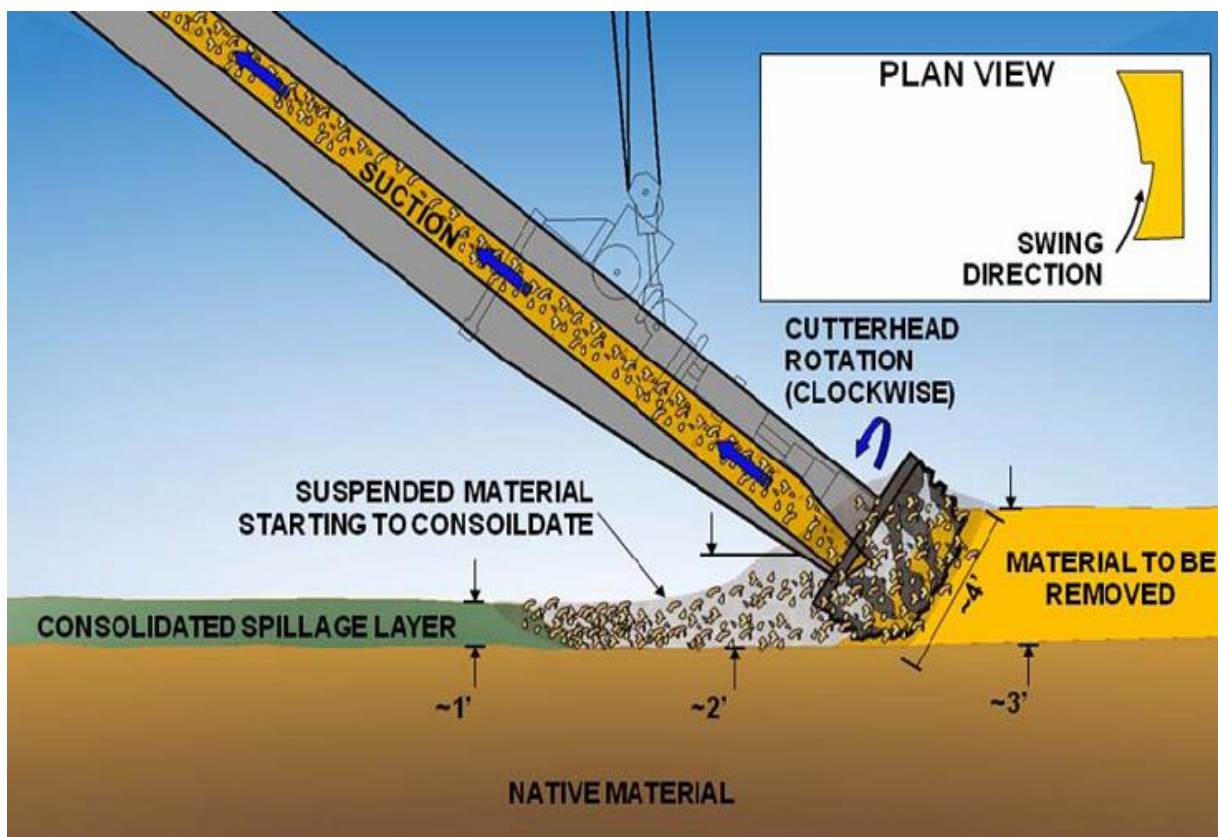
A draga de corte e sucção é capaz de dragar todos os tipos de materiais (sedimento) e a sua capacidade de produção está relacionada à rigidez do material a ser dragado. O mecanismo de operação das dragas hidráulicas poderá ressuspender sedimentos tanto pelo processo mecânico de rotação da cabeça de corte, como pelos sedimentos desagregados que escapam da bomba de sucção. As velocidades de rotação e avanço da cabeça de corte da dragagem são fatores operacionais que

podem acarretar um aumento da ressuspensão dos sedimentos e potencial disponibilização de contaminantes para coluna d'água dependendo da qualidade dos sedimentos (VLASBOM, 2003). Geralmente, os sedimentos ressuspensos por dragas hidráulicas ficam mais concentrados na porção inferior da coluna de água, onde a cabeça de corte encontra os sedimentos de fundo (PALERMO, 2008).

Na temática ambiental, a questão mais crítica está relacionada à criação de uma camada de material residual, a qual torna-se facilmente suspensa na água e se tornará uma fonte de longa duração para o aumento da quantidade de sedimentos suspensos ou turbidez (BRAY, 2008).

Existem mecanismos adaptados aos equipamentos de dragagem que objetivam minimizar esta ressuspensão de sedimentos durante o processo de dragagem; um exemplo é o dispositivo móvel (cabeça de corte ecológico), desenvolvido para a redução de turbidez gerada durante as atividades de dragagem, o qual é acoplado sobre a cabeça de corte, esse equipamento pode ser observado na figura 4.

Figura 04 - Ilustração do funcionamento da draga de sucção e recalque.



Fonte: (PALERMO, 2008).

### B. Dragas auto-transportadoras (*Self-propelled hopper dredges*)

Uma variação das dragas de sucção e recalque “cortadoras” são as autotransportadoras (*trailing hopper dredge*), consiste numa embarcação marítima autopropelida em que os dragados são armazenados nas cisternas para despejo posterior. A configuração mais comum dispõe de duas tubulações articuladas, uma em cada bordo do casco, próximo ao centro de flutuação para minimizar o efeito do estado do mar. Cada tubulação tem sua própria boca de dragagem para contato com o fundo, que normalmente está acoplado à própria bomba. As bocas de dragagem podem ser complementadas com acessórios para desagregar o material do fundo, sejam mecânicos como escarificadores, ou jato d’água de alta pressão. Cada bomba

descarrega no sistema de distribuição dos dragados, que equaliza o carregamento na(s) cisterna(s) (ALFREDINI, 2005).

O equipamento pode ser observado na figura 5, abaixo.

Figura 05 - Ilustração de uma draga *trailing hopper dredge*.



