



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

TECNOLOGIAS DE OBRAS CIVIS PARA ESTRUTURAS PORTUÁRIAS

VICTOR HARTMANN CARDOSO

Florianópolis/SC

2021

VICTOR HARTMANN CARDOSO



TECNOLOGIAS DE OBRAS CIVIS PARA ESTRUTURAS PORTUÁRIAS

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro de Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Marcos Aurélio Marques Noronha

Florianópolis/SC

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Cardoso, Victor Hartmann
Tecnologias de obras civis para estruturas portuárias /
Victor Hartmann Cardoso ; orientador, Marcos Aurélio
Marques Noronha, 2021.
101 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Engenharia portuária. 3.
Tecnologias. I. Noronha, Marcos Aurélio Marques. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia Civil. III. Título.



VICTOR HARTMANN CARDOSO

TECNOLOGIAS DE OBRAS CIVIS PARA ESTRUTURAS PORTUÁRIAS

Prof. Dr. Luciana Rhode
Coordenadora de curso

Banca examinadora:

Prof. Marcos Aurélio Marques Noronha, Dr.
(Orientador)

Eng. Gabriel Fonseca Bordeaux Rego
(Avaliador)

Prof. Rafael Augusto dos Reis Higashi, Dr.
(Avaliador)



AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Djalma e Micheli, por me ajudarem em tudo e por terem me dado liberdade para escolher os rumos da minha vida.

À minha irmã, Barbara, por ouvir meus desabafos e me aconselhar.

Ao meu orientador Prof.º Dr. Marcos Noronha, por todas as conversas, ensinamentos e recomendações que auxiliaram na construção desse trabalho.

Ao Eng. Gabriel Bordeaux e ao Prof.º Dr. Rafael Augusto dos Reis Higashi por se disponibilizarem para participar da minha banca.

Ao Natan Socha e aos colegas engenheiros da Eletrosul, onde fiz meu primeiro estágio e tive um aprendizado fantástico.

Às amizades que fiz na UFSC e à todas as pessoas que conheci ao longo da minha graduação que me proporcionaram momentos incríveis e experiências que vou lembrar para sempre. Em especial ao grupo “amigos do chape” e à Isadora que serão companheiros para o resto da vida.



*“Minha mente é a chave que
me liberta.”*

Harry Houdini



RESUMO

A construção civil vem passando por transformações ao longo dos últimos anos e grande parte disso é devido às novas tecnologias de construção, modelos de trabalho, gestão de canteiro de obras, qualidade nos processos, gerenciamento de resíduos entre outros aspectos. Neste contexto sua aplicabilidade vai além de simples construções habitacionais ou arranha-céus, mas passa por projetos sustentáveis envolvendo engenharia de manufatura. Assim o uso em construções portuárias ganha aspectos inovadores auxiliando em projetos de movimentação, armazenagem e distribuição, logo aumentando a eficiência, reduzindo o trabalho manual e melhorando a segurança. O objetivo do trabalho é avaliar as alternativas de construção utilizadas na área portuária no Brasil e no mundo através de uma análise comparativa. Desta forma, tem-se como objetivos específicos identificar os principais métodos construtivos e suas características além de uma avaliação técnica-econômica de projetos desenvolvidos. A pesquisa tem cunho exploratório, onde através de revisão bibliográfica foi possível investigar o tema central da pesquisa por meio de uma abordagem é do tipo hipotético-dedutivo.

Palavras-chave: Construção. Porto. Brasil. Obra. Logística.



ABSTRACT

Civil construction has undergone transformations over the last few years due to new construction technologies, work models, construction site management, quality in processes, waste management, among other aspects. In this context, its applicability goes beyond simple housing construction or skyscrapers, but goes through sustainable projects involving manufacturing engineering. Thus, the use in port constructions gains innovative aspects, assisting in handling, storage and distribution projects, thus increasing efficiency, reducing manual labor and improving safety. The objective of the work is to evaluate the construction alternatives used in the port area in Brazil and in the world through a comparative analysis. Thus, its specific objectives are to identify the main construction methods and their characteristics, in addition to a technical-economic evaluation of developed projects. The research has an exploratory nature where through bibliographic review it was possible to investigate the central theme of the research through a hypothetical-deductive approach.

Keywords: Construction. Harbor. Brazil. Constructions. Logistics.



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Meios de Transporte no Brasil	16
Figura 2 - Bacia de evolução do Porto de Itajaí.....	20
Figura 3 - Berço de atracação no Porto do Pecém	21
Figura 4 – Canal do Panamá.....	22
Figura 5 – Silos públicos do Porto de Paranaguá	23
Figura 6 – Movimentação de Contêineres no Porto de Santos	23
Figura 7 – Portêineres no Porto de Paranaguá	24
Figura 8 – Cadeia logística.....	25
Figura 9 – Visão geral dos objetivos 2015 - 2018	27
Figura 10 – Índice de competitividade global	28
Figura 11 – Perfil Econômico do Brasil	29
Figura 12 – Operação para armazenagem de produtos perigosos	30
Figura 13 - Terminal Portuário de Itapoá.....	33
Figura 14 – Representação esquemática o cálculo do calado	35
Figura 15 – manobra de um navio sob a influência de um forte vento	36
Figura 16 – Fatores para dimensionamento de canais	37
Figura 17 – Navio manobrando no complexo portuário de itajaí	38
Figura 18 - Processo erosivo em Conceição da Barra, ES	39
Figura 19 - Mecanismo de funcionamento de um espigão.....	41
Figura 20 - Funcionamento de um campo de espigões	42
Figura 21 - Tipos de quebra-mares	45
Figura 22 - Quebra-mar submerso na praia de Lido, França	46
Figura 23 - Quebra-mar exterior do porto de Leixões, Portugal	48
Figura 24 - Vista do Afsluitdijk, Holanda.....	49
Figura 25 - Problemas comuns em aterros sobre solo mole	56
Figura 26 - Métodos construtivos de aterros sobre solos moles	56
Figura 27 - Aplllcação do CPR Grouting	58
Figura 28 - Aplicação de CPR Grouting na área portuária de Manaus	59
Figura 29 - Tratamento do solo no porto de Navegantes	60
Figura 30 - Remoção ou substituição de solo mole.....	61
Figura 31 - Esquema de instalação da defesa (a).....	65
Figura 32 - Esquema de instalação da defesa (b).....	66

Figura 33 - Esquema de instalação da defesa (f).....	67
Figura 34 - Esquema de instalação da defesa (g).....	67
Figura 35 - Detalhe da figura 36.....	68
Figura 36 - Detalhe da figura 36.....	68
Figura 37 - defesa Pneumática Nervurada.....	69
Figura 38 - detalhes de uma defesa.....	70
Figura 39 - <i>Dragline</i>	72
Figura 40 - Diagrama esquemático de uma <i>Dragline</i>	73
Figura 41 - Escavadeira <i>Shovel</i> operando na China.....	74
Figura 42 - Draga <i>Clamshell</i>	75
Figura 43 - Detalhe da garra <i>orange peel</i>	75
Figura 44 - Vista lateral de uma draga de caçamba.....	76
Figura 45 - <i>Dipper</i>	77
Figura 46 - Representação esquemática de uma draga de alcatruzes.....	78
Figura 47 - Perfil de uma draga de alcatruzes.....	79
Figura 48 - Draga estacionaria de sucção com cabos de estacionamento.....	80
Figura 49 - Draga de sucção em arrasto (TSHD).....	81
Figura 50 - Perfil e planta da draga de sucção e recalque.....	82
Figura 51 - Draga de sucção e recalque.....	83
Figura 52 - Draga de injeção de água.....	84
Figura 53 - Vista lateral e em planta de um derrocador de 15 toneladas.....	86
Figura 54 - Balsa perfuratriz modular.....	87
Figura 55 - Derrocagem da pedra de Ipanema.....	88
Figura 56 – Projeção da pedra de Itapema e da pedra de Teffé.....	89
Figura 57 - Canal do porto de Santos após derrocamento.....	89
Figura 58 - Porto de Vitória após a derrocagem.....	90
Figura 59 - Geobags para proteção costeira.....	92
Figura 60 - Visão isométrica de um tubo geotêxtil.....	93
Figura 61 – Tetrápodes de concreto.....	95



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Métodos construtivos e suas aplicações no Brasil	63
---	----



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA	15
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo Geral	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
1.3 Delimitações.....	18
1.4 Estrutura do trabalho.....	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1 ARRANJO GERAL PORTUÁRIO.....	20
2.2 LOGÍSTICA PORTUÁRIA	25
2.2.1 Logística portuária no brasil	26
2.3 ASPECTOS GERAIS NAS OPERAÇÕES DO RETROPORTO.....	29
2.4 ACESSIBILIDADE.....	33
2.4.1 Canais de Acesso	34
2.4.2 Bacias Portuárias	37
2.5 ESTRUTURAS DE PROTEÇÃO COSTEIRA.....	38
2.5.1 Espigões.....	40
2.5.2 Quebra-mares	44
2.5.3 Diques	48
3 MÉTODO DE PESQUISA	51
3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	51
3.2 REGISTRO DOS DADOS COLETADOS	52
4 INSTALAÇÕES EM TERRA.....	53
4.1 SOLOS MOLES	53
4.1.1 Aterro e adensamento	54
4.1.2 CPR.....	57



4.1.2 Aplicação do CPR Grouting em áreas portuárias.....	58
4.1.2.1 Porto Chibatão	59
4.1.2.2 Porto Navegantes.....	59
4.2 REMOÇÃO DE SOLO	60
4.3 SOLO CIMENTO	61
4.4 OBRAS PARA RETROÁREA.....	62
5 ESTRUTURAS DE ATRACAÇÃO	64
6 ACESSOS MARÍTIMOS.....	71
6.1 DRAGAGEM	71
6.1.1 Dragas mecânicas.....	71
6.1.1.1 Pá de arrasto (dragline).....	72
6.1.1.2 Draga mecânica de colher (escavadeira shovel).....	73
6.1.1.3 Draga de caçamba de mandíbulas (clamshell ou orange peel).....	74
6.1.1.4 Draga de pá escavadeira (dipper)	76
6.1.1.5 Draga de alcatruzes	77
6.1.2 Dragas hidráulicas.....	79
6.1.2.1 Draga autotransportadora de sucção e arrasto (hopper).....	80
6.1.2.2 Draga estacionária de sucção e recalque	81
6.1.3 Processos alternativos de dragagem	83
6.2 DERROCAMENTO	84
6.2.1 Desmonte mecânico.....	85
6.2.2 Desmonte com explosivos.....	87
6.2.3 Derrocagem na pratica	88
6.2.3.1 Porto de santos	88
6.2.3.2 Porto de Vitória.....	90
7 ALTERNATIVAS DE PROTEÇÃO COSTEIRA	91
7.1 GEOBAGS	91



7.2 TETRÁPODES	94
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
8.1 CONCLUSÃO.....	96
8.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	96
REFERÊNCIAS.....	98

1 INTRODUÇÃO

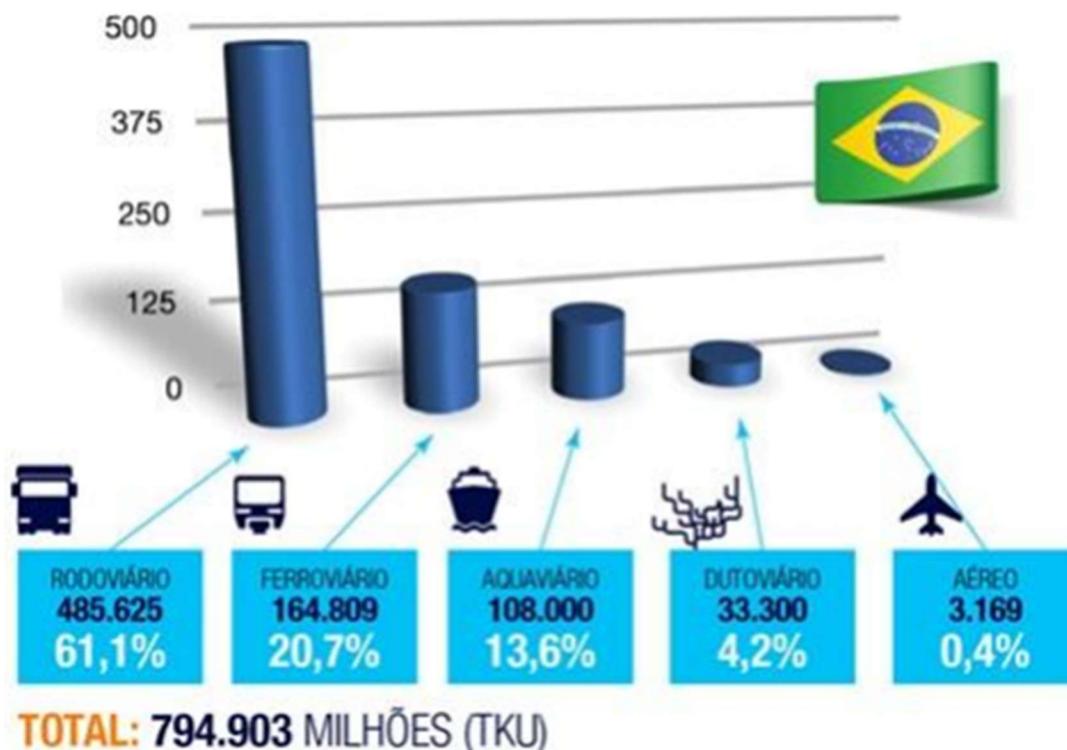
A logística portuária envolve atividades com um alto nível de complexidade. Conseqüentemente, as estruturas portuárias são formadas por diferentes tipos de obras civis que requerem técnicas robustas, seguras e econômicas. Assim, a dinâmica da construção das obras de arranjo de um porto exige conhecimentos e tecnologias bem específicas e atualização constante, devido aos desenvolvimentos tecnológicos contínuos realizados para os grandes portos internacionais. A situação de retomada e planejamento dos portos no Brasil é ainda recente, e pode-se considerar que as técnicas construtivas utilizadas nos arranjos portuários brasileiros são em grande parte ultrapassadas e deficientes, impactando na logística e gerando lentidões e complicações principalmente quando comparado a países bem desenvolvidos nesses aspectos. Tendo em vista a atual situação, o uso de novas tecnologias pode revolucionar a maneira como funcionam os portos no país, solucionando demandas e gargalos através de otimizações tanto na construção quanto no gerenciamento.

1.1 JUSTIFICATIVA

A logística no país apresenta inúmeras limitações, isto em decorrência do uso em sua totalidade do modal rodoviária de maneira que sobrecarrega o sistema ocasionando sérios problemas relacionados ao trânsito, emissão de gases de efeito estufa, acidentes, gasto com combustíveis além de ineficiência em determinadas operações.

Tenha em mente que um dos grandes problemas do país é a matriz de transporte com cerca de 60% da movimentação de carga realizada através do sistema rodoviário (JUNIOR, 2007). A falta de infraestrutura das estradas, longas distâncias percorridas e a alta no preço dos derivados de petróleo também estão entre os problemas, conforme mostra a figura 1.

Figura 1 - Meios de Transporte no Brasil



Fonte: CNT (2013)

Muitas nações hoje partem para uma diversificação de sua matriz de transporte de forma a aumentar a eficiência e reduzir gastos em movimentação e distribuição ao longo da cadeia produtiva. Isto somado ainda ao déficit nos investimentos em infraestrutura, que não passam da casa de 5% do PIB (CNI, 2014) ocasionam problemas crônicos como falta de informatização de órgãos de fiscalização, necessidade de melhoria das barreiras fiscais, escassez de mão-de-obra capacitada e falta de alternativas para transporte de carga, entre outros.

O Brasil, ao se tratar da prática de transporte portuário, apresenta uma infraestrutura deficitária com sérios problemas relacionados a áreas de armazenagem, atracação de navios de grande porte, fiscalização, controle de estoques e aduana, isto ocasiona problemas relacionados a baixa eficiência, excessiva burocracia, falta de integração modal, falta de modernização e investimentos além de problemas ambientais.

A construção civil neste contexto passa a ser uma importante aliada pois congrega tecnologias que viabilizam projetos em portos, no sentido de modernizar operações de armazenagem, carga, descarga, transbordo, atracação entre outras.

Dentre os objetivos alcançados com construções versáteis na área portuária pode-se destacar a utilização de materiais pré-moldados, menor impacto ambiental, durabilidade, menor tempo de construção entre outros aspectos, o que resulta, do ponto de vista das operações, em maior eficiência, diminuição da necessidade de mão de obra humana, segurança (trabalhadores e equipamentos), redução de custo e benefícios ambientais.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho está proposto para cumprir os seguintes objetivos geral e específicos.

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo fazer um levantamento e uma análise de identificação das características das tecnologias construtivas mais modernas para instalações portuárias, identificando aplicações, vantagens e desvantagens das mesmas. Isso será realizado através de uma revisão sistemática das técnicas empregadas nas construções portuárias.

1.2.2 Objetivos específicos

Dentre os objetivos específicos destacam-se:

- Identificar, por meio da revisão bibliográfica, quais os principais problemas na construção e logística dos portos no Brasil.
- Analisar e discutir quais são as novas tecnologias que estão sendo utilizadas para construção e gerenciamento das instalações em terra (retroporto), como: armazéns, silos, contêineres, portêineres, e a movimentação de cargas.
- Analisar e discutir quais são as novas tecnologias que estão sendo utilizadas para construção e gerenciamento das instalações em água, que incluem, dentre outros: píeres, cais, dragagem e estruturas de proteção costeira.

- Discutir e analisar as características e tecnologias que vem sendo empregadas nos principais portos brasileiros.

1.3 Delimitações

O trabalho tem como ponto de partida o levantamento de informações nas principais bases de dados sobre o tema objeto de estudo entre os anos de 2010 a 2020. Serão analisados aspectos técnicos e econômicos voltados aos principais projetos desenvolvidos

O foco da pesquisa está voltado aos métodos construtivos aplicados à área portuária levando-se em consideração fatores condicionantes como eficiência, qualidade e meio ambiente.

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado da seguinte forma:

No capítulo 1 introduz-se o tema do trabalho, a sua justificativa, o objetivo geral e específico, assim como suas delimitações.

No capítulo 2 encontra-se a revisão bibliográfica do trabalho. Neste serão tratados temas gerais, relacionados ao funcionamento do porto como um todo, bem como suas partes, infraestrutura, instalações em terra (retroporto), estruturas de atracação, acessos marítimos e estruturas de proteção costeira.

No capítulo 3 apresenta-se a metodologia do trabalho exploratório, pois consiste em busca de fontes de dados que comprovem as tecnologias utilizadas dentro do setor, inclusive sua defasagem e sua busca de aprimoramento constante. As fontes utilizadas serão os artigos livros e empresas detentoras da tecnologia para a estrutura da zona portuária.

O capítulo 4, instalações em terra, dissertará a logística portuária que deve ter um fluxo de transporte eficaz, pois é o fator de logística mais importante dentro da zona portuária; consumindo $\frac{2}{3}$ dos custos totais dos associados. A estocagem também é um fator a ser considerado dentro desse capítulo, pois obtêm a conservação dos produtos armazenados.