(Fonte: ALLONDA, 2019)

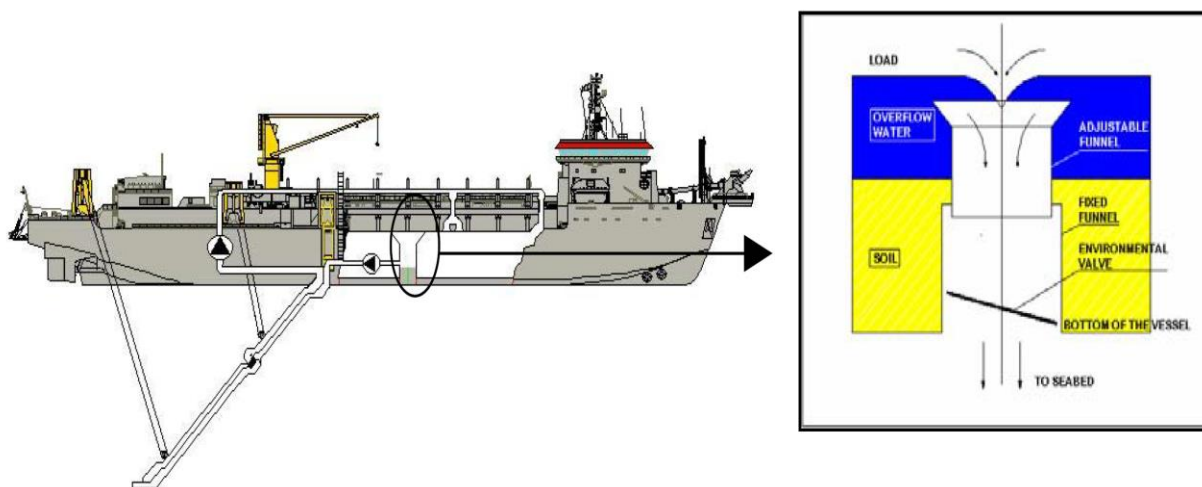
As dragas autotransportadoras do tipo *Hopper* (Figura 05) podem operar em condições de mar aberto, com a vantagem de se moverem prontamente ao local de dragagem, sem apoio de outras embarcações. Além disso, a sua operação geralmente não interfere com o tráfego marítimo e o trabalho progride rapidamente, sendo muito vantajosas quando a operação envolve o transporte do material dragado por longas distâncias. Dentre as desvantagens, apresentam limitações para trabalho em águas profundas.

Durante a dragagem, um elevado volume de água acompanha os sedimentos. Para aumentar a eficiência do processo, é realizado, em muitos casos, o processo de

*overflow*, que consiste na eliminação, pela draga, de uma parcela do volume de água da cisterna para liberação de espaço, aumentando assim o volume de sedimento dragado por ciclo. No entanto, é importante considerar que este volume de água que é liberado pela draga contendo sólidos em suspensão, podem resultar em impactos sobre a qualidade da água devido ao aumento da turbidez e diminuição da penetração de luz. Neste caso do *overflow*, existem dispositivos ambientais que podem ser acoplados para a redução dos efeitos da dispersão de sólidos na coluna d'água.

Um destes dispositivos é denominado *green valve* (“válvula verde” ou “válvula de baixa turbidez”), dotado de sistema de funil de controle do *overflow*, com saída sob a embarcação, o qual contribui significativamente para a redução da pluma durante a dragagem, como observado na figura 6, abaixo. Este sistema ajustável é instalado dentro da cisterna e consiste em um funil com altura regulável, sobre um cilindro vertical que termina sob a quilha da draga (Figura 06). O excesso de água é descarregado sob a draga, no nível mais baixo possível, minimizando a dispersão dos materiais mais finos nas águas circundantes. Além disso, o desenho do sistema de transborde é tal que evita a inclusão do ar na água de descarga, reduzindo ao máximo a criação de turbidez. Um controlador computadorizado assegura o ajuste dinâmico da válvula no funil de transbordamento, de modo que um nível constante de líquido no reservatório é mantido e, como resultado, o ar não é carregado para baixo durante o *overflow* (IADC, 2012).

Figura 06 - Esquema da válvula de baixa turbidez (*green valve*)



(Fonte: Jan de Nul, 2003).

### 2.2.2.2 Dragagem mecânica

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, independentemente de sua densidade. São eficientes para escavações próximas de pontes, docas, oleodutos, cais, estruturas de quebra-mar, entre outros, por ser possível de manobrar em áreas pequenas, desde que haja um certo cuidado para não danificar as estruturas (PORTOGENTE, 2016).

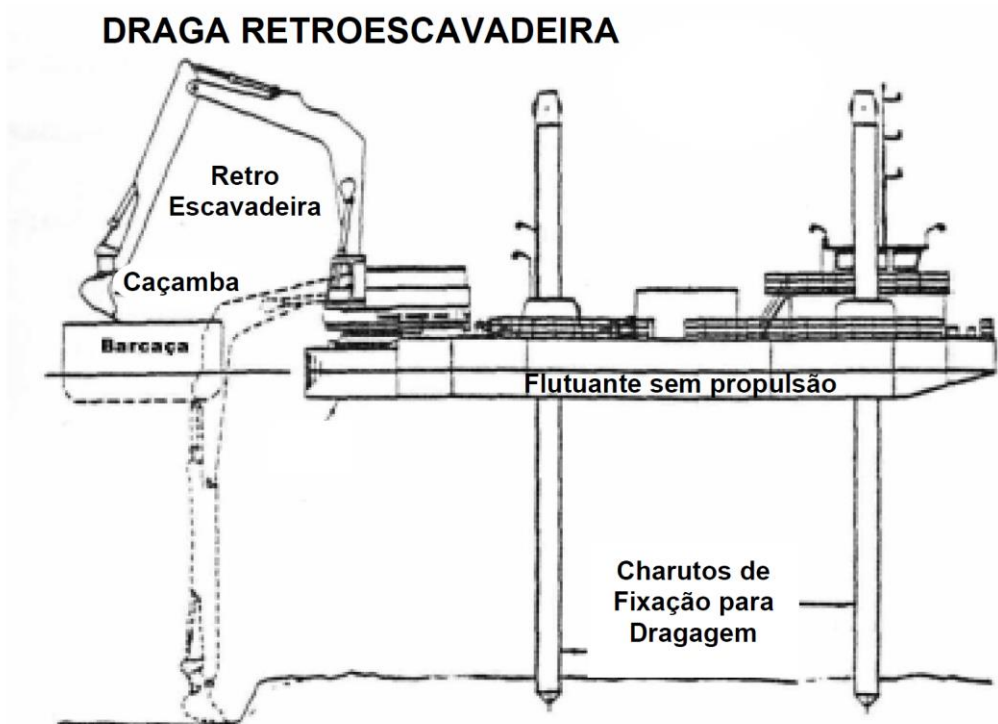
Por não suportarem o carregamento do material dragado, é necessário operar as dragas mecânicas ao lado da área de disposição, ou utilizar batelões de disposição durante a operação. Conseqüentemente, as dragas mecânicas são muito utilizadas quando a área de disposição está distante da área de dragagem, pois o material retirado pode ser transportado por longas distâncias através de batelões. Os principais tipos de dragas mecânicas são as escavadeiras flutuantes (*dipper dredge* ou *backhoe dredge*) e as dragas de caçamba (*grab dredge* ou *clamshell dredge*) (PORTOGENTE, 2016).

#### **A. Draga Escavadeira (*dipper dredge*)**

A draga escavadeira (*dipper dredge*) consiste em uma draga de alta capacidade de escavação instalada em cima de uma barcaça fixada em estacas deslizantes presas ao solo (Figura 07), aumentando assim o poder de escavação, e transferindo o peso da seção dianteira da draga para as estacas. Apesar de ser utilizado para remover a maioria dos sedimentos de fundo, a ação violenta deste tipo de equipamento pode causar uma perturbação considerável nos sedimentos, além de uma ressuspensão de sedimentos de baixa granulometria durante uma dragagem de manutenção. Além disso, pode ocorrer uma perda significativa do material de baixa

granulometria durante o processo de escavação. Também não é aconselhável a utilização de dragas escavadeiras para mover sedimentos contaminados, já que parte do material pode ser dissipada durante a operação (USACE, 1983).

Figura 07 - Esquema da draga escavadeira (*dipper dredge*)



(Fonte: GÓES FILHO, 2004).

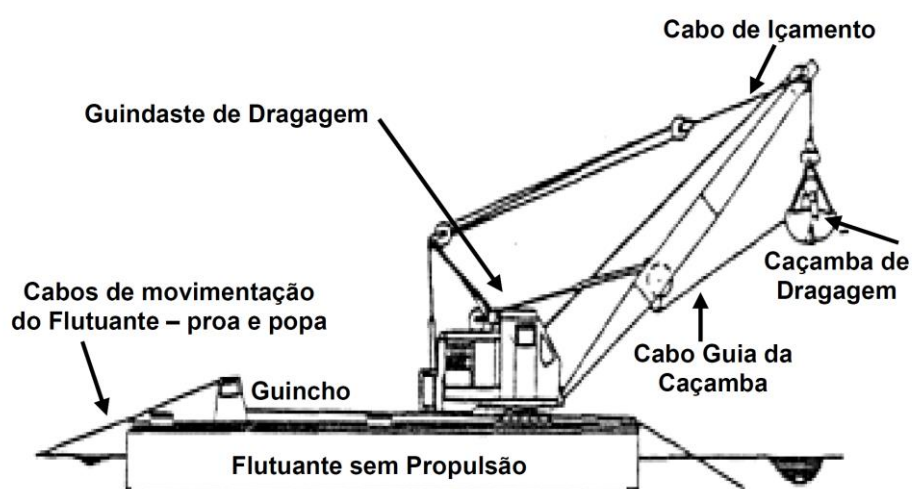
### B. Draga de Caçambas (*grab dredge* ou *clamshell dredge*)

A draga de caçamba de mandíbulas é um equipamento operado por três cabos, que movimentam verticalmente a lança, movimentam verticalmente a caçamba e abrem ou fecham as mandíbulas, como observado na figura 8. Para solos moles, utiliza-se a *clamshell* (figura 9) e, para blocos de material duro, utiliza-se a caçamba *orange peel*. Seu ciclo de operação compreende giro, lançamento, fechamento de mandíbulas, içamento, giro de retorno e abertura da caçamba para descarga, tendo, portanto, menor rendimento (ALFREDINI, 2005).

Geralmente, causam uma ressuspensão de sedimentos superior aos outros tipos de dragas, devido ao impacto dinâmico da caçamba com o fundo do canal que está sendo dragado, o transbordamento do material devido à lotação da caçamba, a perda de sedimentos durante a subida da caçamba pela coluna d'água, e a lavagem dos sedimentos restantes na caçamba depois de esvaziada, retornando ao fundo (USACE, 1986).

Figura 08 - Ilustração de uma draga de caçamba

### DRAGA DE CAÇAMBA



(Fonte: GÓES FILHO, 2004).

Figura 09 - Imagem de uma caçamba do tipo *clam shell*



(Fonte: BRAY, 2008).

Como citado anteriormente, o processo de dragagem é rotineiro no Porto de Santos, tendo em vista o rápido assoreamento nos berços de atracação, e conseqüentemente perda de profundidade nos canais de acesso, devido à alta vazão do canal em marés de sizígia e hidrodinâmica local

### 2.3. LICENCIAMENTO AMBIENTAL

O processo de dragagem é considerado agressivo ao ambiente local, gerando significativos impactos ambientais, os quais devem ser analisados minuciosamente. Esses estudos constam em um instrumento legal chamado de Licenciamento Ambiental, item obrigatório para que se inicie um procedimento de dragagem.

O licenciamento ambiental é uma exigência legal e uma ferramenta do poder público para o controle ambiental, e em muitos casos apresenta-se como um desafio para o setor empresarial, pois é caracterizado por ser um estudo de alta complexidade ao qual exige conhecimento técnico específico (MMA, 2018). Passou a ser obrigatório a partir da aprovação da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que instituiu a obrigatoriedade do licenciamento ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente.

A Licença Ambiental é um documento, com prazo de validade definido, em que o órgão ambiental estabelece regras, condições, restrições e medidas de controle ambiental a serem seguidas pelo empreendedor. As principais características avaliadas no processo cabem ressaltar o potencial de geração de líquidos poluentes (lançamento de efluente), resíduos sólidos, emissões atmosféricas, entre outros agentes ambientalmente impactantes.

Ao ser emitida a Licença Ambiental, o empreendedor assume os compromissos para a manutenção da qualidade ambiental do local em que seu empreendimento se instala.

A competência para se autorizar e monitorar essa obrigação é compartilhada pelos órgãos ambientais estaduais de meio ambiente e pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), como órgãos integrantes dos Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) (MTPAC, 2018).

O primeiro passo no âmbito do Licenciamento Ambiental pode ser uma consulta junto ao órgão licenciador, para a obtenção do Termo de Referência, que se trata de um documento no qual constam as informações do empreendimento, tais como: localização, características da carga a ser movimentadas, características do bioma da área diretamente afetada. Esse instrumento é o norteador para elaboração do estudo de impacto ambiental – EIA, obrigatório para o licenciamento do projeto. (MTPAC, 2018).

De acordo com a legislação em vigor, o processo de licenciamento ambiental consiste em três fases: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de operação (LO).

A Licença Prévia (LP) atesta a viabilidade ambiental do empreendimento, aprovando sua localização e concepção e estabelecendo condições a serem atendidas para a próxima fase. Nesta etapa, o órgão ambiental licenciador faz a avaliação e aprovação do Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto no

Meio Ambiente (EIA/RIMA), ao qual detalham de forma exaustiva o impacto e a viabilidade ambiental do empreendimento. Após a LP ser emitida, é possível solicitar financiamentos que possam viabilizar o investimento.