O capítulo 5 discute sobre as estruturas de atracação, denominado também de atracamento. Esse processo é importante no porto, pois consiste no embarque e

desembarque de produtos dentro do cais, fazendo com que a logística seja mais ampliada no setor. O produto de outros países chega às docas brasileiras e também embarca nossos produtos para outros países criando assim um fluxo comercial intenso, porém com suas precariedades tecnológicas, pois os portos brasileiros necessitam de tecnologias menos ultrapassadas para concorrerem em nível de igualdade com outros países no mundo.

O capítulo 6 dissertará sobre os acessos marítimos e como convém sobre os sistemas de drenagem para que os portos possam funcionar efetivamente na atracação dos navios. Esses sistemas não deixam o navio encalhar e dão mais segurança para o embarque ou desembarque de mercadorias.

O capítulo 7 vem a ser a dissertação das estruturas de proteção costeira, é uma pesquisa sobre alternativas para os tradicionais quebra-mares, espigões e todas as estruturas de proteção para as embarcações no cais.

A conclusão do trabalho encontra-se no capítulo 8 seguido das referências bibliográficas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão abordados conceitos gerais sobre os arranjos portuários, apresentando os principais elementos que compõe a complexa estrutura necessária para a funcionalidade de um porto, tais como sua logística, infraestrutura, e as principais relações com os aspectos técnicos e econômicos.

2.1 ARRANJO GERAL PORTUÁRIO

Os portos parte fazem de um conjunto de transporte intermodal e possuem um arranjo estrutural físico complexo que precisa se adaptar as diferentes circunstâncias e características específicas de cada local. O arranjo de um porto é projetado para atender, basicamente, a demanda apresentada pelo comércio exterior dos países. Quando se fala de engenharia portuária, estamos envolvidos em tudo o que se refere ao planejamento, estudo, projeto e construção, de muitos tipos de estruturas, mas dentre as mais comuns estão:

Bacia de evolução: Local próximo ao cais onde as embarcações manobram. Deve possuir dimensões e profundidade adequadas para o local e a demanda.

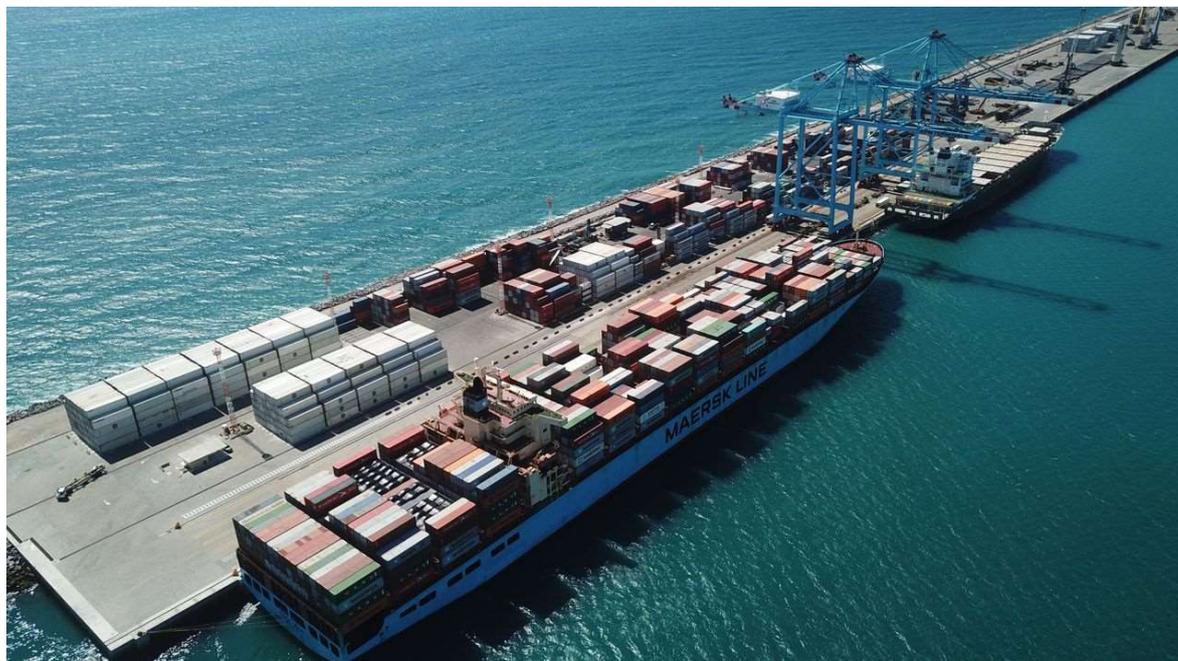
Figura 2 - Bacia de evolução do Porto de Itajaí



Fonte: Banco de imagens do governo de Itajaí¹

Berço de atracação: Local no cais onde a embarcação atraca para poder operar, embarcar e descarregar as cargas.

Figura 3 - Berço de atracação no Porto do Pecém



Fonte: Diário do Nordeste, (2020) ²

Cais do porto: Parte contínua e em contato com o mar onde estão localizados os berços de atracação.

Canais de navegação: Caminhos necessários para a navegação das embarcações, para manobras, carga e descarga. A profundidade destes canais varia de acordo com aspectos relacionados a maré, ondas e o calado das embarcações.

¹ Disponível em <https://itajai.sc.gov.br/noticia/24492/porto-de-itajai-testa-nova-bacia-de-evolucao-com-manobra-inedita-no-brasil#.YVGvoLhKiUk>. Acesso em 12/08/2021.

² Disponível em <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/negocios/novo-berco-de-atracacao-comeca-a-operar-no-porto-do-pecem-1.2973335>. Acesso em 12/08/2021.

Figura 4 – Canal do Panamá



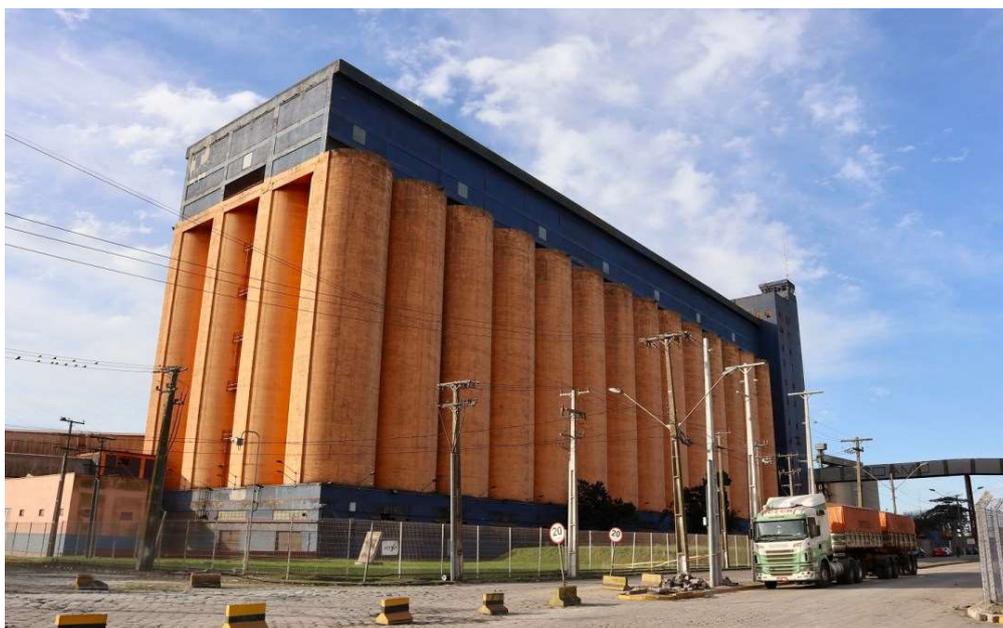
Fonte: Banco de imagens U.S Department of Transportation ³

Armazéns: são galpões portuários geralmente construídos nas proximidades do porto. É um local para cargas que estão em trânsito e que não serão armazenadas por muito tempo.

Silos portuários: Silos são grandes reservatórios para o armazenamento de produtos agrícolas não ensacados. As dimensões e características técnicas variam de acordo com o produto e demanda.

³ Disponível em: <https://www.transportation.gov/fastlane/expanded-canal-means-an-expanded-economy>. Acesso em 12/07/2021

Figura 5 – Silos públicos do Porto de Paranaguá



Fonte: Macron Logística Portuária

Contêineres: Caixa de aço ou alumínio com dimensões padronizadas, utilizados para transportar grandes cargas. Suas características foram otimizadas para facilitar a integração entre os modais marítimo, terrestre e aéreo.

Figura 6 – Movimentação de Contêineres no Porto de Santos

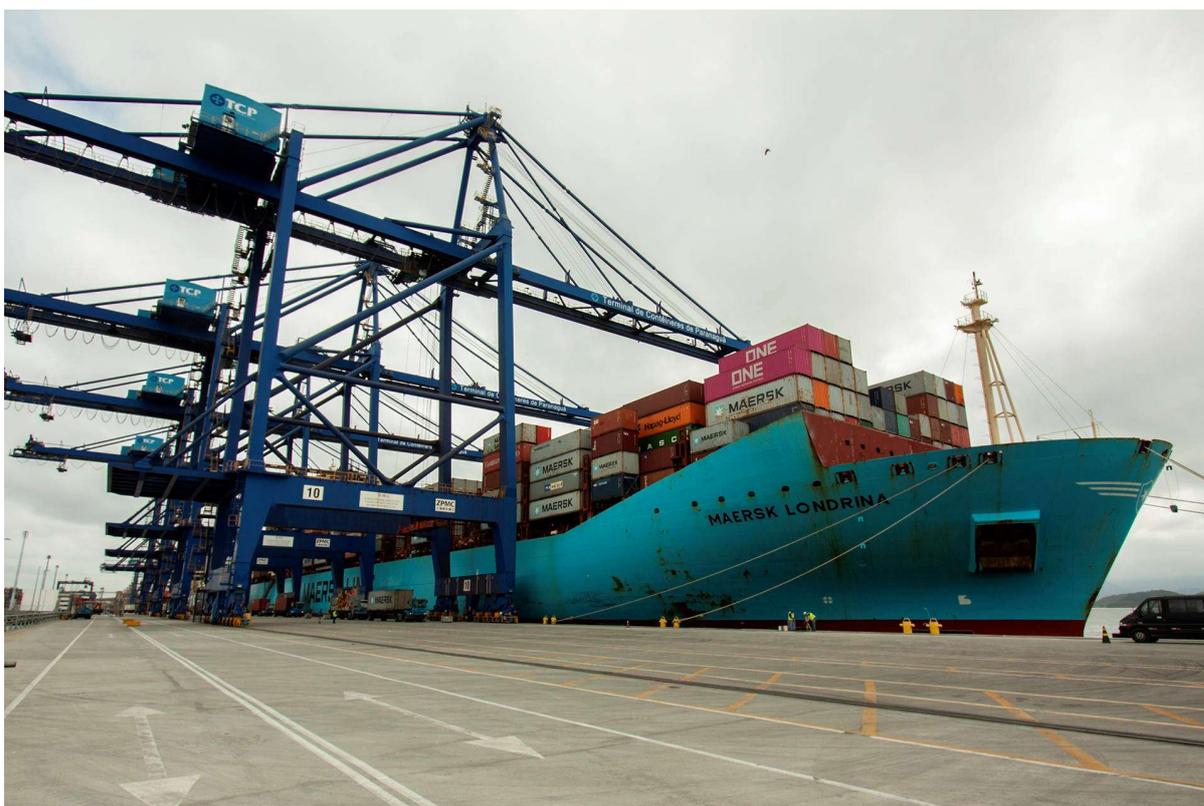


Fonte: g1.globo.com (2018) ⁴

⁴ Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/porto-mar/noticia/2020/01/01/porto-de-santos-movimenta-123-milhoes-de-toneladas-e-supera-recorde-de-2018.ghtml> Acesso em 12/09/2021.

Portêineres: são espécies de guindastes que auxiliam na movimentação de contêineres, realizando o serviço de carga e descarga, integrando com outros modais e também possibilitando, com o auxílio de alguns sistemas, a automatização dos processos.

Figura 7 – Portêineres no Porto de Paranaguá



Fonte: banco de imagens portos do Paraná ⁵

Dolfin: Coluna de concreto que fica presa no fundo do mar e vai até a superfície com a finalidade de atracação ou amarração das embarcações. Em alguns portos dispensa-se a necessidade de cais.

Proteção costeira: São estruturas que tem como objetivo proteger o porto e área de retroporto dos processos erosivos provocado pelo mar.

⁵ Disponível em: <http://www.portosdoparana.pr.gov.br/Operacional/Noticia/Paranagua-ganha-dois-novos-guindastes-para-conteineres>. Acesso em 16/08/2021

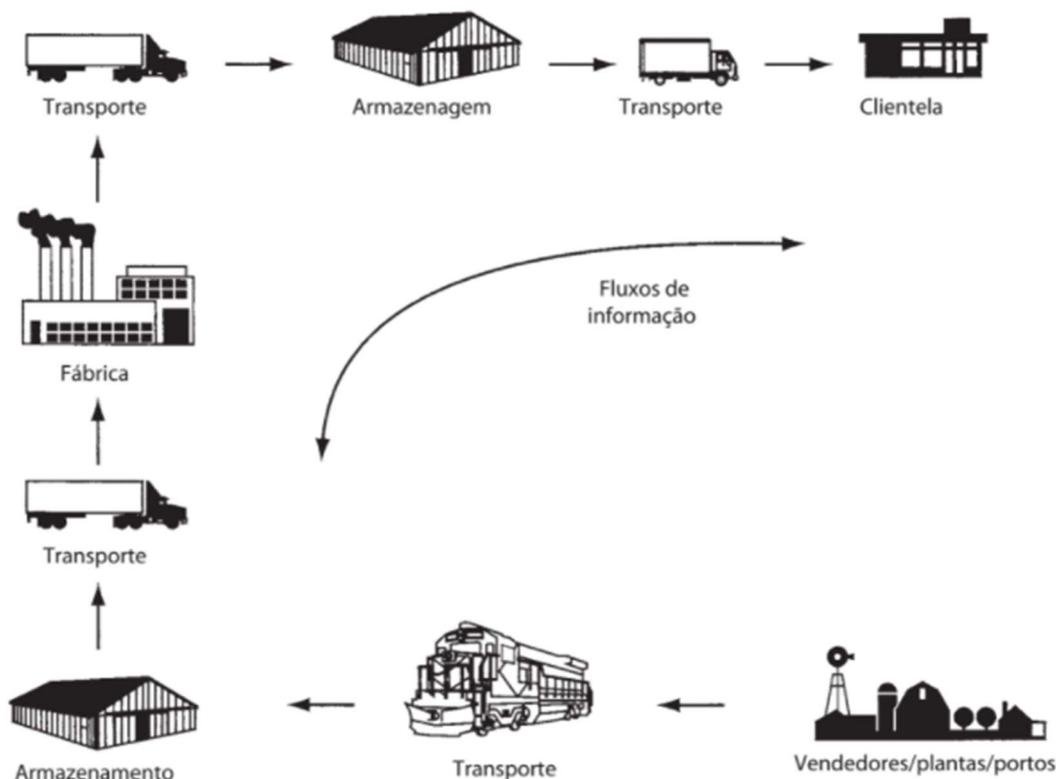
2.2 LOGÍSTICA PORTUÁRIA

A logística portuária é o planejamento do deslocamento das cargas visando eficiência em todas as suas etapas. Os processos a serem considerados incluem: transporte, carregamento, descarregamento, armazenamento, recebimento das mercadorias e empilhamento de produtos e estocagem. É um meio complexo, que envolve também instituições que regulamentam as atividades e burocracia, o que torna o processo de otimização ainda mais complicado.

Em uma operação logística, o transporte é responsável pela distribuição de maneira que o fluxo começa no produto pronto em estoque até a fase de entrega ao consumidor final (LOUREZAN, SILVA, 2004; TEIXEIRA et. al, 2004).

Alguns aspectos econômicos merecem atenção, pois afetam consideravelmente os fluxos de transporte a citar distância, volume, densidade, acondicionamento, manuseio, responsividade e mercado. Outro ponto a ser destacado é a escolha da modalidade de transporte. Note que os parâmetros comuns de análise para essa escolha são custo, velocidade e confiabilidade.

Figura 8 – Cadeia logística



Fonte: Adaptado de Ballou (2006)

2.2.1 Logística portuária no Brasil

O maior desenvolvimento de um país acontece através da movimentação portuária. Os dois principais problemas que limitam o bom funcionamento dos portos brasileiros são a burocracia e a falta de estrutura em transportes. Para que a logística dos portos no Brasil acompanhe a movimentação dos maiores portos do mundo é necessário investir em inovação e na desburocratização.

Essa logística de portos traz impactos para a nossa indústria e interfere no fluxo de mercadorias que circulam em nosso país e no comércio internacional. O fluxo de transporte é uma das atividades logísticas mais importantes, principalmente por consumir quase 2/3 dos custos totais associados à logística. Além de deslocamento, o transporte exerce a função de estocagem em muitos casos, permitindo a guarda e conservação dos produtos até seu destino final (BALLOU, 2014).

O principal meio de transporte para cargas no Brasil ainda é a malha rodoviária. Isso torna ineficiente o processo de escoamento das cargas provenientes dos portos. Além do mais, uma parte considerável dessa malha não tem sequer a pavimentação adequada. Um bom artifício seria fazer a integração da malha ferroviária com os outros modais de transporte, tornando todo processo de escoamento das cargas mais rápido. No entanto uma pequena porcentagem dos trilhos possui esses mecanismos de compartilhamento.

A infraestrutura dos portos é outro grande desafio no país. As maiores dificuldades e gargalos em relação à logística estão nas dificuldades na manipulação de e controle de cargas, elevada burocracia e problemas na interligação entre modais. O Plano nacional de Logística Portuária (PNLP) de 2019 compara indicadores sobre os diferentes modais e traça metas para os próximos anos. A visão geral dos objetivos de 2015 a 2018 traz meios para melhorar toda a cadeia logística e facilitar a interligação entre os diferentes modais. Essas metas podem ser alcançadas utilizando ações estratégicas que também estão evidenciadas no infográfico dentro da parte de logística que consta no anexo 1:

Figura 9 – Visão geral dos objetivos 2015 - 2018



Fonte: PNL 2019

Várias estratégias e alternativas tem sido discutidas a nível nacional em busca de melhorias na logística portuária no Brasil, dentre elas, a cabotagem é mostrada como uma opção, pois é menos poluente e gasta menos combustível, possibilitando o transporte de grandes quantidades de carga com baixo risco e maior eficiência. Entretanto, segundo o BNDES representa apenas 11% da movimentação de cargas no Brasil. Outra solução interessante que poderia ser implementada a curto prazo é a integração entre as bases de dados logísticos portuários e os órgãos governamentais, bem como a melhora da interlocução dos portos com órgãos a nível municipal, estadual e federal. Isso traria maior controle sobre as cargas que estão sendo transportadas e diminuição do tempo necessário para os processos burocráticos, tornando toda a atividade mais ágil e eficaz.