Após a emissão da LP, a próxima etapa é a emissão da Licença de instalação (LI), cuja concessão autoriza o início da construção do empreendimento e a instalação dos equipamentos de construção. Entretanto, para a emissão da LI, se faz necessária a entrega dos estudos ambientais específicos, a exemplo do RCA/PBA (Relatório de Controle Ambiental e Plano Básico Ambiental), estudo que detalha as ações necessárias para mitigar os impactos identificados quanto a instalação do empreendimento, quando solicitado pelo órgão licenciador.

Com o término da obra, o empreendedor solicita ao órgão ambiental a Licença de Operação (LO) que autoriza a atividade portuária a ser exercida pelo empreendimento.

### **2.3.1. Porto de Santos x licenciamento ambiental**

O Porto de Santos está em atividade desde o início do século XVI e operou com estruturas rudimentares até 1892, quando foram inaugurados os primeiros 260 metros de cais construído. Como todo o empreendimento é anterior à Lei nº 6.938/1981, o complexo portuário precisou iniciar o seu processo de regularização junto ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), isso em 2004. O Estudo Ambiental (EA) foi apresentado pela Companhia Docas do Estado de São Paulo (CODESP) em agosto de 2011 e a equipe técnica de licenciamento concluiu a análise do documento em 2015, quando solicitou complementações à Companhia (IBAMA, 2018)

No dia 26 de março de 2017, foi assinada a Licença de Operação (LO) que regularizou ambientalmente o funcionamento do Porto Organizado de Santos, responsabilizando a CODESP a adotar 25 programas ambientais especiais de acompanhamento, com foco na proteção do meio ambiente e no desenvolvimento sustentável (IBAMA, 2018).

### 3. METODOLOGIA

A metodologia adotada consiste em um estudo aplicado em um caso real, qualitativa e exploratória, baseada em normas e legislações pertinentes à atividade de dragagem.

#### 3.1 PLANEJAMENTO DA PESQUISA

A fim de evitar a perda de investidores e de competitividade no ramo de carregamento e descarregamento de produtos químicos na forma de granéis líquidos, o Porto de Santos está investindo na ampliação do Terminal de Granéis Líquidos da Alamoia –TEGLA, de forma a atender à demanda atual de navios.

Para tomada de conhecimento sobre o tema do presente trabalho, foi consultado o Plano Mestre do Porto de Santos – Versão Final que, em seu item 3.1.1.1, trata do projeto de Expansão do Terminal Marítimo da Alamoia.

Com base nesse projeto, foram estudadas de forma conceitual as etapas do licenciamento ambiental do projeto até a licença prévia emitida pelo órgão ambiental licenciador. Também foram citadas e analisadas partes da legislação brasileira (federal e estadual) referentes a serviços de dragagem, incluindo a Resolução nº 454, de 01 de novembro de 2012, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, que estabelece diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional e sua disposição final (CONAMA, 2012).

## 4. RESULTADOS

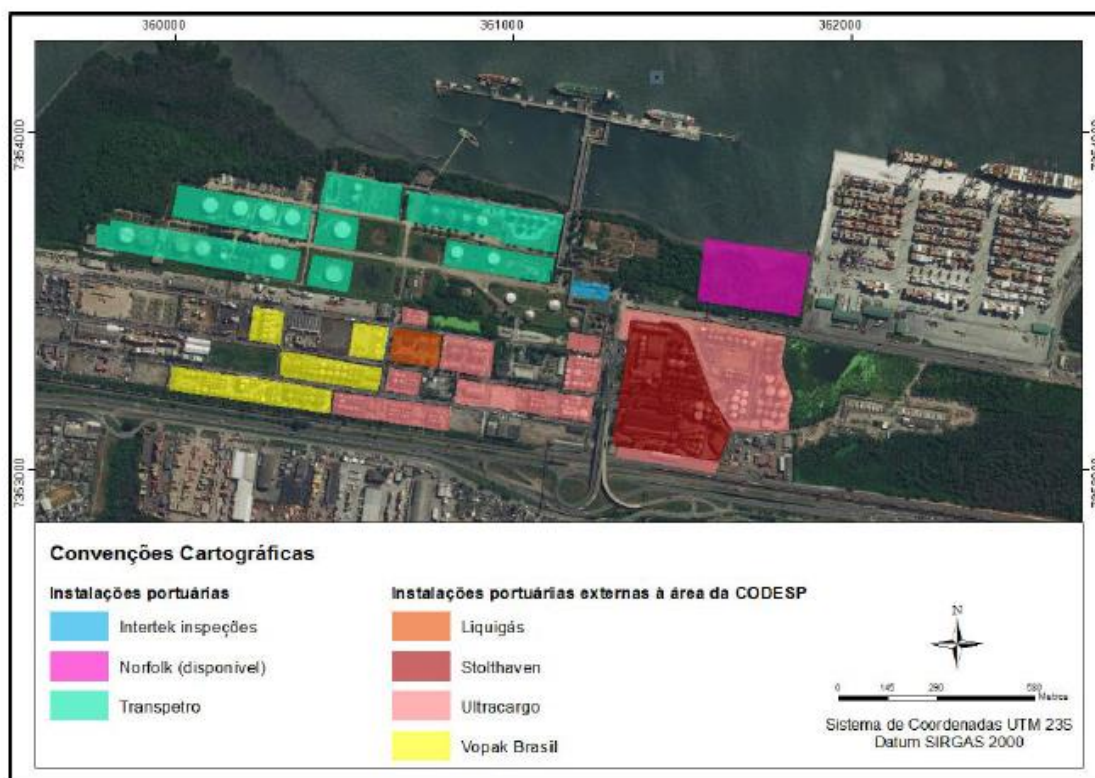
### 4.1. ESTUDO DE CASO

A zona portuária da Alamoia, localizada no bairro municipal da Alemoa na cidade de Santos, corresponde ao trecho de cais mais a montante do Porto de Santos, situado na margem direita do estuário, onde ocorre o embarque e desembarque de combustíveis e demais produtos químicos, todos movimentados na forma de graneis líquidos. Nela, encontram-se situados os seguintes terminais:

- Transpetro;
- Stolthaven;
- Vopak;
- Ultracargo.

A Figura 10 apresenta uma visão geral desta região, destacando as instalações situadas na área do Porto Organizado e aquelas externas a essa delimitação.

Figura 10 - Visão geral dos terminais de grânéis líquidos da Alamoá.



(Fonte: MTPAC, 2018).