As soluções a médio prazo são um pouco mais difíceis de serem implementadas, pois exigem maiores investimentos em infraestrutura e tecnologia. Nesse sentido, o Brasil tem muito o que melhorar. Mesmo com 8 mil quilômetros de costa os investimentos no setor ainda são poucos e as iniciativas privadas passam por muitos obstáculos para conseguir operar. As decisões do passado de investir principalmente em transporte terrestre rodoviário para escoar as cargas no país deixaram o país lento, caro e ineficiente em muitos aspectos. O caminho também pode estar na automatização. O processo vem acontecendo em muitos portos ao redor do

mundo, principalmente na china e na Europa. A diferença entre a capacidade de carga desses portos em relação aos portos brasileiros é enorme. A tecnologia possibilita uma logística mais fluída e competitividade internacional.

O Relatório de Competitividade Global (Global Competitiveness Report) é um índice que classifica países anualmente de acordo com diversos indicadores de desenvolvimento econômico e em infraestrutura. Os dados são coletados do Fórum Econômico Mundial e analisados por especialistas da área e tem como objetivo ajudar os países a identificar e definir políticas e práticas.

Dentre 141 economias, o Brasil aparece apenas como 71º no ranking do relatório, como mostrado nas Figuras 10 e 11:

Figura 10 – Índice de competitividade global

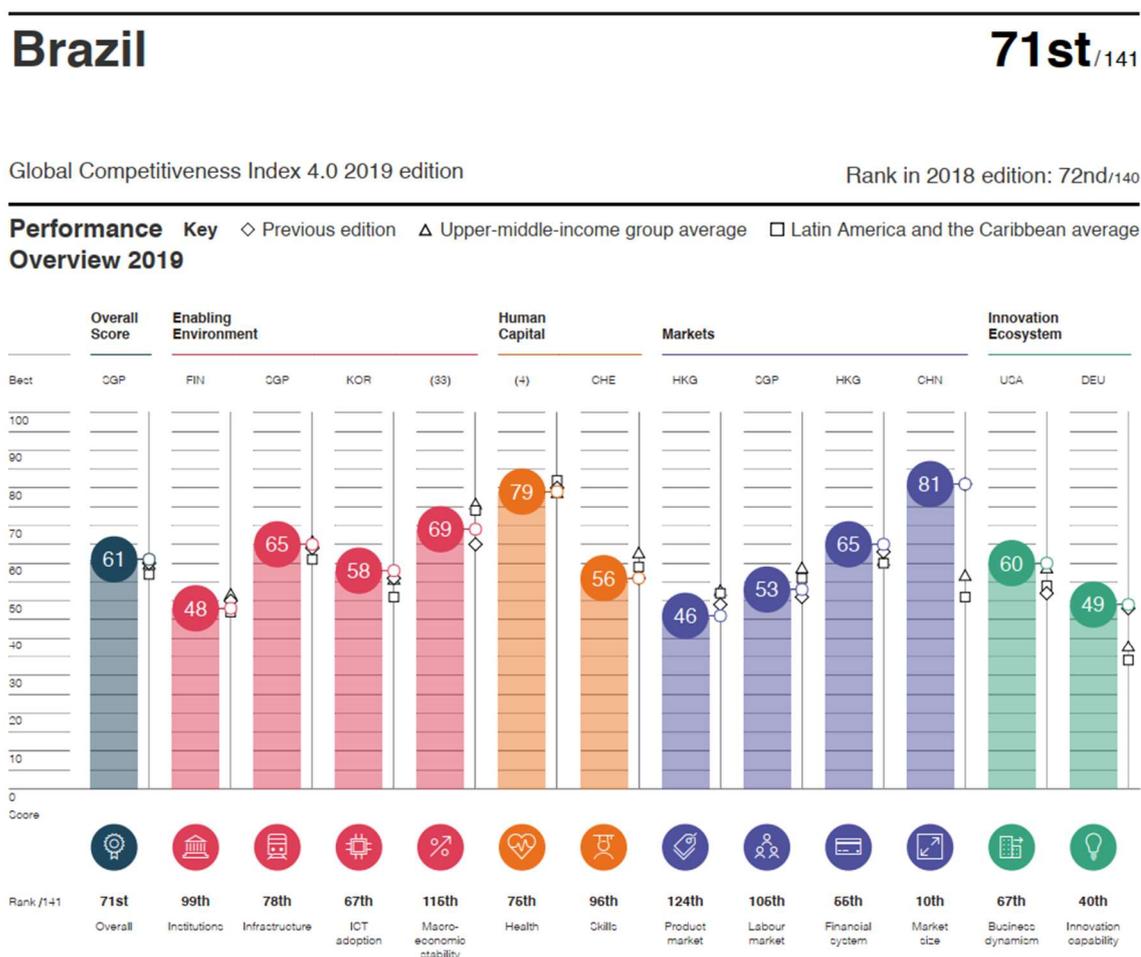
The Global Competitiveness Index 4.0 2019 Rankings

Covering 141 economies, the Global Competitiveness Index 4.0 measures national competitiveness—defined as the set of institutions, policies and factors that determine the level of productivity.

Rank	Economy	Score ¹	Diff. from 2018 ²		Rank	Economy	Score ¹	Diff. from 2018 ²		Rank	Economy	Score ¹	Diff. from 2018 ²	
			Rank	Score				Rank	Score				Rank	Score
1	Singapore	84.8	+1	+1.3	48	Mexico	64.9	-2	+0.3	95	Kenya	54.1	-2	+0.5
2	United States	83.7	-1	-2.0	49	Bulgaria	64.9	+2	+1.3	96	Kyrgyz Republic	54.0	+1	+1.0
3	Hong Kong SAR	83.1	+4	+0.9	50	Indonesia	64.6	-5	-0.3	97	Paraguay	53.6	-2	+0.3
4	Netherlands	82.4	+2	—	51	Romania	64.4	+1	+0.9	98	Guatemala	53.5	-2	+0.2
5	Switzerland	82.3	-1	-0.3	52	Mauritius	64.3	-3	+0.5	99	Iran, Islamic Rep.	53.0	-10	-1.9
6	Japan	82.3	-1	-0.2	53	Oman	63.6	-6	-0.8	100	Rwanda	52.8	+8	+1.9
7	Germany	81.8	-4	-1.0	54	Uruguay	63.5	-1	+0.8	101	Honduras	52.7	—	+0.2
8	Sweden	81.2	+1	-0.4	55	Kazakhstan	62.9	+4	+1.1	102	Mongolia	52.6	-3	-0.1
9	United Kingdom	81.2	-1	-0.8	56	Brunei Darussalam	62.8	+6	+1.3	103	El Salvador	52.6	-5	-0.2
10	Denmark	81.2	—	+0.6	57	Colombia	62.7	+3	+1.1	104	Tajikistan	52.4	-2	+0.2
11	Finland	80.2	—	—	58	Azerbaijan	62.7	+11	+2.7	105	Bangladesh	52.1	-2	—
12	Taiwan, China	80.2	+1	+1.0	59	Greece	62.6	-2	+0.5	106	Cambodia	52.1	+4	+1.9
13	Korea, Rep.	79.6	+2	+0.8	60	South Africa	62.4	+7	+1.7	107	Bolivia	51.8	-2	+0.4
14	Canada	79.6	-2	-0.3	61	Turkey	62.1	—	+0.5	108	Nepal	51.6	+1	+0.8
15	France	78.8	+2	+0.8	62	Costa Rica	62.0	-7	-0.1	109	Nicaragua	51.5	-5	—
16	Australia	78.7	-2	-0.1	63	Croatia	61.9	+5	+1.8	110	Pakistan	51.4	-3	+0.3
17	Norway	78.1	-1	-0.1	64	Philippines	61.9	-8	-0.3	111	Ghana	51.2	-5	-0.1
18	Luxembourg	77.0	+1	+0.4	65	Peru	61.7	-2	+0.4	112	Cape Verde	50.8	-1	+0.6
19	New Zealand	76.7	-1	-0.8	66	Panama	61.6	-2	+0.6	113	Lao PDR	50.1	-1	+0.8
20	Israel	76.7	—	+0.1	67	Viet Nam	61.5	+10	+3.5	114	Senegal	49.7	-1	+0.7
21	Austria	76.6	+1	+0.3	68	India	61.4	-10	-0.7	115	Uganda	48.9	+2	+2.1
22	Belgium	76.4	-1	-0.2	69	Armenia	61.3	+1	+1.4	116	Nigeria	48.3	-1	+0.8
23	Spain	75.3	+3	+1.1	70	Jordan	60.9	+3	+1.6	117	Tanzania	48.2	-1	+1.0
24	Ireland	75.1	-1	-0.6	71	Brazil	60.9	+1	+1.4	118	Côte d'Ivoire	48.1	-4	+0.6

Fonte: Global Competitiveness Report (2019)

Figura 11 – Perfil Econômico do Brasil



Fonte: Global Competitiveness Report (2019)

O relatório ainda compila outros dados que mostram que a situação em alguns setores é ainda pior. No quesito infraestrutura, por exemplo, o Brasil está em 78º dentre os 141 países analisados, trazendo à tona todos os problemas de logística causados pela falta de investimentos em tecnologia e modernização que já foram mencionados anteriormente.

2.3 ASPECTOS GERAIS NAS OPERAÇÕES DO RETROPORTO

O processo de armazenagem e, conseqüentemente, o manuseio e o controle dos produtos são componentes importantes e essenciais do sistema logístico, pois os componentes de seus custos envolvem elevada porcentagem de custo total logístico de qualquer empresa.

Assim podemos definir a disposição física dos postos de trabalho, dos materiais e dos equipamentos dentro do espaço destinado ao almoxarifado/depósito. A elaboração do Arranjo Físico de qualquer instalação é um trabalho especializado, cujos objetivos são proporcionar utilização eficiente do espaço, otimizar o fluxo de materiais e de equipamentos de movimentação dentro da instalação.

Alguns fatores são condicionantes do Arranjo Físico como tipo de material (químico, explosivo, tóxico, a granel, perecível etc.), tipo de embalagem (empilhamento), Giro de Estoque, Volume e Peso (próximo ao chão e à saída). Segundo Raiter (2012), otimizar o layout de um armazém pode resultar em diferenciais competitivos desde o aumento da eficiência nas operações até redução de gastos operacionais além da melhoria dos níveis de serviços.

Os equipamentos de armazenagem devem ser utilizados de acordo com cada tipo produto, usados adequadamente para arrumar mercadorias, matérias primas e produtos acabados. O correto dimensionamento de uma área de armazenagem é sinônimo de um correto fluxo nas operações de recebimento, armazenagem e expedição.

Figura 12 – Operação para armazenagem de produtos perigosos



Fonte: Foto de divulgação Portonave ⁶

⁶ Disponível em: <https://www.omdn.com.br/porto-tem-area-especifica-para-armazenar-produtos-perigosos/>. Acesso em 25/07/2021.

Desta forma a necessidade de dimensionar áreas específicas de armazenagem rápida nem como estruturas de armazenagem adequadas ao negócio em questão. Correia (2005), destaca que o êxito de um armazém é resultado de um correto projeto construtivo e dos equipamentos dimensionados pois estes estão diretamente relacionados as atividades operacionais e gastos do processo. Desta forma as seguintes áreas funcionais precisam ser contempladas:

a) Recebimento e expedição - trata-se de uma área crucial a operação, pois na maioria dos casos são áreas comuns a ambas as atividades requerendo muita atenção nas tarefas. Desta forma a necessidade do correto dimensionamento das equipes, quantidade de docas, equipamentos utilizados, etc.

b) Armazenagem – esta compõe grande parte do armazém, ou seja, a área útil utilizada especificamente no processo de guarda de materiais. Nesta área a necessidade de entender o mix de produtos, as formas de estocagem, o giro dos materiais etc. De maneira que Larson estabelece três tipos de armazenagem: aleatória, dedicada e mista. Cada uma delas exercendo um papel estratégico e coexistindo no mesmo ambiente.

- Armazenagem aleatória: os produtos não têm ponto pré-determinado de guarda sendo dispostos onde há espaço.
- Armazenagem dedicada: os produtos são estocados segundo um endereçamento permitindo assim rastreabilidade.
- Armazenagem mista: é quando os dois processos ocorrem simultâneos.

Todas estas análises permitem aos gestores um correto dimensionamento dos espaços de armazenagem, porém alguns aspectos merecem atenção. A partir destas definições, são devidamente alinhados os espaços utilizados a fim de que a área total seja devidamente contabilizada. Um aspecto importante neste processo é o correto parâmetro do que vem a ser área útil e área não útil. A área útil é definida como área de armazenagem não incluindo corredores, áreas de circulação e administrativo. Desta forma estas últimas são denominadas áreas não-útil e não podem ser contabilizadas como área de armazenagem as custas de graves problemas operacionais.

Assim, um correto sistema de gerenciamento de estoques irá permitir, segundo Sucupira (2004):

- Rastreabilidade das operações – através de um endereçamento é possível localização precisa dos materiais;
- Inventários físicos rotativos e gerais – agilidade em inventários sem ocasionar paradas no processo;
- Planejamento e controle de capacidades – um correto controle e análise das áreas de armazenagem em especial as posições ociosas ou aguardando abastecimento;
- Definição de características de uso de cada local de armazenagem – este processo vai de acordo como com estrutura e o tipo de material;
- Sistema de classificação dos itens – o uso de alguns sistemas de gestão de materiais é fundamental para um correto controle e auxiliar a tomada de decisão;
- Controle de lotes, datas de liberação de quarentenas e situações de controle de qualidade;
- Separação de pedidos – picking;
- Interfaceamento com clientes e fornecedores;
- Cálculo de embalagens de despacho e listas de conteúdo;
- Controle de rotas e carregamento de veículos.

O processo de escolha do local de armazenagem ou centro de distribuição é pautado em diferentes fatores condicionantes a exemplo da proximidade do mercado consumidor, arredores de fornecedores, localidades com carga tributária menor, área de incentivos fiscais e outros. Alinhado a estes aspectos a necessidade de um estudo amplo sobre o mercado de atuação, concorrência, estratégias empresariais etc.

Somados a estes parâmetros, existe a necessidade de entender todo o aparato logístico que envolve o negócio em relação a transporte, pontos de escoamento de carga, distribuição física, atendimento ao cliente e tantos outros. Ballou (2006), destaca que gastos associados a transporte e a distância percorridas têm sido os fatores condicionantes mais utilizados nos estudos sobre a seleção dos locais de armazenagem, principalmente, dos centros de distribuição.

Figura 13 - Terminal Portuário de Itapoá



Fonte: Site do porto de Itapoá⁷

2.4 ACESSIBILIDADE

A acessibilidade pode ser definida como a facilidade e a eficiência para se ter acesso a um determinado espaço físico. Ela depende de muitos elementos, dentre eles a mobilidade, tempo, qualidade, opções de transporte, organização e questões físicas e geográficas. A acessibilidade diz respeito a capacidade de realização de uma determinada atividade. Nesse sentido, Raia Jr. (1997) propôs que a acessibilidade é uma medida do esforço necessário para superar uma dificuldade causada por uma separação espacial. Desta maneira, a acessibilidade está diretamente relacionada a facilidade para locomoção entre dois lugares e na medida em que esse processo se torna mais dispendioso (tempo e dinheiro) a acessibilidade diminui.

O comércio internacional no Brasil acontece em sua larga maioria via exportação marítima, apesar da logística portuária e acessibilidade dos portos no país ainda deixarem a desejar. A maior parte dos portos brasileiros sofre com problemas

⁷ Disponível em: <https://www.portoitapoa.com/>. Acesso em 25/07/2021

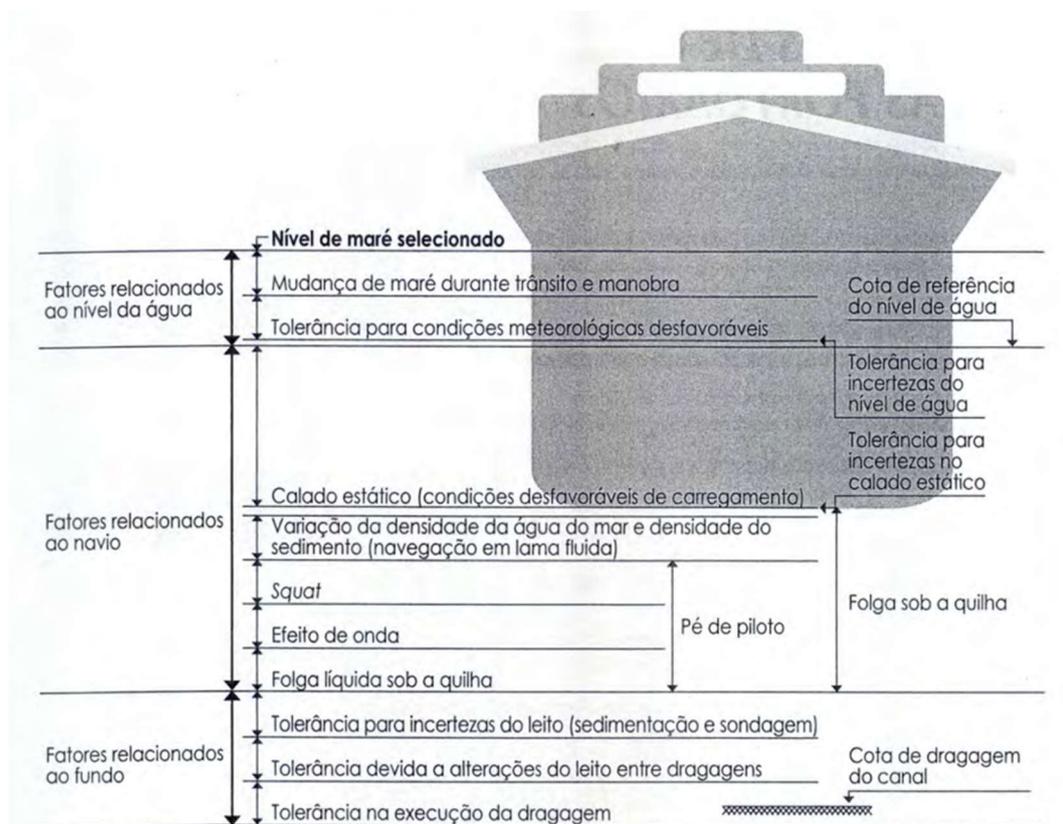
de acessibilidade. O principal problema é o baixo calado, ou seja, profundidades pequenas nos canais de acesso, baías de evolução e berços. Esses problemas se devem principalmente a concepção dos projetos que já foram feitos com uma embarcação-tipo pequena e também a acumulação de lama no fundo do mar, devido a movimentação dos navios.

Calado é distância vertical que o navio ocupa dentro da água, da lâmina d'água até a quilha. O é necessário para que os navios possam flutuar livremente. Essa altura determina os portos onde cada navio vai poder entrar e quais trechos poderá navegar, a depender das condições de marés, vento, densidade da água entre outros fatores que serão abordados a seguir.

2.4.1 Canais de Acesso

A profundidade requerida por um canal, de acordo com Alfredini e Arasaki (2009), é calculada com base em uma embarcação-tipo, em um método determinístico através de uma somatória que leva em conta aspectos como: (a) maré – muito influente, serve para determinar a situação crítica; (b) efeitos de onda; (c) *squat* – afundamento dinâmico paralelo somado ao trim (afundamento da proa e da popa); (d) calado da embarcação-tipo – que deve ser considerado o extremo, ou seja, com máximo carregamento e nas piores condições de maré; (e) variações da densidade da água - o afundamento das embarcações aumentam em águas com menor densidade. A figura 14 traz uma representação esquemática dos componentes necessários para o cálculo do calado.

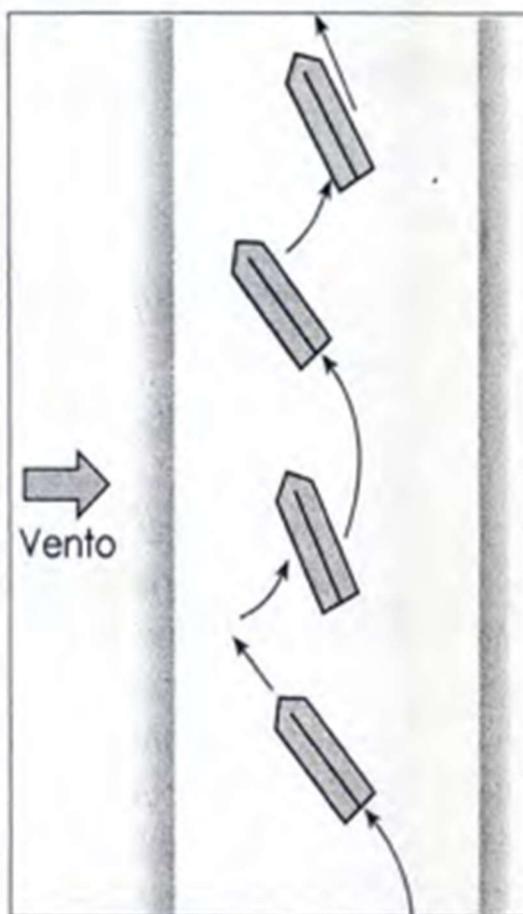
Figura 14 – Representação esquemática o cálculo do calado



Fonte: Alfredini e Arasaki (2009)

Outro aspecto importante em relação ao acesso dos portos é a largura dos canais de acesso. A largura do canal, da mesma maneira que o calado, é determinante na acessibilidade das embarcações. Os canais de acesso a um porto podem ser subdivididos em externos, que são os expostos as ondas, e internos, que não sofrem influência das ondas. Em um canal de mão dupla, a agitação das águas causada pelo movimento de uma embarcação também afeta a outra via, e essa interação hidrodinâmica também deve ser levada em consideração no cálculo da largura do canal. Além das ondas, o vento é um fator ambiental que tem grande influência nas manobras de um navio.

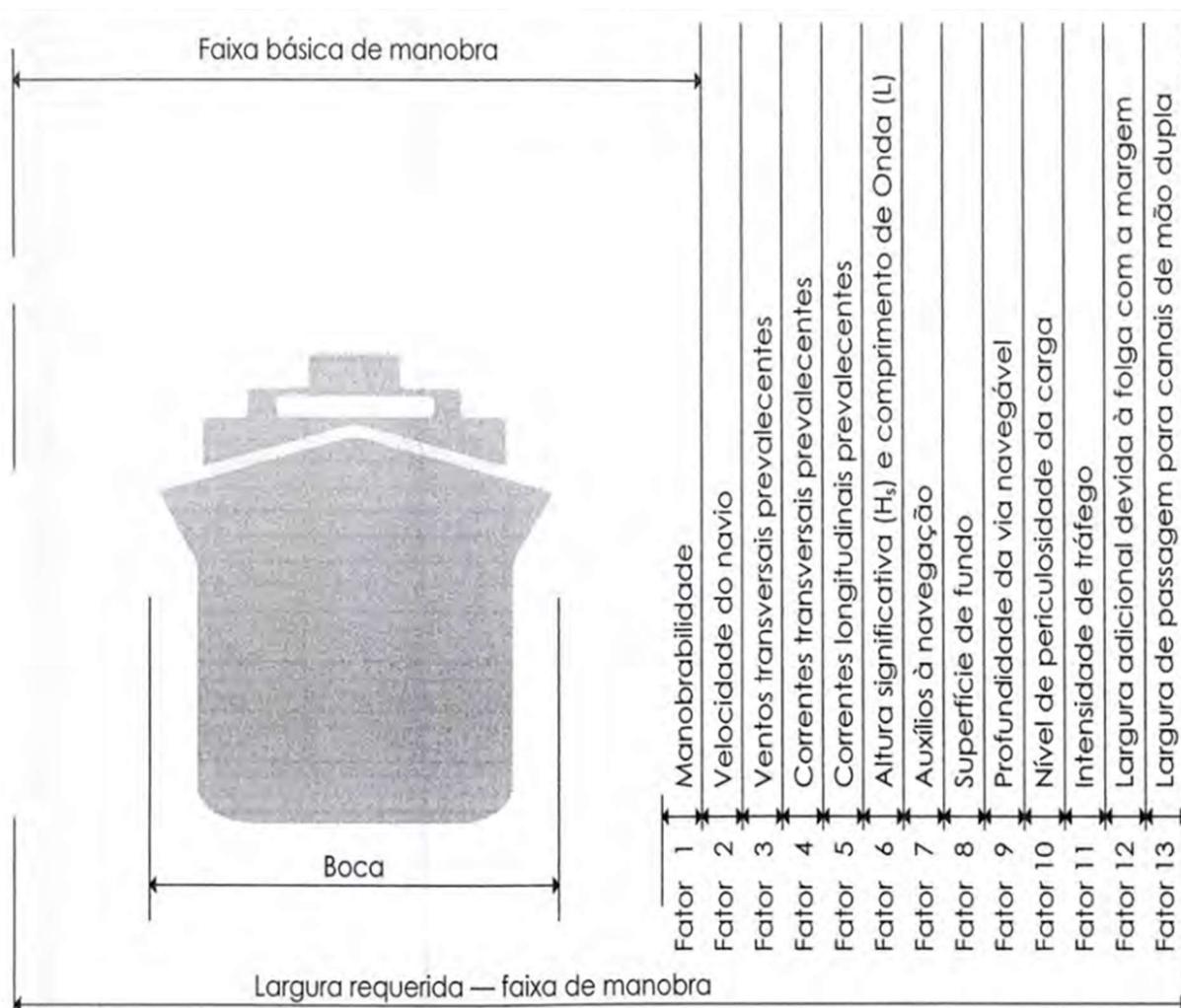
Figura 15 – manobra de um navio sob a influência de um forte vento



Fonte: Alfredini e Arasaki (2009)

Na figura 16, encontramos de forma resumida os 13 fatores, que, de acordo com Alfredini e Arasaki (2009), devem ser considerados para o dimensionamento de um canal de acesso.

Figura 16 – Fatores para dimensionamento de canais



Fonte: Adaptado de Alfredini e Arasaki (2009)

2.4.2 Bacias Portuárias

As bacias dos portos que servem para manobras de atracação ou desatracação devem ser protegidas das correntes, ventos e ondas e também não podem estar obstruídas de nenhuma forma.

As dimensões das bacias de evolução são calculadas em função da embarcação-tipo de projeto, do tempo estimado para fazer as manobras e sua profundidade é calculada similar aos canais de acesso, desconsiderando alguns fatores. A dimensão ideal para uma bacia de evolução deve ser uma área circular com 4 ou mais vezes o comprimento da embarcação de projeto. Sendo que quanto maior mais facilidade as embarcações terão para manobrar e quanto menor mais dificuldade, havendo um limite de viabilidade.

Figura 17 – Navio manobrando no complexo portuário de Itajaí



Fonte: Banco de imagens do porto de Itajaí ⁸

2.5 ESTRUTURAS DE PROTEÇÃO COSTEIRA

Por definição, as estruturas de proteção costeira são obras que atuam na defesa do litoral que, de acordo com Alfredini e Arasaki (2009), buscam intervir na erosão da costa, no balanço do transporte sólido e na estabilização ou ampliação da linha de costa. As obras costeiras geralmente estão associadas a áreas de altas densidade populacional e/ou de grande interesse econômico, como os portos.

A erosão costeira é um fenômeno natural que, segundo Muehe (2003), uma das causas mais frequentes é a alteração do volume de sedimentos que são transportados paralelamente à linha de costa. Ou seja, o processo erosivo caracteriza-se por um balanço sedimentar desigual, a praia perde mais sedimentos do que recebe. Bird, 2008, afirma que a erosão costeira está presente em, cerca de, 70% das praias arenosas do planeta, tornando esse processo uma preocupação global.

⁸ Disponível em: <https://itajai.sc.gov.br/noticia/25260/meganavio-faz-manobra-inedita-na-bacia-de-evolucao-do-complexo-portuario-de-itajai#.YU6JB7hKiUk>. Acesso em 25/07/2021

Em resumo, é essencial compreender os processos dinâmicos, tanto locais quanto regionais, para que seja possível estimar a necessidade de um local a receber determinada construção e, caso seja imperativo, é preciso estipular os possíveis resultados que a determinada estrutura pode ocasionar no ambiente. Ainda, para este tipo de obra se faz necessária a consideração de diversos parâmetros característicos do local correspondente aos aspectos meteorológicos e a circulação hidrodinâmica, considerando estimativas para correntes costeiras, regime de marés, exposição e características de tempestades, geomorfologia afim de estabelecer possíveis tendências de comportamento costeiro recente.

Figura 18 - Processo erosivo em Conceição da Barra, ES



Fonte: Época negócios ⁹

De acordo com Alfredini e Arasaki (2009), os tipos mais comuns de obras de defesa do litoral são os espigões, quebra-mares, obras longitudinais aderentes, dentre elas os muros, paredões e enrocamentos, e a alimentação artificial de praias. Neste capítulo será abordado as principais estruturas de proteção costeira e seus métodos construtivos.

⁹ Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Brasil/noticia/2019/01/como-erosao-afeta-60-do-litoral-brasileiro-e-deforma-centenas-de-quilometros-de-praia-.html>. Acesso em 25/07/2021

2.5.1 Espigões

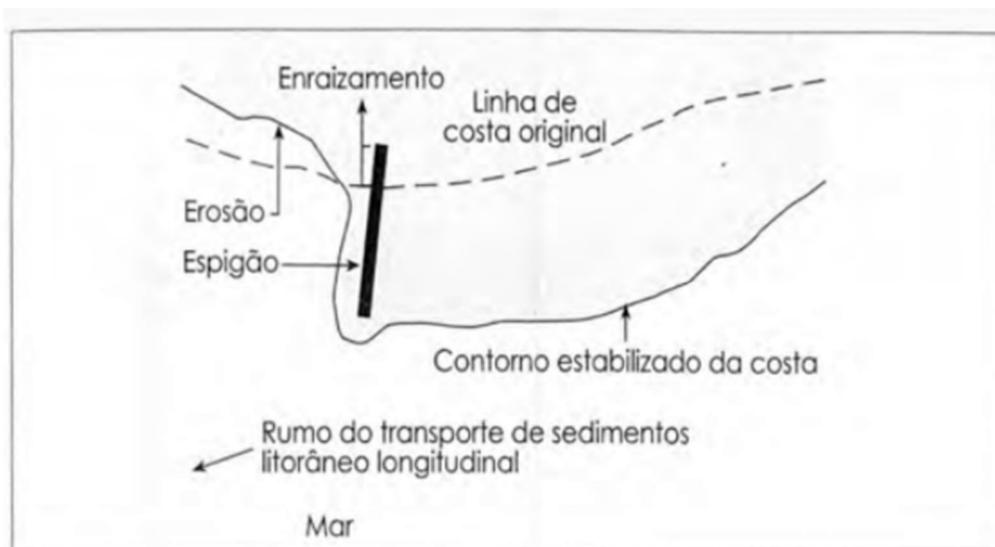
Os espigões são construções transversais fixadas que se estendem dos pós praia e são, suficientemente, enraizadas para não serem afetadas pelo espraiamento, até a primeira linha de arrebentação, assim, age diretamente sobre o transporte de sedimentos litorâneos na faixa que é mais relevante. As principais funções que os espigões desempenham são:

- Interceptação, em parte ou total, do transporte de sedimentos litorâneos, por meio de assoreamento e barlamar;
- Estabilização e alargamento da praia, quando utilizado para fins de balneário ou reurbanização;
- Evita assoreamento e sotamar;
- Integra a fixação pra a alimentação artificial de praias.

Contudo, a implantação dos espigões possui algumas limitações como, por exemplo, a criação de turbulência nas extremidades ao largo, estas são capazes de produzir erosões que os dilapidam caso não forem mantidos em um esquema operacional de manutenção periódico. Esse tipo de obra não é indicado quando o transporte de sedimentos litorâneos é fraco pois as erosões e sotamar podem ser grave ou, então, quando o rumo deste transporte for variável, a eficácia da obra é reduzida. Além disso, não evitam erosões associadas a correntes de retorno transversas, como as *rip currents*.

Os espigões podem agir isoladamente ou em conjunto formando uma espécie de campo de espigões. A utilização de espigões isolados pode proporcionar um aumento local da praia e barlamar, fixação de embarcagem a sotamar conhecidas como guia-corrente, limitação da extremidade de defesas longitudinais aderentes ou, ainda, uma limitação de alimentação artificial de praias além de uma delimitação de uma unidade morfológica existente ou criada.

Figura 19 - Mecanismo de funcionamento de um espigão

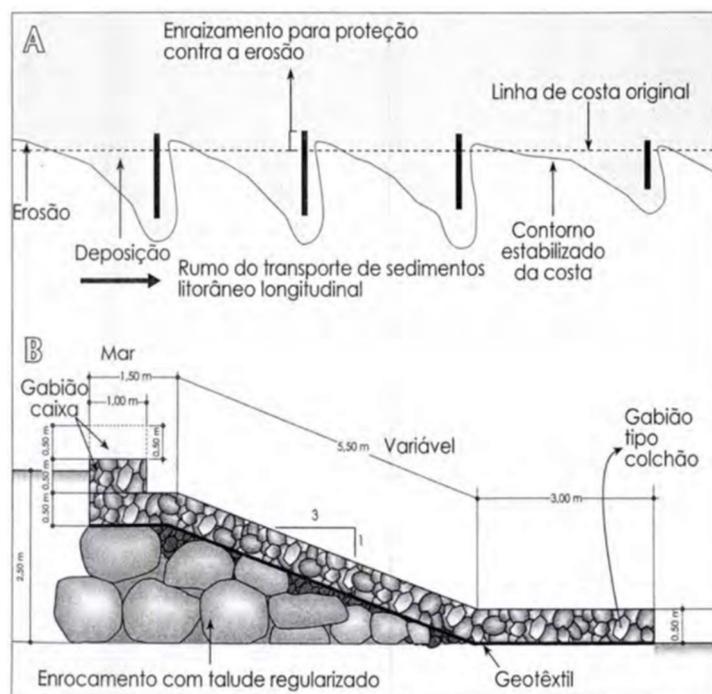


Fonte: Adaptado de Alfredini e Arasaki (2009)

Os espigões de campo são caracterizados pela criação ou a proteção de uma extensa faixa de praia, formação da praia com o transporte litorâneo natural neste caso os espigões são considerados uma obra fundamental. Quando são utilizados para a formação de praia com alimentação artificial de areia o funcionamento dos espigões passa a ser visto como uma obra complementar para reduzir os volumes de alimentação e a sua frequência.

Abaixo, na figura 20 temos a representação do mecanismo de funcionamento de um campo de espigões no processo de estabilização de linhas de costas (A) e um exemplo de perfil longitudinal de espigão de praia (B).

Figura 20 - Funcionamento de um campo de espigões



Fonte: Adaptado de Alfredini e Arasaki (2009)

O mecanismo de funcionamento de um campo de espigões é definido pela construção dos espigões em etapas, iniciando em sotamar, e então adicionando novos espigões conforme a capacidade máxima de retenção for atingida e o transporte litorâneo começar a contornar a obra. Quando a construção do campo de espigões for realizada em apenas uma etapa, os espigões de barlamar devem-se encher primeiro, justando-se a linha de costa entre os espigões às ondas incidentes e as suas deformações. O campo de barlamar enche-se sequencialmente para sotamar, conforme os espigões de barlamar são enchidos e os sedimentos os contornem.

As erosões de praia a sotamar ocorrerão numa taxa aproximadamente igual à de deposição no sistema, supondo-se a praia sotamar do campo de espigões compostas pelas mesmas características de material. A prevenção destas erosões pode ser conseguida em alguns casos, como descreve (Alfredini, 2009). Pela alimentação artificial de areia no campo de espigões afim de permitir o trânsito natural do transporte litorâneo, pelo próprio transporte litorâneo crescente para sotamar, pela redução do comprimento dos espigões gradativamente no rumo de sotamar. Situado o último espigão de sotamar em área não sujeita a erosão com defesas litorâneas, emborcadas costeiras ou formações rochosas. E, por fim, pela perda de areia para o

largo pois não é prevenida pelo campo de espigões como no caso de ressacas muito severas.

Os principais parâmetros funcionais de projeto das obras de espigões são:

- **Comprimento.** Este depende da fração do transporte litorâneo que se deseja interceptar, por exemplo, os muito curtos interceptam somente o transporte do jato de praia no estirâncio contudo atinge uma ótima parcela da zona de arrebentação e espraçamento. Geralmente, corresponde a, cerca de, 50% da largura média da zona de arrebentação e espraçamento. Eles devem ter o mesmo comprimento com risco de inutilização dos mais curtos, além de a declividade requerida para a praia de areia ser em torno de 2%, pois assim a extensão do espigão é condicionada sendo quanto maior mais suave a declividade requerida.
- **Altura.** Fortemente ligada a fração do transporte sólido que se deseja interceptar pois quanto mais alto maior é a eficiência de retenção. Quando recém construídos, a fim de evitar o flanqueamento do enraizamento pela erosão, a cota do coroamento em terra deve corresponder, pelo menos, ao topo da berma de inverno, normalmente, situam-se entre 0,5 e 1,2 m em relação a superfície da praia. Podem ser classificados em altos e baixos.
- **Perfil transversal** típico deve ser composto de talude e não é aconselhável o uso de paramentos verticais pois podem causar galgamentos das obras e, por conta do alto poder erosivo das reflexões, podem descalçar as funções.
- **Permeabilidade.** Espigões muito permeáveis são pouquíssimos eficientes na retenção de areia, são utilizados para evitar modificações bruscas na linha de costa, também são considerados vulneráveis à remoção dos depósitos quando em tempestades fortes. Com o tempo podem preencher-se.
- **Espaçamento.** Depende da direção incidente das ondas, eles devem estar próximos uns aos outros para reduzir erosões e descalçamentos.

Geralmente, a medida é um múltiplo do comprimento, entre 1 e 4 e, mais frequentemente, utilizado de 1,5 a 3.