Atualmente, o Terminal de Grânéis Líquidos da Alamoá - TEGLA possui um píer de acostagem em formato de “T”, com um comprimento de 1.344 m, divididos de forma não igual em quatro berços de atracação, nomeados AL01, AL02, AL03 e AL04. Esse píer também possui diversos *dolphins* para amarração de navios e pontos de operação junto aos berços (MTPAC, 2018).

A Tabela 1 traz informações específicas, como: comprimento, profundidade de projeto, calado operacional e destinação operacional de cada berço de atracação.

Tabela 01 - Características dos berços do TEGLA.

| Berço | Comprimento (m) | Profundidade de projeto (m) | Calado operacional (m) |         | Destinação operacional |
|-------|-----------------|-----------------------------|------------------------|---------|------------------------|
|       |                 |                             | Baixa-mar              | Preamar |                        |
| AL 01 | 400             | 12,7                        | 11,9                   | 12,2    | Derivados de petróleo  |
| AL 02 | 400             | 12,7                        | 12,1                   | 12,4    | Derivados de petróleo  |
| AL 03 | 272             | 12,7                        | 10,8                   | 11,1    | Produtos químicos      |
| AL 04 | 272             | 12,7                        | 10,9                   | 11,2    | Produtos químicos      |

(Fonte: MTPAC, 2018).

A Figura 11 apresenta a infraestrutura de acostagem da Alamoá.

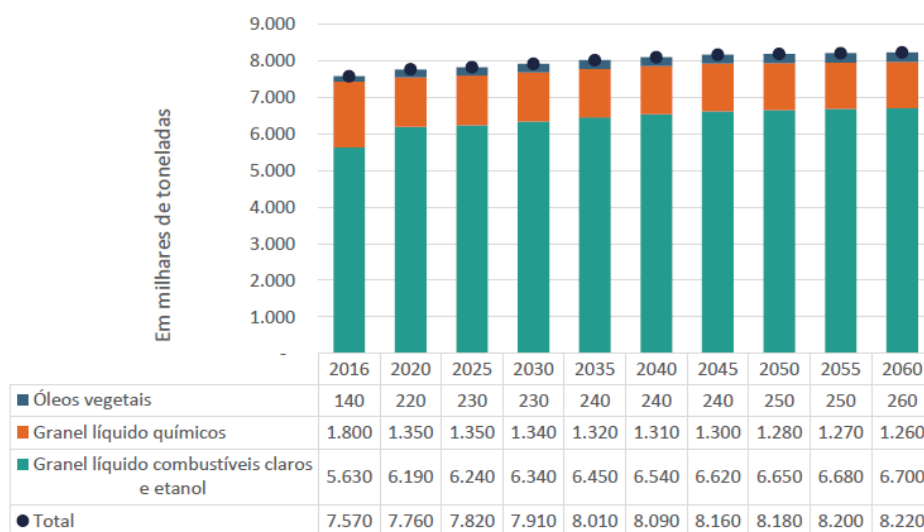
**Figura 11 - Infraestrutura de acostagem do TEGLA.**



(Fonte: MTPAC,2018)

A Gráfico 1 permite visualizar as capacidades projetadas dos cais do TEGLA, de acordo com o grupo de mercadorias, até 2060.

**Gráfico 1 - Capacidade de cais do TEGLA.**



(Fonte: MTPAC, 2018).

Atualmente, o terminal de graneis líquidos da Alamoia opera com dois dos seus quatro berços de atracação (AL03 e AL04) destinados ao carregamento ou descarregamento de graneis líquidos de combustíveis claros e etanol, material de maior movimentação do terminal, operando além de sua capacidade de projeto. Observando o gráfico de capacidade de cais do TEGLA, e analisando a projeção de demandas de cargas até 2060, é possível observar um aumento de movimentação de cargas de aproximadamente 1 tonelada, o que justifica a implantação do projeto de expansão, uma vez que atualmente o mesmo já opera além da sua capacidade, se no futuro manter a mesma capacidade física não atenderá as demandas do mercado.

#### **4.2.1 Projeto de expansão do TEGLA**

O projeto de expansão do TEGLA prevê a construção de uma ponte de acesso e dois novos píeres de atracação contíguos. Tal implantação irá proporcionar o aumento de capacidade de movimentação de graneis líquidos, a fim de melhor atender à demanda e apresentar taxa de ocupação adequada nos píeres. A obra de expansão tem valor estimado em R\$ 137,7 milhões e prazo de 20 meses (MTPAC, 2018).

Os píeres V e VI serão implantados entre a margem e o píer interno, já existente na região. Conforme o projeto, cada um dos píeres terá estrutura com dimensões de 52m x 30m, dois *dolphins* de atracação/amarração e quatro *dolphins* de amarração, além de um *dolphin* de amarração comum aos dois píeres. Destaca-se, ainda, que as bacias serão dragadas para a profundidade de 13 metros, totalizando assim um volume de dragagem de 907.271 m<sup>3</sup>. Na Figura 12, é possível observar em verde os futuros píeres e, em laranja, os existentes.

Figura 12 – Projeto de expansão do TEGLA.



(Fonte: MTPAC, 2018).

#### 4.2.2 Caracterização do material a ser dragado

Toda operação de dragagem tem como primeiro passo a caracterização do material, ao qual é avaliado a qualidade do sedimento nos seguintes aspectos:

- Caracterização Física:

As características físicas básicas do material a dragar incluem volume do material a ser dragado e a distribuição granulométrica, ao qual são classificadas como Areia muito grossa, Areia grossa, Areia média, Areia fina, Areia muito fina, Silte ou Argila (CONAMA, 2012).

- Caracterização Química:

A caracterização química do material a ser dragado deve determinar as concentrações das substâncias poluentes contidas na fração total da

amostra. Para a disposição em águas sob jurisdição nacional, os resultados são comparados com os dois níveis de concentração de substância, sendo o nível 2 mais restritivo que o nível 1 (CONAMA, 2012).

- **Caracterização Ecotoxicológica:**

A caracterização ecotoxicológica deve ser realizada, quando couber, em complementação à caracterização química, com a finalidade de avaliar os impactos potenciais à vida aquática no local proposto para a disposição do material dragado em águas sob jurisdição nacional. No caso de disposição em solo, a caracterização descrita nesta Resolução não se aplica (CONAMA, 2012).

A caracterização do material a ser dragado para a implementação do projeto de expansão do Terminal de Graneis Líquidos da Alamoia – TEGLA, foi baseada em dados secundários de amostragens realizadas na área de implantação do projeto. Cabe ressaltar que essa caracterização será utilizada única e exclusivamente para fins acadêmicos e conceituais, a fim de direcionar o trabalho para um cenário mais próximo da realidade possível.