- **Configuração planimétrica.** Na maioria das vezes, retilínea. Em casos de espigões isolados é utilizado paredões ou esporões, a fim de abrandar as erosões associadas.
 - **Orientação em relação a linha de costa.** Em geral, são perpendiculares a linha de costa. Podem ser ligeiramente inclinadas para barlamar em caso de incidências fortemente obliquas. **Materiais.** Enrocamento, é o material mais utilizado pois tem como característica a formação de estruturas flexíveis e adaptáveis ao assentamento do terreno. Além disso, podem ser usadas estacas-prancha metálicas, planas ou celulares preenchidas de agregados, concreto ou madeira dependendo da agitação na área.

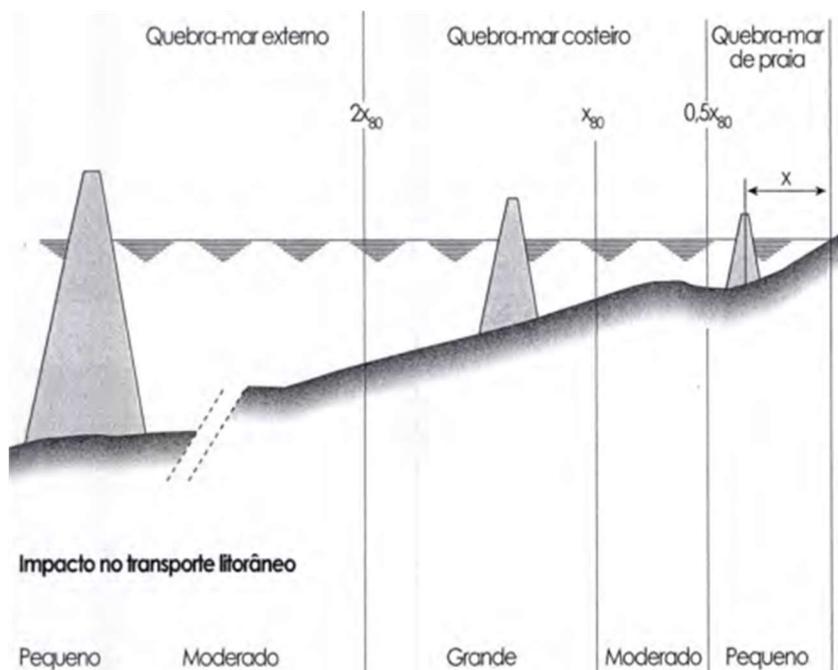
2.5.2 Quebra-mares

São obras longitudinais não-aderentes, paralelas e a certa distância da costa além de não ter ligação direta com a mesma. Geralmente, são implementados em locais mais profundos que os espigões a fim de proteger a costa.

Podem ser do tipo destacados da costa, associados ao abrigo das instalações portuárias ou recife. Os quebra-mares destacados possuem uma estrutura mais simples pois não tem a função de interromper totalmente as ondas incidentes enquanto os quebra-mares recife são estruturas submersas, paralelas a costa, longos ou curtos, que são capazes de reduzir a ação das ondas na costa antecipando sua arrebenção.

Na figura 21 podemos observar a classificação dos quebra-mares destacados quanto à distância.

Figura 21 - Tipos de quebra-mares



Fonte: Adaptado de Alfredini e Arasaki (2009)

Os quebra-mares podem ser emersos ou submersos, este último quando não há vão entre eles, contribui para o rebentamento precoce das ondas e permite que os sedimentos possam galgá-las mais facilmente contudo podem gerar problemas para nadadores e embarcações já que estão completamente abaixo da superfície do mar e, muitas vezes, dificilmente visíveis.

Figura 22 - Quebra-mar submerso na praia de Lido, França



Fonte: Research Gate¹⁰

Tem como principal função a proteção de embarcações que se recolhem em um porto ou baía, de maneira geral, na costa pois agem diretamente sobre as ondas associadas, interceptando-as e difratando as adjacentes. Os quebra-mares dissipam a energia das ondas antes de atingirem a praia o que previne a erosão na zona de sombra da obra, ou seja, são capazes de proteger determinado ponto da ação das ondas do mar.

A principal desvantagem da utilização desse tipo de construção está relacionada ao seu alto custo de edificação, além da dificuldade de implementação dependendo da distância da costa o que pode aumentar, ainda mais, os custos da obra. Além disso, há uma ocorrência grande de erosões associadas a essas obras quando emersas e também não são recomendadas para locais com grandes extensões de marés já que a eficiência depende diretamente da cota de coroamento da obra. Há ainda desvantagens ambientais, já que reduz a capacidade de renovação das águas aumentando os índices de poluição.

¹⁰ Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Aerial-view-of-the-installed-submerged-breakwater-with-encapsulated-sand-filled-elements_fig3_321056403.

Acesso em 20/07/2021

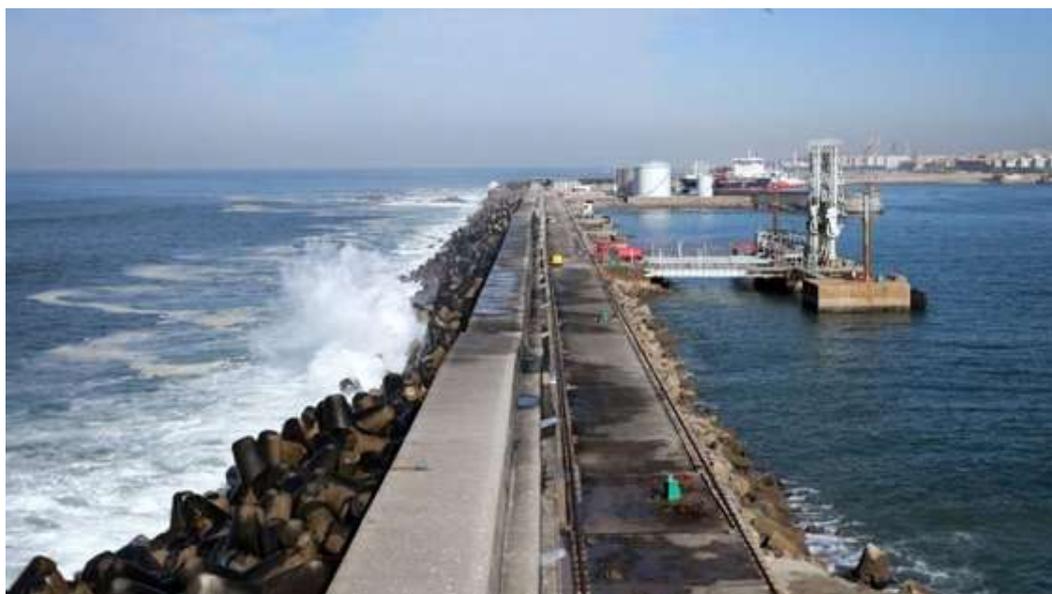
A diferença principal entre um quebra-mar e um molhe é que os quebra-mares não possuem uma ligação direta com a terra, suas duas extremidades são dentro da água diferentemente do molhe que possui uma extremidade em terra.

O dimensionamento e as suas características são muito similares aos das obras portuárias externas, segundo Alfredini e Arasaki (2009), alguns parâmetros são extremamente importantes neste tipo de projeto, como:

- Cota de coroamento e profundidade. Responsável pela determinação de atenuação da onda, galgamento, fração do transporte de sedimento litorâneo captado e pelo potencial de erosão nas costas adjacentes.
- Comprimento. Geralmente, são proporcionais à distância da linha da costa. Não devem ser muito curtos, como já descrito acima, para a atenuação da onda. Os cabeços extremos são a fonte da difração e por isso devem ser mais reforçados para resistirem à concentração da energia das ondas.
- Percentual de vãos. Relação entre os comprimentos dos vãos e da obra, controla a fração de energia que chega a atingir a costa.
- Inclinação e rugosidade. A inclinação e a rugosidade do parâmetro externo definem as características refletivas da obra e a profundidade da fossa a seu pé.
- Largura. A largura da berma no pé da estrutura está ligada a características geotécnicas de estabilidade da berma de equilíbrio (maciço) e hidráulicas, ligadas a erosão.
- Transições seguindo os critérios de filtros entre as camadas de diferentes granulometrias devem ser seguidos para evitar acomodações excessivas e perda de finos.

O material mais utilizado é o enrocamento, que compõe os quebra-mares de talude. Também podem ser utilizados estacadas metálicas ou de madeira em áreas mais abrigadas, caixões de concreto formando perfis verticais ou mistos e blocos artificiais de concreto em obras de maiores profundidades, formando os chamados recifes artificiais.

Figura 23 - Quebra-mar exterior do porto de Leixões, Portugal



Fonte: Jornal observador ¹¹

2.5.3 Diques

Considerado uma obra de proteção costeira de costas baixas e terrenos costeiros contra as inundações causadas por grandes ressacas, os diques tem a função de conter a água e manter determinadas porções de terras secas, estas são chamadas de polders.

¹¹ Disponível em: <https://observador.pt/2019/07/24/comunidade-portuaria-de-leixoes-fala-em-quebra-mar-de-300-metros-como-real-necessidade/>. Acesso em 26/07/2021

Figura 24 - Vista do Afsluitdijk, Holanda



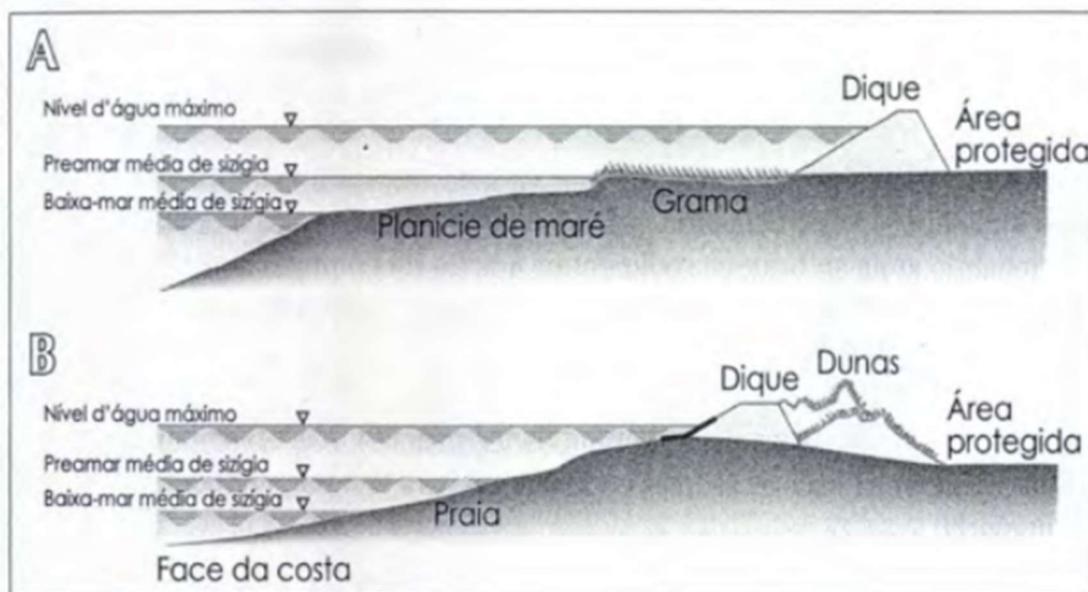
Fonte: Foto de autoria de C. Messier

Constituídos, normalmente, de areia com camadas de terra e grama, concreto ou pedras, são instalados em áreas sem problemas de erosão. Diferentemente dos moles e quebra-mares o dique possui as duas extremidades em terra.

O parâmetro mais importante que deve ser considerado no projeto de execução de um dique é a sua altura pois é importante que a obra resista até ao ataque das ondas durante períodos com níveis de água extremamente altos. Os diques são construídos com taludes frontais muito suaves e com vegetação densa e bem enraizada, o que favorece a estabilidade da obra, (Alfredini, 2009).

Geralmente, a extensão frontal ao dique atenua a ação das ondas, onde a presença de vegetações como a restinga e o mangue são favoráveis, que também são de curta atuação. Quando a costa frontal está sujeita a erosão, reveste-se o trecho frontal do dique para evitar o seu solapamento.

Figura 25 - (a) dique tradicional de areia; (b) dique exposto protegido com dunas



Fonte: Adaptado de Alfredini e Arasaki (2009)

3 MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia de pesquisa será a exploratória, buscando dados de diferentes fontes, tais como: planos diretores, artigos, livros, empresas desenvolvedoras de tecnologias, contato com profissionais da área e estudos de caso. A abordagem do desenvolvimento principal será qualitativa, ilustrando as principais características técnicas das soluções modernas que foram identificadas e fazer um estudo comparativo das principais vantagens e desvantagens, estimativas de custo / benefício e possibilidades de implementação dessas tecnologias no cenário nacional.

De acordo com Sampieri, Collado, Lucio (2016), “pesquisa é um conjunto de processos sistemáticos, críticos e empíricos aplicados no estudo de um fenômeno”. (p.30). Esses autores relatam que a partir do século passado duas correntes concentraram as pesquisas em duas abordagens principais: a quantitativa e a qualitativa.

A pesquisa tem caráter qualitativa consiste mais em uma lógica, e em um processo indutivo (examinar e relatar, para então elaborar perspectivas teóricas). Outra característica desse enfoque de pesquisa, diz respeito à “coleta de dados que consiste em obter as perspectivas e os pontos de vista dos participantes”. (SAMPIERI, COLLADO, LUCIO, 2016, p. 44).

Sampieri, Collado, Lucio, 2016 afirmam ainda que:

As formulações qualitativas são uma espécie de plano de exploração e são apropriados quando o pesquisador se interessa pelo significado das experiências e dos valores humanos, pelo ponto de vista interno e individual das pessoas e pelo ambiente natural onde ocorre o fenômeno estudado; também quando buscamos ter uma perspectiva próxima à dos participantes (p. 395).

A seguir, estão descritos os desdobramentos metodológicos utilizados na pesquisa.

3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica relacionada com a temática foi realizada de maneira a detectar conceitos-chave, melhorar o entendimento dos dados e aprofundar as

interpretações. Utilizou-se como fonte para essa revisão artigos, dissertações, livros e revistas consultados nas principais bases de dados.

Foram realizadas leituras de todo o material selecionado e posterior aprofundamento do estudo. De posse desses elementos, foram feitos registros das informações extraídas das fontes como: título, autores, ano, objetivo, método, resultados.

3.2 REGISTRO DOS DADOS COLETADOS

A revisão de literatura proporcionou um aprofundamento nas principais bases de dados, onde foram pesquisados artigos científicos com as seguintes palavras-chaves: “logística portuária”, “construção civil”, “novas tecnologias”, “estruturas de atracação” e “retroporto”. Optou-se por selecionar as publicações divulgadas/apresentadas entre os anos de 2010 e 2020. Não foram consideradas as obras publicadas antes do ano de 2009 e sem abordagem ao tema principal.

4 INSTALAÇÕES EM TERRA

Nas últimas décadas, as técnicas para construção em solos moles evoluíram consideravelmente. A escolha do método construtivo mais adequado está associada a diversos fatores, dentre os mais importantes, estão as características geotécnicas dos depósitos, a finalidade do uso da área, as restrições de espaços pela vizinhança, as condições de estabilidade e os níveis de deslocamentos verticais e horizontais, além disso, devem ser considerados também as vias urbanas, os prazos construtivos e os custos.

O estudo e dimensionamento de soluções construtivas deve ser realizado com base em ensaios de campo e laboratoriais capazes de identificar as condições da camada compressível possibilitando assim previsões mais consentâneas quanto ao comportamento da mesma.

No que se refere a áreas para construção e ampliação de portos, de acordo com a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), a definição de retroárea de um porto, é a área adjacente ao porto organizado destinada a suprir as deficiências de área de armazenagem do porto. É utilizada, muitas vezes, para desembarço aduaneiro.

É principalmente pela retroárea que são movimentados e armazenados os containers. Quanto a sua estrutura, é raramente estruturada com laje apoiada sobre estacas e mais comumente apoiada diretamente no solo, geralmente mole e tratado com CPR amoldando-o à capacidade de carga de projeto, estabilizando-o e isentando-o de deformações posteriores.

Neste capítulo será abordada uma introdução a problemática e, também, serão abordadas as técnicas construtivas mais utilizadas para as obras de instalações em terra.

4.1 SOLOS MOLES

Em geral, os solos moles são solos argilosos e sedimentares comumente encontrados na região costeira do Brasil. Este tipo de solo é caracterizado pela sua alta compressibilidade e baixa capacidade de carga, tornando-se impróprio a suportar as cargas de aterro. Contudo, há a necessidade de executar diversas obras de

infraestrutura nestes locais como, por exemplo, rodovias, portos, encontro de pontes, aeroportos e etc.

O maior desafio atualmente é controlar os recalques e a estabilidade de solos moles. Algumas soluções geotécnicas podem ser aplicadas em aterros sobre este tipo de solo afim de aumentar a estabilidade do solo.

Dentre as técnicas construtivas podemos citar as técnicas construtivas clássicas que são os drenos verticais com sobrecarga, reforço com geogrelha e bermas, aterros construídos em etapas e aterros de ponta. Aterros leves e aterros suportados por colunas (de brita, granulares encamisadas, de solo cimento), *Deep Soil Mixing* (DSM) e aterro estaqueado com capitéis são alguns exemplos de técnicas construtivas especiais e, ainda, temos as menos convencionas como o congelamento do solo, adensamento por eletro-osmose pré-carregamento com vácuo, entre outros.

A seguir, serão explicadas as principais técnicas construtivas de correção de solo mole a fim de evitar complicações em infraestrutura de portos.

4.1.1 Aterro e adensamento

Por definição, aterro é um lugar que se elevou ou nivelou com terra ou entulhos, ou seja, transformar qualquer área desnivelada desejada em área plana. Apesar de a utilização de entulhos ser uma prática muito comum, não é a prática correta por serem materiais que não geram uma resistência adequada de coesão entre os elementos, deixando diversos vazios, o que diminui a resistência e aumenta a infiltração de água. Além disso, outro problema quanto a utilização deste tipo de resíduo é o risco de inviabilização da execução da obra durante a perfuração das fundações, por exemplo.

O aterro é uma prática muito comum em terrenos com desnível e requer devida atenção já que negligenciar sua importância pode trazer inúmeros problemas futuros. Quanto maior for a porcentagem de vazios do solo, menor será a sua resistência, desta forma, quando se diminui os vazios do solo, aumenta-se a resistência e, conseqüentemente, aumenta-se a estabilidade.

De acordo com a NBR 5681, de novembro de 1980, é obrigatório o controle tecnológico para aterros que irão receber fundações ou pavimentações, ou que sejam mais altos que 1 metro de altura ou ainda que seu volume seja superior a 1000 m³ e

que o grau mínimo de compactação deve ser de 95%. A norma brasileira inclui a obrigatoriedade do desvio de umidade, grau de compactação, massa específica natural seca, ótima, além de outros ensaios.