Uma amostragem de sedimento consiste na coleta de sedimentos que representem os materiais a serem dragados. A distribuição espacial das amostras de sedimento deve ser representativa da dimensão da área e do volume a ser dragado, tanto no perfil vertical da camada de sedimentos (cota) como da área a ser dragada em planta (CONAMA, 2012).

A Resolução CONAMA 454, de 11 de novembro de 2012, também apresenta uma tabela (Tabela 02) ao qual estabelece um número de amostras necessárias para a caracterização de sedimentos em função do volume de material a ser dragado.

Tabela 02 – Número de amostras para caracterização de sedimentos

| <b>Volume a ser dragado (m<sup>3</sup>)</b> | <b>Número de amostras</b>                |
|---|--|
| Até 25.000                                  | 3  |
| Entre 25.000 e 100.00                       | 4 a 6                                    |
| Entre 100.00 e 500.00                       | 7 a 15                                   |
| Entre 500.000 e 2.000.000                   | 16 a 30                                  |
| Acima de 2.000.000                          | 10 extras por 1 milhão de m <sup>3</sup> |

(Fonte: CONAMA, 2012)

Nesse sentido, a caracterização do material a ser dragado na área do projeto de expansão do TEGLA foi realizada com base em dados secundários com utilidade conceitual acadêmica como supracitado, através dos pontos de amostragem listados na Tabela 03 analisados no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do terminal Brasil Terminal Portuário (BTP) em seu volume II. Os pontos listados na Tabela 03 foram os mais representativos conceitualmente para representar a área de dragagem por conta da sua proximidade. Foram considerados 03 pontos identificados como PS-01, PS-02 e PS-05, ao qual somaram 11 amostras, apresentadas Tabela 03.

Tabela 03 – Ponto de amostragem x cota de perfil de coleta

| Ponto de amostragem | Cota do Perfil de coleta (m) |
|---------------------|------------------------------|
| PS-01               | 0,0 a -0,30                  |
|                     | -0,3 a -1,00                 |
|                     | -1,00 a -2,00                |
| PS-02               | 0,0 a -0,30                  |
|                     | -0,3 a -1,00                 |
|                     | -1,00 a -2,00                |
| PS-05               | 0,0 a -0,30                  |
|                     | -0,3 a -1,00                 |
|                     | -1,00 a -2,00                |
|                     | -2,00 a -3,00                |
|                     | -3,00 a -4,00                |

(Fonte: MRK; BTP,2008)

As coordenadas georreferenciadas dos pontos amostrados estão apresentadas na Tabela 04, com um datum horizontal definido como SAD 69, e a figura com a localização dos pontos de amostragem pode ser observada na figura 13, a seguir.

Tabela 04 – Coordenadas georreferenciadas dos pontos de amostragem

| Ponto Amostral | Zona | Coordenadas (UTM) |                |
|----------------|------|-------------------|----------------|
|                |      | Easting (mE)      | Northings (Mn) |
| PS-01          | 23K  | 361.706           | 7.354.092      |
| PS-02          | 23K  | 361.905           | 7.354.064      |
| PS-05          | 23K  | 361.504           | 7.354.009      |

(Fonte: MRK; BTP,2008)

Figura 13 – Localização dos pontos de amostragem.



(Fonte: Google Earth)

No que tange à caracterização física, todas as amostras (superficiais e profundidade) apresentaram predominância das frações granulométrica mais finas, principalmente silte + argila variando de 37,3% (PS-05-S) a 94,8% (PS-01-S, PS-01-2 e PS-05-4). Desse modo, de acordo com os critérios estabelecidos pelo Art. 8º da Resolução CONAMA 454/12, para fins de dragagem do material, deve-se proceder com a caracterização química (MRK; BTP,2008).

Quanto à caracterização química, os parâmetros Bifenilas policloradas – PCB, Tributilestanho – TBT, Pesticidas organoclorados – POC e Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos – HPA apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do método analítico e, conseqüentemente, inferiores ao valor orientados de nível 1 (limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos á biota). Entretanto na análise de metais e semi-metais nas amostras PS-01-S, PS-01-1 e PS-01-2 (para análise de cobre) e PS-1-S, PS-01-1, PS-01-2, PA-02-S e PS-02-1 (para análise de mercúrio) apresentaram concentrações acima de nível 1, então seguindo

os critérios regidos pelo Art. 12º da Resolução CONAMA 454/12, para fins de dragagem do material, foi realizado o ensaio de ecotoxicidade para as devidas amostras (MRK; BTP,2008).

Os ensaios de ecotoxicidade foram realizados com o organismo *L. plumulosus* e o resultado foi unânime para todas as amostras como NÃO TÓXICO, o que caracteriza um material que não apresenta potencial efeito tóxico para a biota aquática, (MRK; BTP,2008).

#### **4.2.3 Sugestão de Destinação do Material Dragado**

Considerando os resultados apresentados no item 4.4.4, ao qual caracteriza o material a ser dragado como de boa qualidade e ressaltando que os resultados utilizados na caracterização são baseados em dados secundários ao qual no presente trabalho possuem caráter acadêmico conceitual, o material a ser dragado estaria apto para disposição em águas jurisdicionais, de acordo com as diretrizes da RC 454/12.