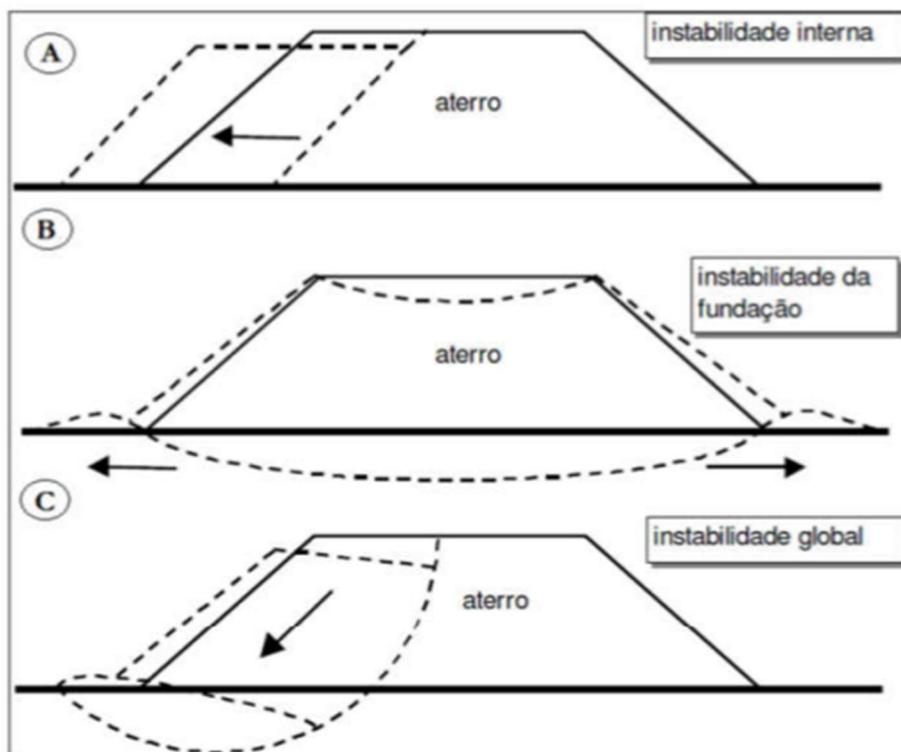
De acordo com "A Técnica de Edificar" de Walid Yazigi (2009, p. 165) - a técnicas de aterramento deve seguir a seguinte metodologia:

"As superfícies a serem aterradas deverão ser previamente limpas, cuidando-se para que nelas não haja nenhuma espécie de vegetação (cortada ou não) nem qualquer tipo de entulho, quando do início dos serviços. Os trabalhos de aterro e reaterro das cavas de fundação terão de ser executados com material escolhido, de preferência areia ou terra (nunca turfa nem argila orgânica), sem detritos vegetais, pedras ou entulho, em camadas sucessivas de 30 cm (material solto), devidamente molhadas e apiloadas, manual ou mecanicamente, a fim de serem evitadas ulteriores fendas, trincas e desníveis em virtude de recalque nas camadas aterradas. Na eventualidade de ser encontrado na área algum poço ou fossa sanitária em desuso, precisa ser providenciado o seu preenchimento com terra limpa. No caso de fossa séptica, deverão ser removidos todos os despejos orgânicos eventualmente existentes, antes do lançamento da terra. Todo movimento de terra que ultrapasse 50 m³ terá de ser executado por processo mecânico. Após a execução dos elementos de fundação ou o assentamento de canalização, é necessário processar o preenchimento das valas em sucessivas cantadas de terra com altura máxima de 20 cm (material solto), devidamente umedecidas e apiloadas".

Resumidamente, o ideal é que aterros sejam realizados em camadas de 30 em 30 cm, devidamente umedecidas e apiloadas manualmente ou mecanicamente juntamente com um constante controle tecnológico.

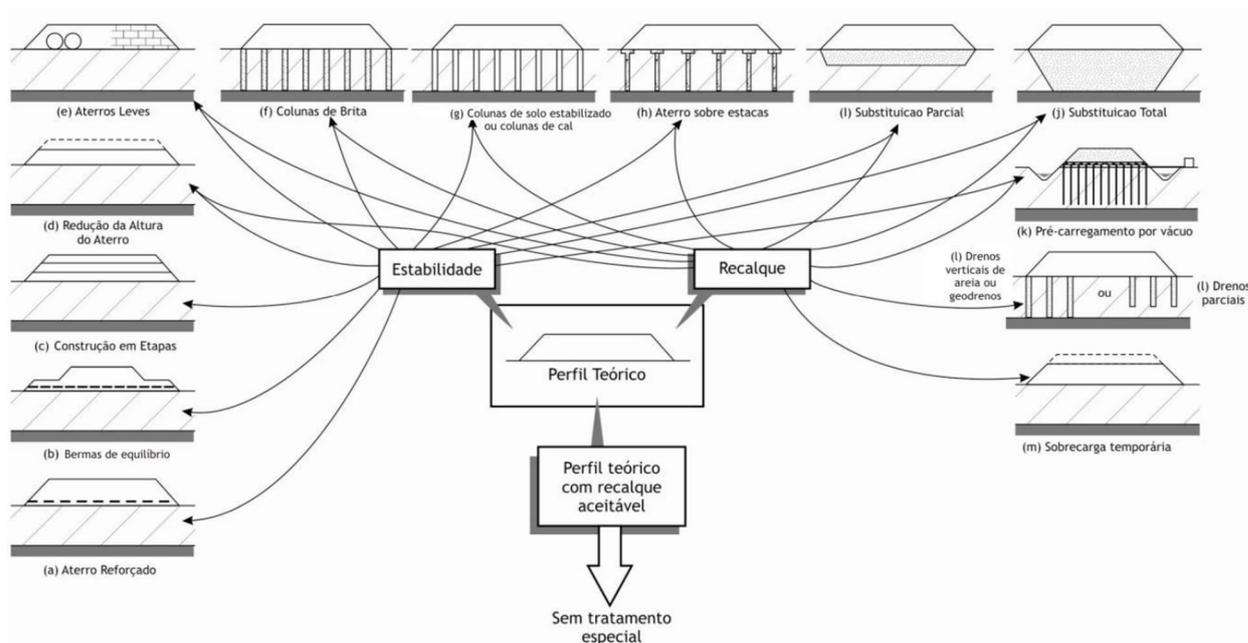
Na tentativa de sanar problemas de estabilidade e compressibilidade em regiões onde há presença de camadas muito compressíveis foram desenvolvidas diversas técnicas construtivas para aterros sobre estas camadas. A solução empregada está sempre associada as características geotécnicas do local, os custos e prazos da do empreendimento, o tipo de construção que se pretende executar e a vizinhança em que se encontra.

Figura 25 - Problemas comuns em aterros sobre solo mole



Fonte: Adaptado de Almeida (2010)

Figura 26 - Métodos construtivos de aterros sobre solos moles



Fonte: Almeida & Marques (2010)

Segundo Martins (2011), o adensamento é o processo de compressão, relação entre a variação de volume de um elemento de solo e a variação do estado

de tensões efetivas, ao longo do tempo de um solo saturado ocasionado pela expulsão de uma quantidade de água igual à redução do volume de vazios como resultado da transferência gradual do excesso de poropressão, gerado pelo carregamento, para a tensão efetiva. Ou seja, o adensamento de solos é a diminuição dos vazios de um solo, devido a saída da água e ar do seu interior. Essa saída é provocada por um acréscimo de carga no solo, seja pela edificação de uma estrutura, construção de um aterro, entre outros.

Devido a sua heterogeneidade, grau de saturação, umidade e fração mineral predominante, o solo pode apresentar diversos tipos de deformação, cada tipo exige uma metodologia própria além de testes específicos para sua avaliação.

4.1.2 CPR

CPR Grouting é uma técnica de enrijecimento de solos através do bombeamento de argamassa no interior das camadas de solos moles sob alta pressão. Atualmente, o CPR é a principal tecnologia de melhoramento de solos no Brasil, com uma eficiência em torno de 95% e tem uma execução extremamente rápida. É a principal solução quando se trata de obras de destaque quando se trata da execução de obras em estradas, aeroportos, ferrovias além de áreas portuárias e industriais.

A tecnologia do CPR Grouting é específica para tratamento de solos moles, e tem como base geotécnica a consolidação do solo, estruturada na teoria da expansão de cavidades, além disso, não há uma geração de resíduos.

A aplicação é feita após a instalação prévia das malhas de geodrenos e malhas de estruturas verticais. A argamassa é composta de cimento, silte, areia, água e aditivos. Esta pode ser produzida de maneiras tradicionais ou industriais e é aplicada após já haver no solo uma malha de geodrenos e uma malha de estruturas verticais. O bombeamento acontece através de uma haste que perfura o solo e leva a argamassa até um bulbo. Dentro do bulbo ocorre a expansão do geogrouting, em um fenômeno chamado de "expansão de cavidade", aplicando pressão no solo ao redor. Desta maneira é causado um cisalhamento que gera recalques no solo ao redor, agilizando o processo de adensamento. A camada de drenos aplicada inicialmente evita que a expansão do solo na injeção do fluido vaze para a terra demasiadamente.

É possível saber dados da injeção do produto, uma vez que o bulbo por onde passa tem um medidor de pressão conectado a um dispositivo móvel por bluetooth. Nesta técnica é possível registrar a profundidade da haste, a pressão e o volume introduzido a cada ciclo do trabalho.

Figura 27 - Aplicação do CPR Grouting



Fonte: Engegraut

Dentre as principais vantagens do CPR Grouting em comparação a técnicas de fundações profundas podemos listar:

- Sem necessidade de escavações;
- Sem necessidade de transporte de solos contaminados;
- Menor impacto ambiental;
- Versatilidade para vários tipos de solos;
- Utilização de materiais da região da obra;

4.1.2 Aplicação do CPR Grouting em áreas portuárias

Portos necessitam de grandes áreas para armazenagem, equipamentos, movimentação de cargas e outras grandes cargas. O problema é que normalmente os solos nas regiões portuárias são argilas moles ou areias fofas e com baixas resistências.

A seguir serão relatados casos onde foram aplicadas soluções utilizando o CPR Grouting em solos moles em regiões portuárias:

4.1.2.1 Porto Chibatão

Em 2010, no porto de Chibatão, em Manaus, ocorreu um deslizamento de terra e o afundamento de mais de 60 contêineres e 40 baús de carga e também danos a guindastes, veículos e vidas humanas. A área onde o acidente aconteceu era um local onde estava sendo realizada uma terraplanagem. A ruptura da extensa margem portuária foi do tipo rotacional, com aproximadamente 100m de raio. A área era sustentada por muros de contenção e estacas metálicas que ruíram em função do aumento da poropressão nos aterros do cais e retroárea.

A recuperação do solo para fundação de toda a área afetada e também dos reforços para outras áreas que já estavam em situação crítica foi feita através do CPR Grouting . Em mais de 4 anos de obras a área enrijecida foi de cerca de 300.000m², sendo estas áreas tanto de retroporto quanto de cais.

Figura 28 - Aplicação de CPR Grouting na área portuária de Manaus



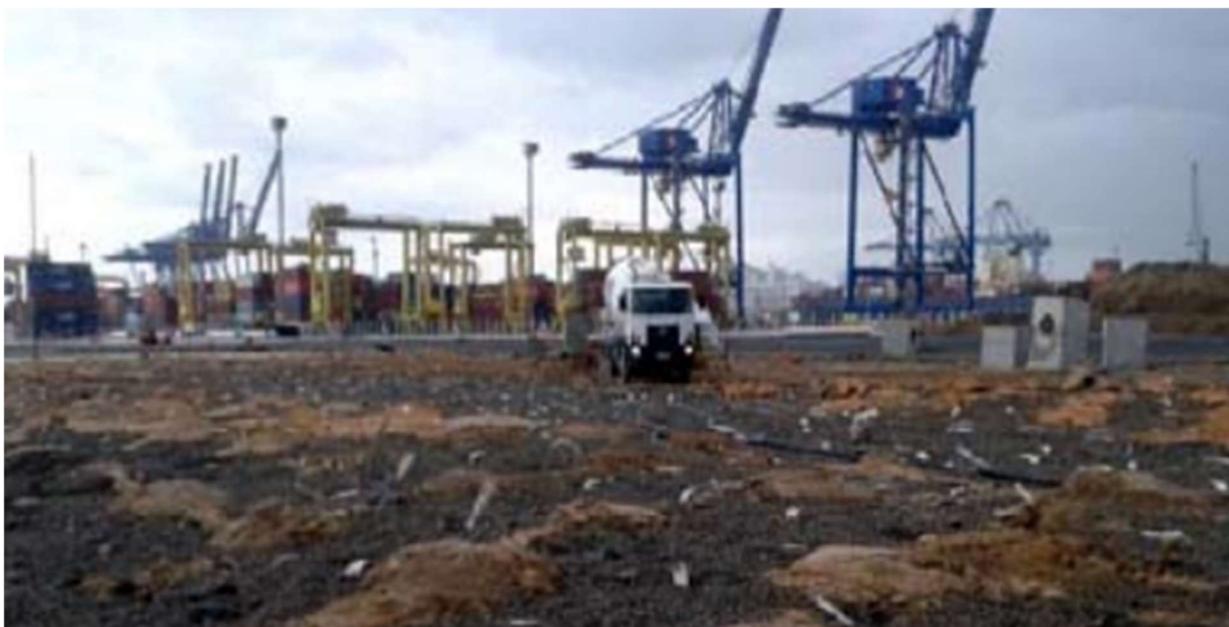
Fonte: Engegraut

4.1.2.2 Porto Navegantes

O Porto de Navegantes fica localizado na foz do Rio Itajaí, em Santa Catarina. É um porto privado e teve a necessidade de ser ampliado para poder movimentar mais cargas e expandir seus serviços. Para essa ampliação foi decidido usar a tecnologia do CPR Grouting para enrijecer o solo.

A área ampliada foi a do lado direito do terminal, um pátio que serve para a movimentação da maior parte das cargas em contêineres. Essa obra já era planejada pela empresa desde a fundação. Após essa ampliação o porto conseguiu dobrar sua capacidade de carga estática no pátio, que passou de 15mil TEUs para 30 mil TEUs.

Figura 29 - Tratamento do solo no porto de Navegantes



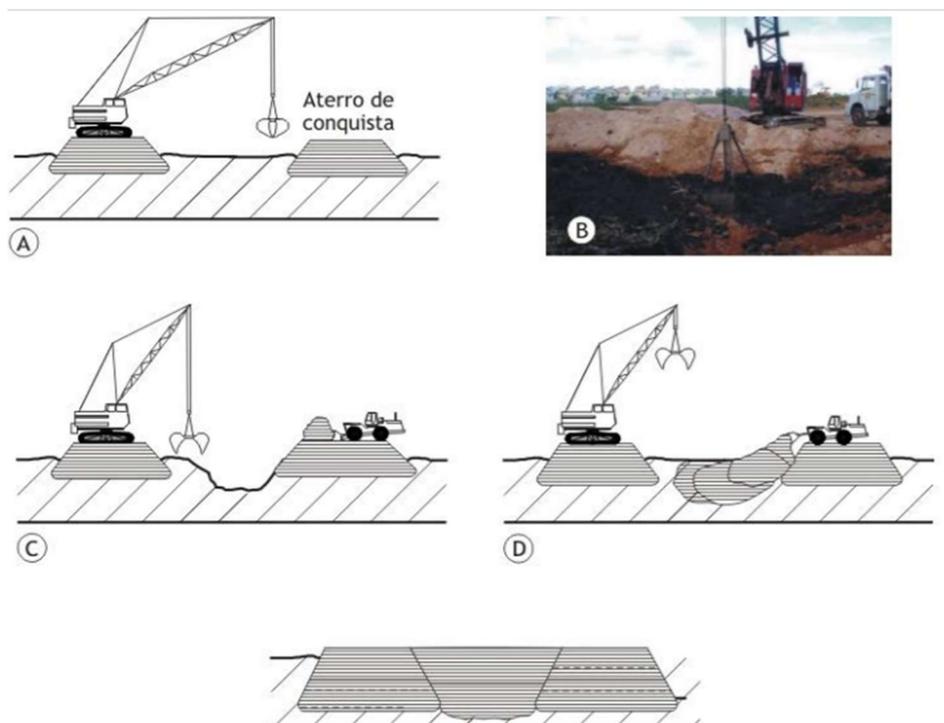
Fonte: Engegraut

4.2 REMOÇÃO DE SOLO

A remoção do solo mole consiste na retirada, parcial ou total, do mesmo para diminuir ou eliminar os recalques e aumentar a segurança quanto à ruptura. Segundo Almeida e Marques (2010), esse método é utilizado, em geral, para camadas de solo mole de até 4,0 metros de espessura.

Além disso, a substituição de solo mole por um material com características geotécnicas adequadas à natureza e especificidades da obra em questão é prática bastante comum. O uso da técnica exige equipamentos apropriados como a escavadeira de arrasto, caminhão basculante, bombas e trator de esteiras leve.

Figura 30 - Remoção ou substituição de solo mole



Fonte: Adaptado de Almeida e Marques (2010)

Existem algumas questões ambientais a serem levadas em consideração ao aplicar a técnica de remoção de solos moles, a principal delas é a destinação adequada para o material retirado, bem como sua compactação.

4.3 SOLO CIMENTO

Segundo a American Concrete Institut (ACI), o solo cimento é uma mistura de solo e uma medida de cimento Portland e água, compactada a uma alta densidade. A Portland Cement Association (PCA) integra a definição citando que a principal utilização desse material é em estruturas e pavimentos.

Ainda, pode ser definido como um material produzido pela mistura, compactação e cura de solos e agregados, cimento Portland, eventualmente aditivos e/ou rochas pozolânicas e água, para formar um material endurecido com

propriedades físicas específicas de engenharia. As partículas de solo e agregados são aderidas pela pasta de cimento, mas, diferentemente do que ocorre nas misturas de concreto, as partículas individuais não são cobertas completamente por esta pasta.

A possibilidade de reduzir espessuras de camadas que conformam a estrutura do pavimento, sem diminuir a capacidade estrutural da mesma, é um dos efeitos que podem ser resultado das próprias características do solo cimento devido ao seu alto módulo de elasticidade.

Dentre as vantagens de utilizar esse tipo de material destacam-se a sua durabilidade quando comparado a outros materiais de pavimentos de custo inicial similar, o menor impacto ambiental devido à menor dependência de reservas naturais, resistência e menor manutenção pois é um material que se mostra bastante promissor sob condições adversas nos mais variados climas além de demonstrar um aumento de suas propriedades mecânicas com o passar do tempo. Além disso, há uma maior rigidez e distribuição de carga aplicada ao pavimento, pois as propriedades das misturas de solo cimento permitem a distribuição da carga aplicada em uma área maior quando comparada com uma base granular.

Teoricamente, qualquer solo pode ser estabilizado com cimento exceto solos orgânicos e que possuem altos conteúdos de sais pois podem afetar o desempenho do cimento. Geralmente, o solo a ser estabilizado por essa técnica resulta da combinação de areias, lodos, cascalhos e argilas.

Grande parte da literatura e especificações técnicas relacionadas aos critérios relacionados à água limitam-se a ser potável ou relativamente limpa, livre de álcalis, ácidos ou qualquer tipo de matéria orgânica. Quanto aos requisitos de sua quantidade, como deseja-se hidratar adequadamente o cimento a fim de obter-se a máxima densidade das misturas, o conteúdo de umidade deverá estar entre 10 e 13% do peso seco da mistura.

As exigências do cimento variam em função das propriedades desejadas na mistura e do tipo de solo, depende se o solo será modificado ou estabilizado.

4.4 OBRAS PARA RETROÁREA

A tabela 1 mostra os principais métodos para tratamentos de solos e suas respectivas aplicações no Brasil.

Tabela 1 - Métodos construtivos e suas aplicações no Brasil

Metodologia Construtivas	Características	Experiências brasileiras
Remoção da camada mole total ou parcial	Eficaz, rápido, de grande impacto ambiental; necessária sondagem para definir quantidade do solo remanescente	Vargas (1973); Cuna e Wolle (1984); Barata (1977)
Expulsão de solo com ruptura controlada (aterro de ponta)	Utilizado para depósitos de pequena espessura e depende de experiência no local; necessária sondagem para definir quantidade do solo remanescente.	Zayen et al. (2003)
Aterro convencional	Estabilização lenta dos recalques	Pinto (1994)
Construção em etapas	Normalmente utilizado com a associação de drenos verticais; é necessário o monitoramento do ganho de resistência; longo período de tempo necessário.	Almeida, Davies e Parry (1985); Almeida et al. (2008)
Drenos verticais e sobrecargas com aterros	Sobrecarga temporária utilizada para acelerar recalques; depende dos custos do bota-fora.	Almeida et al. (2001); Sandroni e Bedeschi (2008); Almeida, Rodrigues e Bittencour (1999).
Bermas de equilíbrio e/ou reforço	Frequentemente adotada; pode haver restrição de espaço e resistência à tração do reforço deve ser testada <i>in situ</i> .	Palmeira e Fahel (2000); Magnani, Almeida e Ehrlich (2009)
Uso de materiais leves	Ideal para prazos curtos; possui custos relativamente elevados.	Sandron (2006); Lima e Almeida (2009)
Aterros sobre estacas	Ideal para prazos curtos; podem ser utilizados diversos tipos de materiais e <i>layouts</i> .	Almeida et al. (2008); Sandroni e Deotti (2008)
Colunas granulares (estacas granulares)	Recalques acelerados devido à natureza drenante do material utilizado; geogrelhas podem ser utilizadas acima das estacas granulares.	Mello et al. (2008); Garga e Medeiros (1995)
Pré-carregamento por vácuo	Pode substituir parcialmente a sobrecarga temporária por pressão hidrostática; deslocamentos horizontais são muito menores que os carregamentos convencionais.	Marques e Leroueil (2005)

Fonte: Adaptado de Almeida e Marques, 2010

Além dos mostrado anteriormente a tabela mostra um dos principais esquemas construtivos utilizados na retroárea que é o uso de drenos verticais pré-fabricados para a aceleração de recalques e colunas granulares, estas podem ser

tradicionais ou encamisadas, associadas ou não ao uso de reforços de solos com geossintéticos. É ideal que a retroárea esteja diretamente ligada ao cais em todo o seu comprimento, facilitando assim a movimentação dos equipamentos entre cais e retroporto.

5 ESTRUTURAS DE ATRACAÇÃO

As estruturas de atracação ou atracamento (acostáveis) são estruturas utilizadas para parada de navios em portos estas também são denominadas cais ou docas utilizadas para atracação, embarque e desembarque. As então estruturas antigas construídas em madeira e pedra passaram por modificação ao longo dos séculos sendo substituídas por elementos em aço sobretudo em áreas distantes da costa e águas profundas.

De acordo com Garthwaite (2004), atualmente os projetistas de portos e cais ainda dependem fortemente do estudo de experiências passadas para refinar a sua análise e práticas de projetos. Estas estruturas podem ser do tipo fixas ou flutuantes. As estruturas fixas são construções permanentes dimensionadas para as atividades na unidade portuária a qual apesar de dimensionada apresenta limitação em função do porto quanto ao tipo e porte do navio, tipo de carga, volume de materiais entre outros aspectos.

As estruturas flutuantes são flexíveis a ponto de receber diferentes tipos de navios, no entanto estas são pensadas em função de limitações da área portuária, além de grandes variações marítimas.

Estas estruturas são dimensionadas e projetadas em função de diferentes fatores condicionantes a exemplo de valores de carga, amarras de fixação, tipos de equipamentos, empuxos e correntes. Segundo Comin e Souza (2017), estas estruturas exercem sendo estes absorvidos pela infraestrutura que são, na sua maioria, compostas por estacas ou estruturas de gravidade.

Um importante componente neste contexto são as estruturas de defesa que tem como objetivo reduzir o impacto das embarcações nas operações de atracação. Alfredini e Arasaki (2014), destaca que esta estrutura faz interface com as embarcações cuja características são:

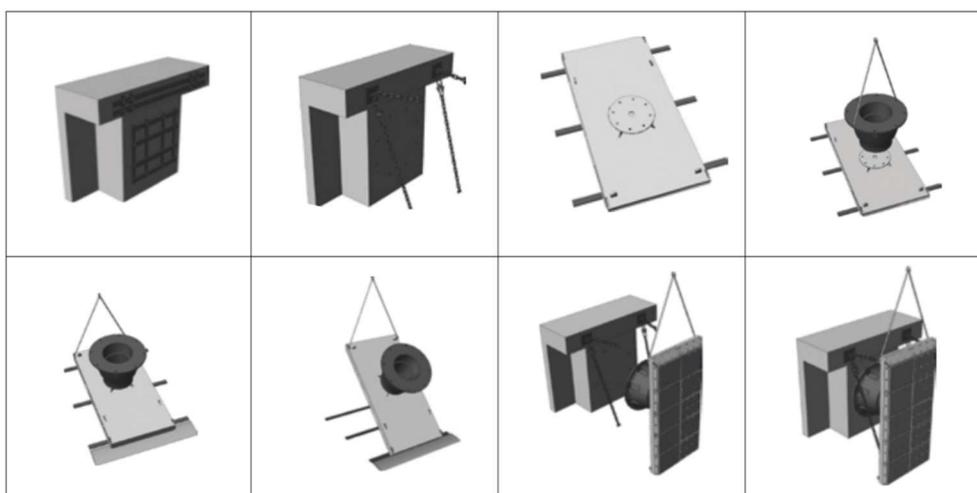
- a) Absorver energia;

- b) Evitar danos nas embarcações;
- c) Impedir contato das embarcações com a o acostado.

Defensas são sistemas críticos de segurança, que protegem pessoas, meio ambiente, navios e estruturas de ferimentos e danos. Mesmo em localizações severas, elas devem atuar conforme o projeto do projetista durante toda a sua vida operacional. Para o projeto obter êxito é necessária uma minuciosa atenção em todas as partes do projeto, as instalações devem ser aplicadas e mantidas de forma correta. Dentre os principais tipos de defensas podemos listar:

- a) Defensas Cônicas SPPP e de Células CSS

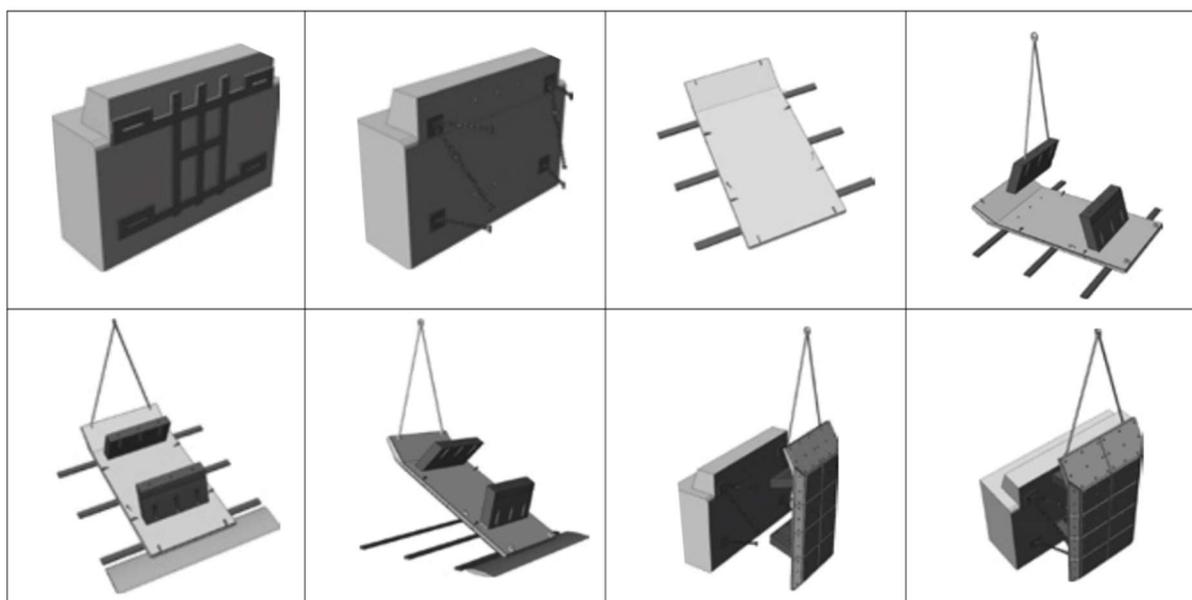
Figura 31 - Esquema de instalação da defesa (a)



Fonte: Alfredini e Arasaki (2014), adaptado pelo autor

- b) Defensas de Elementos FE

Figura 32 - Esquema de instalação da defesa (b)

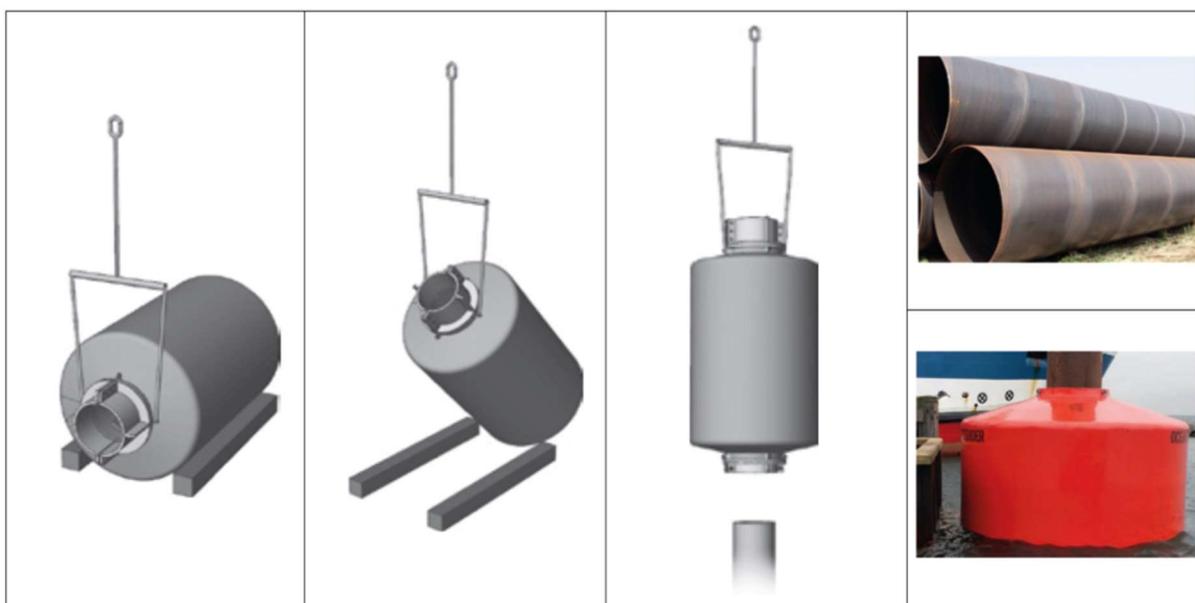


Fonte: Alfredini e Arasaki (2014), adaptado pelo autor

- c) Defensas V e Defensas de Elementos Especiais
- d) Defensas Cilíndricas
- e) Defensas de Espuma

- f) Defensas Donut: quando são montadas em estacas soldadas em espiral, a solda externa deve se plana na área de contato como os apoios da defesa, do nível mais baixo até o nível mais alto de maré. A utilização de soldas salientes pode aumentar o desgaste nos apoios e, em alguns casos, podem impedir o movimento da defesa Donut. Após a instalação é necessário a verificação do equipamento, se está livre para girar, subir e descer de acordo com a maré.

Figura 33 - Esquema de instalação da defesa (f)



Fonte: Alfredini e Arasaki (2014), adaptado pelo autor

g) Defensas Pneumáticas

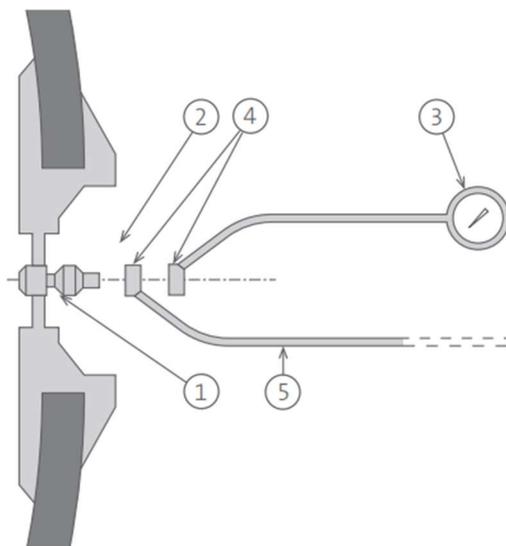
Figura 34 - Esquema de instalação da defesa (g)



Fonte: Alfredini e Arasaki (2014), adaptado pelo autor

Figura 35 - Detalhe da figura 36

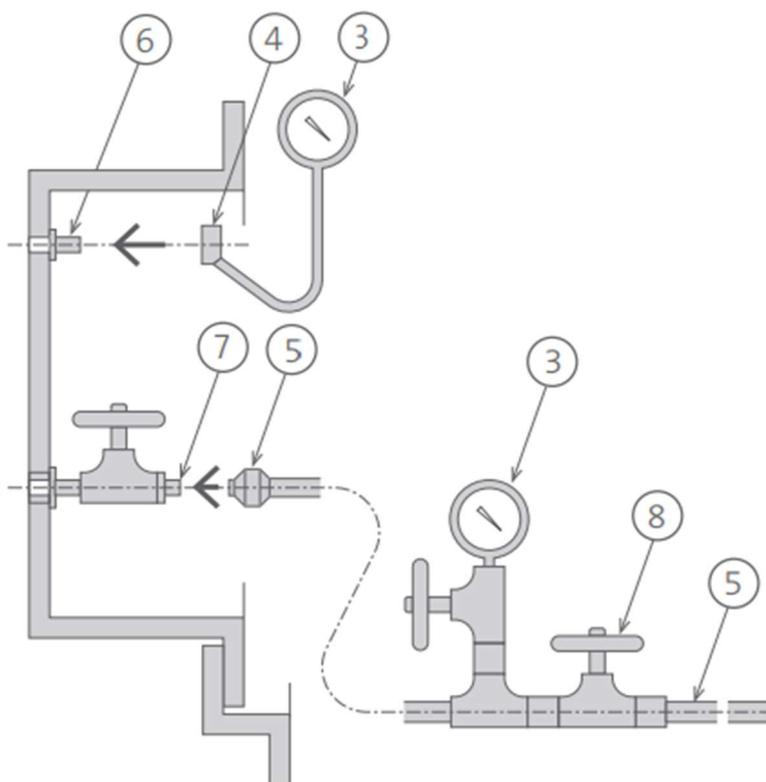
TAMANHOS PEQUENO E MÉDIO DE DEFENSAS ($\leq \varnothing 2.5 \text{ M}$)



Fonte: Alfredini e Arasaki (2014), adaptado pelo autor

Figura 36 - Detalhe da figura 36

TAMANHOS GRANDES DE DEFENSAS ($> \varnothing 2.5 \text{ M}$)



Fonte: Alfredini e Arasaki (2014), adaptado pelo autor

Legenda:

1. Pequena válvula para enchimento
2. Capa da válvula
3. Manômetro
4. Pequena conexão para mangueira
5. Mangueira de ar para compressor
6. Válvula de retenção de pressão
7. Grande válvula para enchimento
8. Válvula de controle de ar

As defensas pneumáticas podem classificadas em três tipos distintos de rede de proteção:

- a) Defesa pneumática nervurada

Figura 37 - defesa Pneumática Nervurada

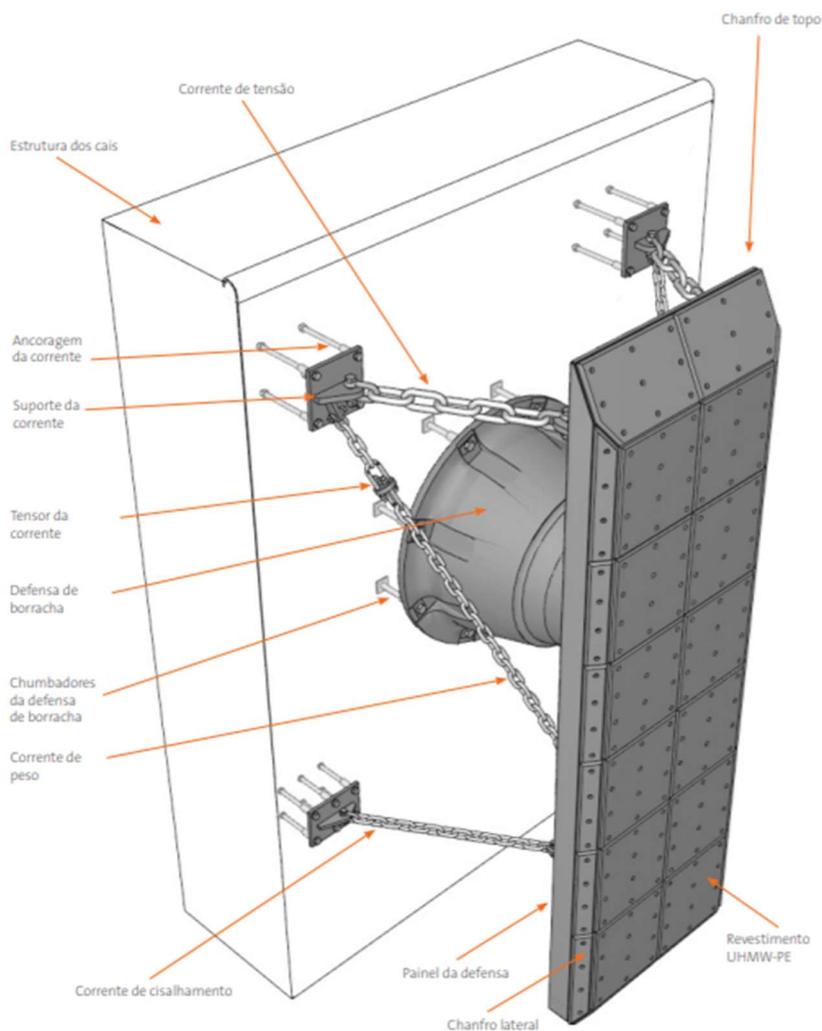


Fonte: ctborracha ¹²

¹² Disponível em: <https://www.ctborracha.com/tipos-de-defensas/>. Acesso em 12/09/2021

- b) Defesa pneumática com rede de cordas
- c) Defensas pneumáticas com rede de pneus e correntes
- d) Defensas de Rolos e de Rodas: estas devem ser enchidas até à pressão nominal apenas no local pelo empreiteiro devido ao risco durante ao transporte.
- e) Defensas Hidropneumáticas: seu desempenho é afetado pela relação ar/água e pressão inicial.