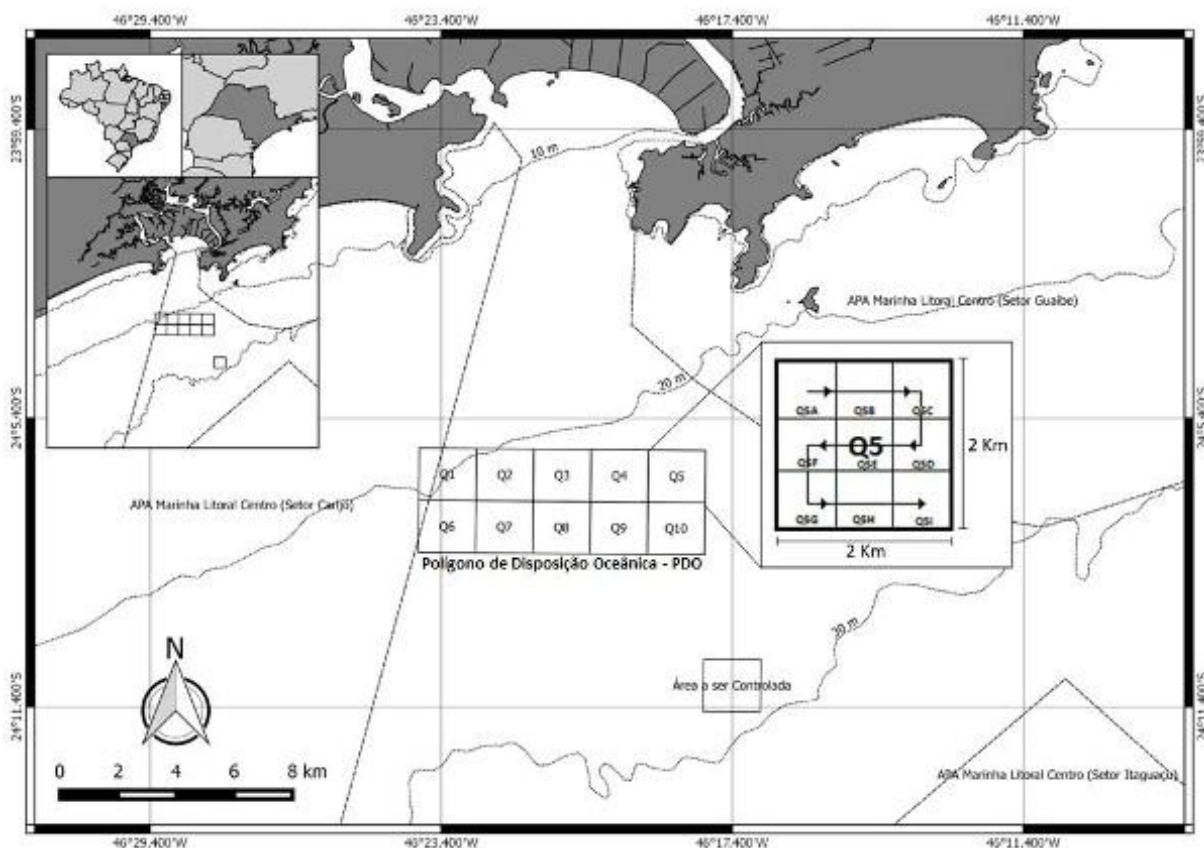
No Porto de Santos, os sedimentos dragados aptos para disposição oceânica são dispostos no Polígono de Disposição Oceânica (PDO), área sob responsabilidade e gerenciamento da Companhia Docas do Estado de São Paulo (CODESP). A referida autoridade portuária compatibiliza e fiscaliza seu uso pelos diversos empreendedores (CODESP, 2019).

O PDO consiste em uma área retangular, distante cerca de 10 km da costa, que possui 40 km<sup>2</sup> de área total, dividida em 10 quadrículas de 2 km de lado, com profundidades que variam entre 20 e 25 metros (Figura 13). As condições oceanógrafas do local são bastante favoráveis à dispersão natural dos sedimentos descartados evitando que retornem para a região costeira. Ressalta-se que o PDO e seu entorno são monitorados periodicamente quanto a parâmetros físicos, químicos e biológicos sob responsabilidade da CODESP (CODESP, 2019).

Desta forma, anteriormente ao início da dragagem em questão, deverá ser elaborado um plano de disposição, considerando os volumes a serem dragados, tipos de dragas que serão utilizadas, capacidade das dragadas, frequência de descarte, entre outros parâmetros do projeto executivo de dragagem, para subsidiar o

gerenciamento da respectiva área de disposição (PDO) por parte da CODESP (CODESP, 2019).

Figura 14 – Localização do Polígono de Disposição Oceânica - PDO



(Fonte: MARINHA DO BRASIL, 2019)

#### 4.2.4 Sugestão Conceitual de Técnicas de Dragagem

Para selecionar um equipamento de dragagem mais eficiente deve-se levar em consideração uma série de fatores, tais como:

- Acesso ao local de dragagem:

Se faz necessário conhecer a batimetria local para assegurar uma profundidade segura para operação da draga

- Caracterização do material:

Cada equipamento possui uma familiaridade com o tipo de material, podendo assim em alguns cenários um equipamento possuir melhor desempenho que outro, ou talvez não ser o equipamento adequado para o tipo de material a ser dragado.

- Ponto de disposição:

Para definição do equipamento de dragagem, deve se levar em consideração o ponto de disposição, uma vez que esse pode ser em mar aberto, como em solo, em grandes distâncias ou não.

- Volume de dragagem:

É sempre uma boa escolha optar por equipamentos que condizem com o volume de dragagem, afins de evitar perda de tempo e recursos, fazendo um correto dimensionamento do equipamento em função do volume de dragagem e tempo de execução.

- Cronograma de execução

Para cronogramas com menor tempo de execução, se faz necessários equipamentos de maior porte, entretanto nem sempre é a melhor opção financeira, uma vez que maior a produção do equipamento maior seu custo.

Levando em consideração que a dragagem do Projeto de Expansão do Terminal de Granéis Líquidos da Alamoá – TEGLA possui um volume de dragagem de aproximadamente 907.271 m<sup>3</sup> de sedimento, caracterizado por uma predominância das frações granulométrica mais finas, e condições aptas a dispor no Polígono de Disposição Oceânica – PDO, foi indicada a técnica de dragagem hidráulica através de uma embarcação draga do tipo *Hopper* com desagregador.

A embarcação tipo *Hopper* se torna opção indicada tendo em vista que a área de dragagem possui profundidade suficiente para uma operação segura, o volume de dragagem não é elevado, e o ponto de disposição é relativamente longe da área de

dragagem e em mar aberto, sendo assim é possível a operação da *Hopper* inclusive com a entrada de pequenas frente-frias na região.

## 5. CONCLUSÃO

O presente estudo de caso apresenta de forma conceitual as etapas a serem consideradas no licenciamento ambiental da atividade de dragagem de expansão de um dos principais terminais marítimos do Porto de Santos-SP: o Terminal de Granéis Líquidos da Alamoia – TEGLA. Este terminal é um dos destinados ao embarque e desembarque de combustíveis e granéis líquidos químicos do complexo portuário de Santos. O trabalho também apresenta de forma detalhada os principais equipamentos de dragagem existentes, utilizados em áreas portuárias.

Por se tratar de um estudo de âmbito acadêmico, foi realizada a análise crítica de dados secundários disponibilizados no EIA-BTP (2008), referente aos resultados físicos, químicos e ecotoxicológicos da caracterização do material a ser dragado de três pontos situados nas imediações da área do Terminal TEGLA. A partir desta análise crítica foi possível sugerir conceitualmente que o material a ser dragado está apto para disposição em águas jurisdicionais previstas (Polígono de Disposição Oceânica). A técnica de dragagem hidráulica, através de uma embarcação-draga do tipo *hopper* com desagregador, mostrou-se a mais adequada, uma vez que atende as especificidades físicas, de disposição e do volume do material a ser dragado.

Cabe ressaltar que ainda não foi definido o projeto de dragagem, com suas especificações quanto a inclinação e estabilidade do talude. Assim, para estimar o real volume a ser dragado, será necessária prévia definição da inclinação do talude a ser adotada, no caso de estrutura de acostagem sobre pilotis (estacas) ou da utilização de outra solução de Engenharia (cais de paramento vertical contínuo ou outra), que o contenha o solo.

Os fatos discutidos fundamentam a extrema importância da contínua execução de obras de dragagem de aprofundamento e de manutenção do canal do Estuário e dos berços de atracação do complexo portuário de Santos, de forma a permitir condições adequadas de navegação e atracação de embarcações. No caso específico do terminal estudado, o TEGLA, trata-se de assegurar condições para ampliação da capacidade operacional do porto, no âmbito da movimentação de granéis líquidos, atendendo a demandas internas e melhorando a competitividade econômica do Brasil no cenário internacional.

## 5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AECWEB. Disponível em: < [https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/dragas-de-succao-e-recalque-sao-indicadas-para-obras-de-desassoreamento\\_16491\\_38\\_22](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/dragas-de-succao-e-recalque-sao-indicadas-para-obras-de-desassoreamento_16491_38_22)>. Acesso em: 24 de abril de 2019.

ALFREDINI, P. **Obras e gestão de portos e costas** – 1.<sup>a</sup> edição. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. ISBN 85-212-0356-X.

ALLONDA. Disponível em: < <https://allonda.com/blog/dragagem/draga-conheca-diferentes-equipamentos/>>; Acesso em: 24 de abril de 2019

BRAY, R. N. **Environmental Aspects of Dredging**. Leiden: Taylor & Francis, 398p. 2008.

CODESP. **Companhia Docas do Estado de São Paulo**. Disponível em: < <http://www.portodesantos.com.br/institucional/o-porto-de-santos/>>. Acesso em: 07 de Novembro de 2018.

CODESP. **Companhia Docas do Estado de São Paulo**. Programa de Gestão Ambiental e Controle da Dragagem (Outubro/2012 – Junho/2013) – Santos 2014. Disponível em: < [http://licenciamento.ibama.gov.br/Dragagem/Dragagem%20-%20Porto%20de%20Santos/Relatorios%20de%20Monitoramentos/Relat\\_Semestral\\_6/6\\_RT\\_PBA04\\_CODESP.pdf](http://licenciamento.ibama.gov.br/Dragagem/Dragagem%20-%20Porto%20de%20Santos/Relatorios%20de%20Monitoramentos/Relat_Semestral_6/6_RT_PBA04_CODESP.pdf) >. Acesso em: 24 de abril de 2019.

CODESP. **Companhia Docas do Estado de São Paulo**. Disponível em: < <http://dragagem.portodesantos.com.br/portal/dragagem>>. Acesso em: 04 de abril de 2019.

CONAMA. **Conselho Nacional de Meio Ambiente**. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 11 de novembro de 2018.

CONAMA. **Conselho Nacional de Meio Ambiente**. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=693>>. Acesso em: 23 de abril de 2019.

GOES FILHO, H. A. **Dragagem e Gestão de Sedimentos. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil**, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. 2004.

IADC. **International Association of Drilling Contractors**. Disponível em: <<https://www.iadc-dredging.com/ul/cms/fck-uploaded/documents/PDF%20Articles/iadc-presentation-greener-dredging-v1.pdf>>. Acesso em: 24 de abril de 2019.

IBAMA. **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**. Disponível em: < <https://www.ibama.gov.br/noticias/422-2017/1070-ibama-emite-licenca-de-operacao-para-o-porto-de-santos> >. Acesso em: 07 de setembro 2018.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2010. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 12 de setembro 2018.

JAN DE NUL. **Specialised alternative dredging methods.3er Congreso Argentino de Ingenieria Portuaria**. 2003. 11pp.

MDIC. **Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços**. ALICEWEB. 2017. Disponível em: < <http://www.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 12 de setembro 2018.

MMA. **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/cart\\_sebrae.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/cart_sebrae.pdf)[http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/cart\\_sebrae.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/cart_sebrae.pdf)[http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/cart\\_sebrae.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/cart_sebrae.pdf)>. Acesso em: 01 de maio de 2019.

**Marinha do Brasil**. Disponível em: < [https://www.marinha.mil.br/sites/default/files/sep/monografias/analise\\_integrada\\_resultados\\_monitoramento\\_sedimentos.pdf](https://www.marinha.mil.br/sites/default/files/sep/monografias/analise_integrada_resultados_monitoramento_sedimentos.pdf)>. Acesso em: 09 de maio de 2019.

MRK; BTP. . **Estudo de Impacto Ambiental da Brasil Terminal Portuário – Volume 2**. Disponível em: <<http://licenciamento.ibama.gov.br/Porto/Terminal%20Portuario%20da%20BTP/EIA/EIA%20BTP%20-%20Volume%202.pdf>>. Acesso em: 01 de maio de 2019

MTPAC. **Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Plano Mestre - Complexo Portuário de Santos - Volume 1 - Versão Preliminar**. 2018. Disponível em: < <https://www.infraestrutura.gov.br/planejamento-portu%C3%A1rio/113-politica-e-planejamento-de-transportes/5426-planos-mestres.html>>. Acesso em: 15 de maio de 2019.

MTPAC. **Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil**. em: < <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/meio-ambiente/licenciamento-ambiental>>. Acesso em: 20 de novembro de 2018.

UNCTAD. **Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento. Review of Maritime Transport 2017 - PORTS**. 2017. Disponível em: <[http://unctad.org/en/PublicationChapters/rmt2017ch4\\_en.pdf](http://unctad.org/en/PublicationChapters/rmt2017ch4_en.pdf)>. Acesso em: 12 de setembro 2018.

US ACE. **Dredging and Dredged Material Disposal. Department of the Army. Engineer Manual 1110-2-5025**. U.S. Army Corps of Engineers. Washington, 94p., 1983.

US ACE. **Environmental Effects of Dredging – Technical Notes. Waterways Experiment Station**. EEDP 09-01. U.S. Army Corps of Engineers. Washington, 7p., 1986.

PALERMO, M.; SCHROEDER, P. R.; ESTES, T. J.; FRANCINGUES, N. R. **Technical Guidelines for Environmental Dredging of Contaminated Sediments**. Vicksburg: US Army Corps of Engineers, 288p. 2008.

Portogente, 2016. Disponível em : <<https://portogente.com.br/portopedia/73049-tipos-de-dragas>>. Acesso em: 24 de abril de 2019.

VLASBOM, W. **Lecture Notes on Dredging Equipment and Technology**. Rotterdamseweg: Central Dredging Association (CEDA), 323p. 2003.