Figura 38 - detalhes de uma defesa



Fonte: Alfredini e Arasaki (2014), adaptado pelo autor

6 ACESSOS MARÍTIMOS

A profundidade dos portos é um fator importante no que diz respeito à competição no transporte marítimo de contêineres. Para acomodar os maiores transportadores de carga, as áreas de água do porto devem ser dragadas para remover o excesso de sedimentos (Demir et al., 2004; HELCOM, 2015; Mohanty et al., 2012; Žaromskis, 2008).

6.1 DRAGAGEM

O serviço de dragagem consiste na escavação e remoção de solo, rochas decompostas ou desmontadas submersas em qualquer profundidade e por meio de variados tipos de equipamentos (mecânicos ou hidráulicos) em mares, estuários e rios (Alfredini e Arasaki, 2014).

É de conhecimento que a dragagem próxima a costa pode causar erosão. Segundo Demir et al. (2004), a dragagem próxima à costa para agregado de construção ou alimentação de praia pode resultar em uma perturbação dos processos litorâneos naturais, mudanças nos padrões de transformação das ondas e uma perda líquida de areia do sistema litorâneo. O impacto da dragagem na linha costeira geralmente depende diretamente da distância entre a linha costeira e o local da dragagem, a profundidade da cava dragada e a quantidade de sedimentos marinhos extraídos (Comitê de Habitat Marinho, 2000).

A quantidade de erosão é proporcional à quantidade de sedimentos dragados se a profundidade da cava for menor que a profundidade de fechamento. Quando a cava de dragagem está além dos limites da profundidade de fechamento, a dragagem não tem impacto direto na costa. Mudanças no campo de ondas que são predeterminadas por mudanças no relevo do fundo são consideradas como um impacto indireto (Demir et al. 2008).

6.1.1 Dragas mecânicas

As dragas mecânicas são caracterizadas pelo uso de alguma espécie de caçamba para escavar e elevar o material do fundo. Esses equipamentos podem ser classificados, de acordo com o tipo de trabalho exercido (descontínuos ou alcatruzes)

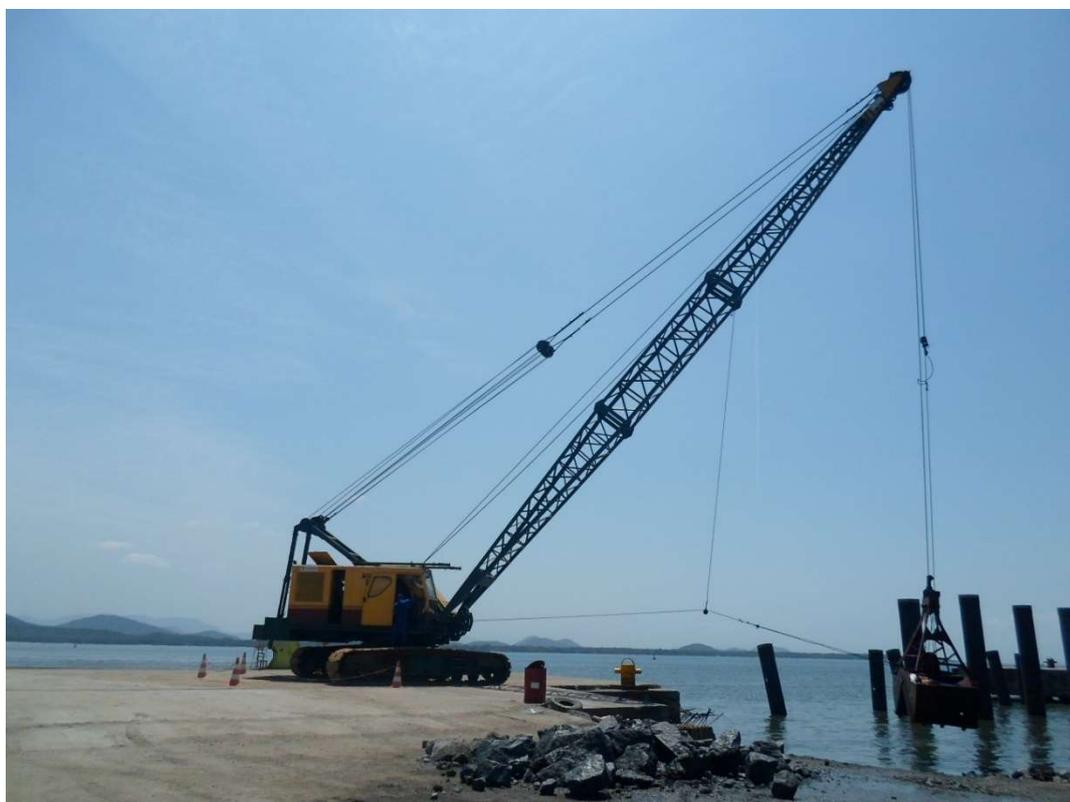
ou em função do modo como as caçambas estão montadas na draga, por exemplo: conectadas por cabos, estruturalmente conectadas e com esteira e estruturalmente conectadas. A seguir serão descritos alguns tipos de dragas, suas características e a influência do tipo de solo para a utilização de cada uma.

6.1.1.1 *Pá de arrasto (dragline)*

É um equipamento mecânico terrestre de guincho que se desloca sobre esteiras que movimentam o conjunto de plataforma giratória, onde estão montados a cabine de operação, a treliça do guincho, o motor e três tambores com dois cabos ligados à caçamba e um para movimentação da lança (Alfredini e Arasaki, 2014).

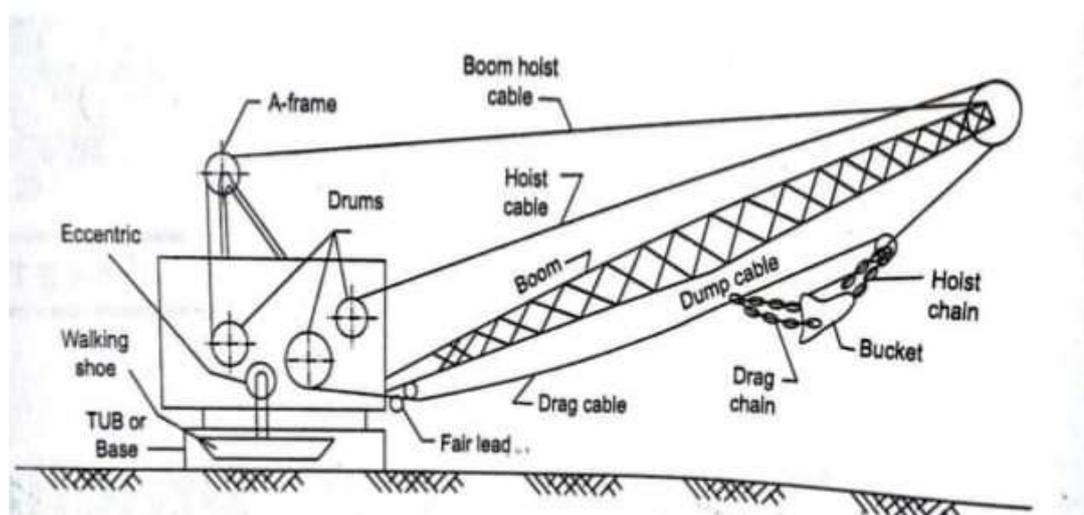
O ciclo inicia-se pelo lançamento, arrasto, içamento, giro e, por fim, descarga da caçamba operada pelos cabos. É um equipamento indicado para operações em terrenos moles e serviços de abertura de calhas em várzeas ou mangues ou de manutenções localizadas, por exemplo.

Figura 39 - *Dragline*



Fonte: Galeria mineração SV¹³

Figura 40 - Diagrama esquemático de uma *Dragline*

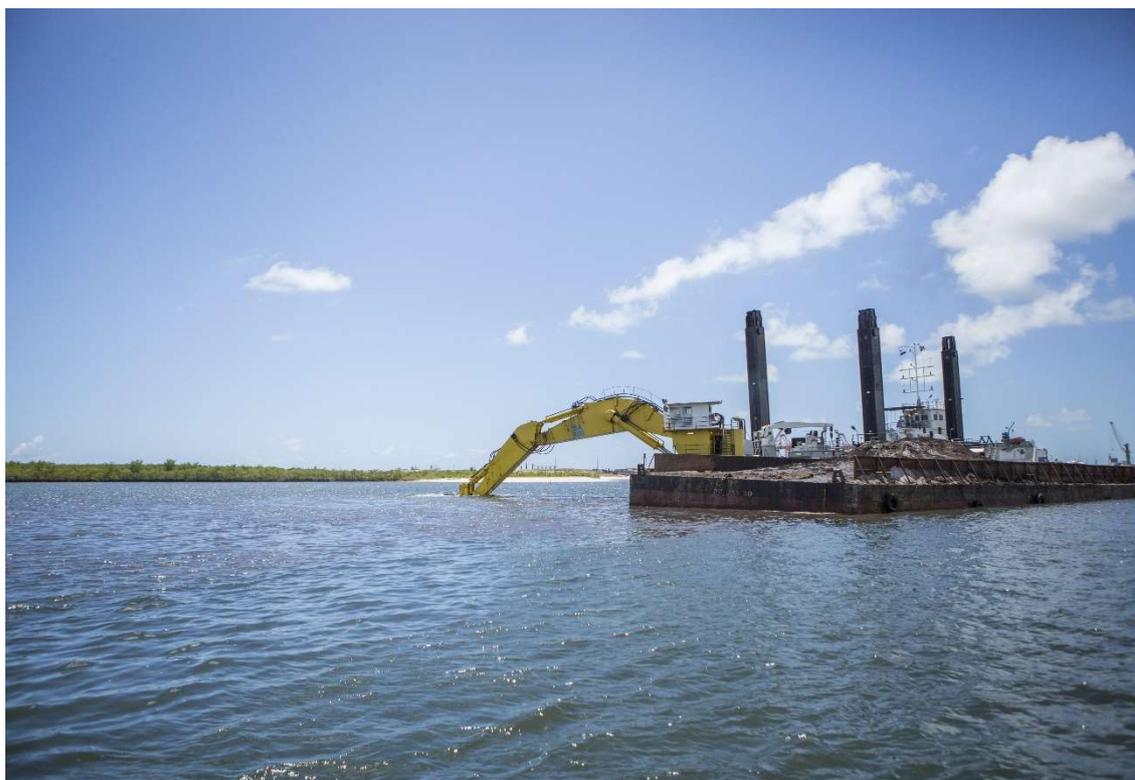


Fonte: ASCE library

6.1.1.2 *Draga mecânica de colher (escavadeira shovel)*

A draga mecânica de colher (*escavadeira shovel*) é equipamento mais robusto do que o draga do tipo *dragline*, permitindo penetração e corte em materiais mais duros, uma vez que a caçamba está estruturalmente conectada à extremidade de um braço rígido (Alfredini e Arasaki, 2014). A sua lança movimenta-se por meio de um cabo enquanto outro cabo opera o braço de escavação.

¹³ Disponível em. <https://www.mineracaosv.com.br/galeria/draglines/2>. Acesso em 23/08/2021.

Figura 41 - Escavadeira *Shovel* operando na China

Fonte: Portal de notícias UOL ¹⁴

6.1.1.3 *Draga de caçamba de mandíbulas (clamshell ou orange peel)*

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. Para solos moles, utiliza-se o *clamshell*, especialmente para a remoção de solos submersos, e para blocos de material duro, utiliza-se a caçamba *orange peel*. O tamanho e a capacidade de volume da draga variam de acordo com a finalidade do projeto, no Brasil, as mais utilizadas variam de 1 m³ a 8 m³.

No processo de drenagem de solos, o funcionamento da draga se dá através do manuseio do operador que solta as caçambas dentro da água, descendo até alcançar o solo. As caçambas, então, penetram no solo e retêm o material escavado, em seguida, são içadas novamente para cima, onde depositam o material dragado.

¹⁴ Disponível em: <https://jc.ne10.uol.com.br/blogs/jamildo/2018/12/03/de-olho-nos-chineses-na-marinha-suape-anuncia-retoma-dragagem-do-canal-de-acesso-ao-estaleiro-ward-promar/index.html>. Acesso em 23/08/2021.

Seu posicionamento pode ser feito através de âncoras ou spuds. Seu ciclo é composto pelas etapas de giro, lançamento, fechamento de mandíbulas, içamento, giro de retorno e abertura da caçamba para descarga.

Figura 42 - Draga *Clamshell*



Fonte: Allonda

Figura 43 - Detalhe da garra *orange peel*

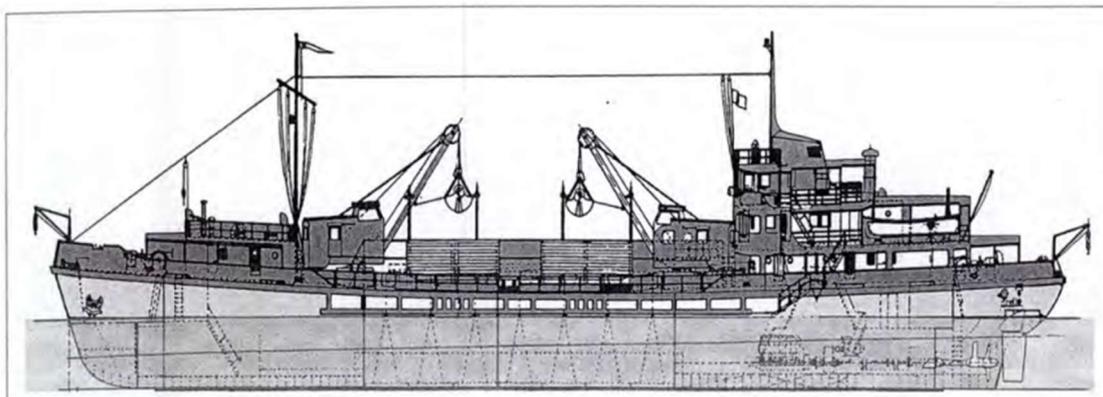


Fonte: Yantai Jiazhuo Construction Machinery Co. ¹⁵

¹⁵ Disponível em: <https://img.waimaoniu.net/1936/1936-202006160929333663.jpg>. Acesso em 20/08/2021.

Vale salientar que, em alguns casos, é possível embarcar o guindaste *clamshell* no convés de embarcações depositando o material recolhido diretamente na cisterna da embarcação.

Figura 44 - Vista lateral de uma draga de caçamba



Fonte: Alfredini e Arasaki (2014), adaptado pelo autor

6.1.1.4 *Draga de pá escavadeira (dipper)*

A draga de pá escavadeira (*dipper*) consiste fundamentalmente em uma draga mecânica de colher montada em uma embarcação. A caçamba é comumente localizada no extremo do braço da escavadeira, o qual se conecta no meio do braço a um pivô e por um cabo à roldana no extremo do braço.

Este tipo de draga possui algumas limitações como, por exemplo, operação em grandes profundidades, drenagem de material muito fluido, não opera em condições de agitação e/ ou ondulação.

Figura 45 - *Dipper*

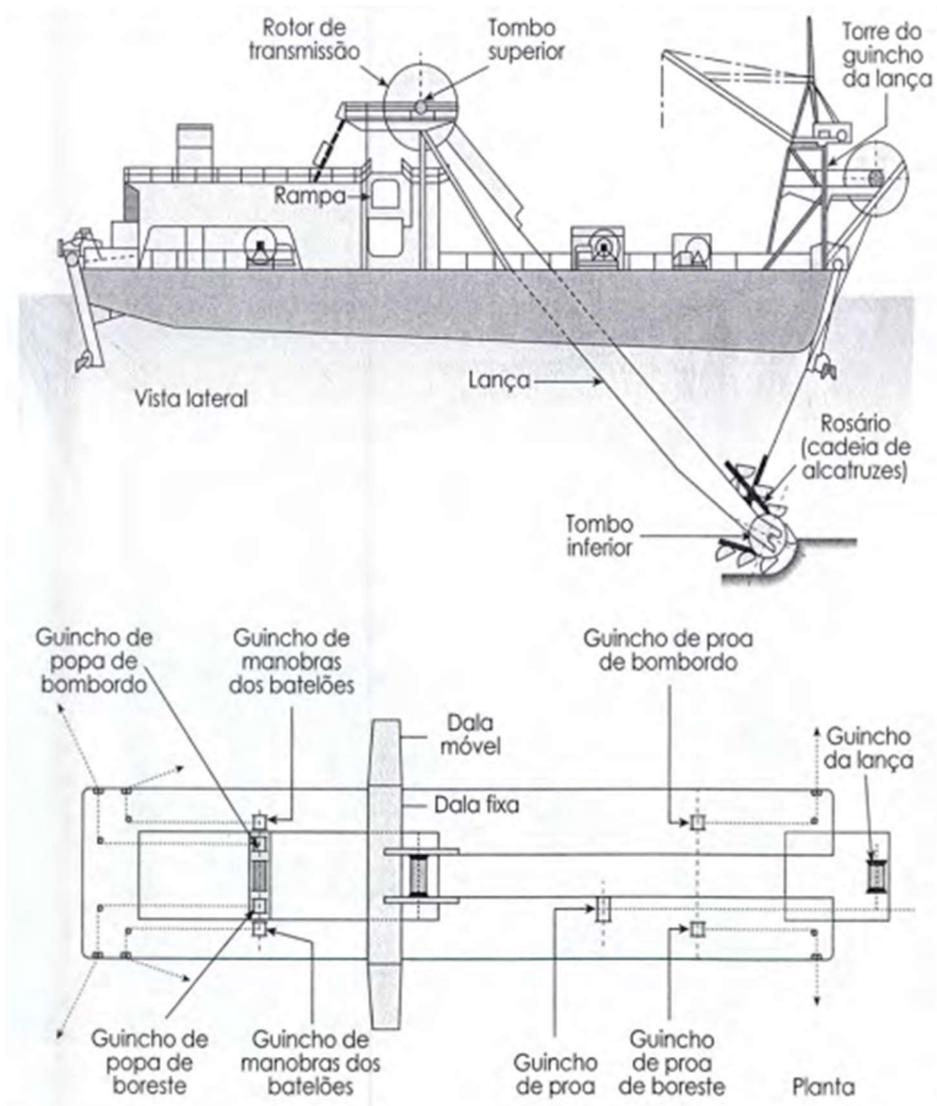
Fonte: Dredge Point ¹⁶

6.1.1.5 *Draga de alcatruzes*

A draga de alcatruzes utiliza uma cadeia sem fim móvel de caçambas (rosário), montada numa lança, que escava o fundo próximo ao tombo inferior, roldana-guia da lança movida pelo rosário, e eleva o material para o tombo superior, do qual parte a geração do movimento do rosário, onde cada caçamba descarrega sua carga e retorna para outra (Alfredini e Arasaki, 2014).

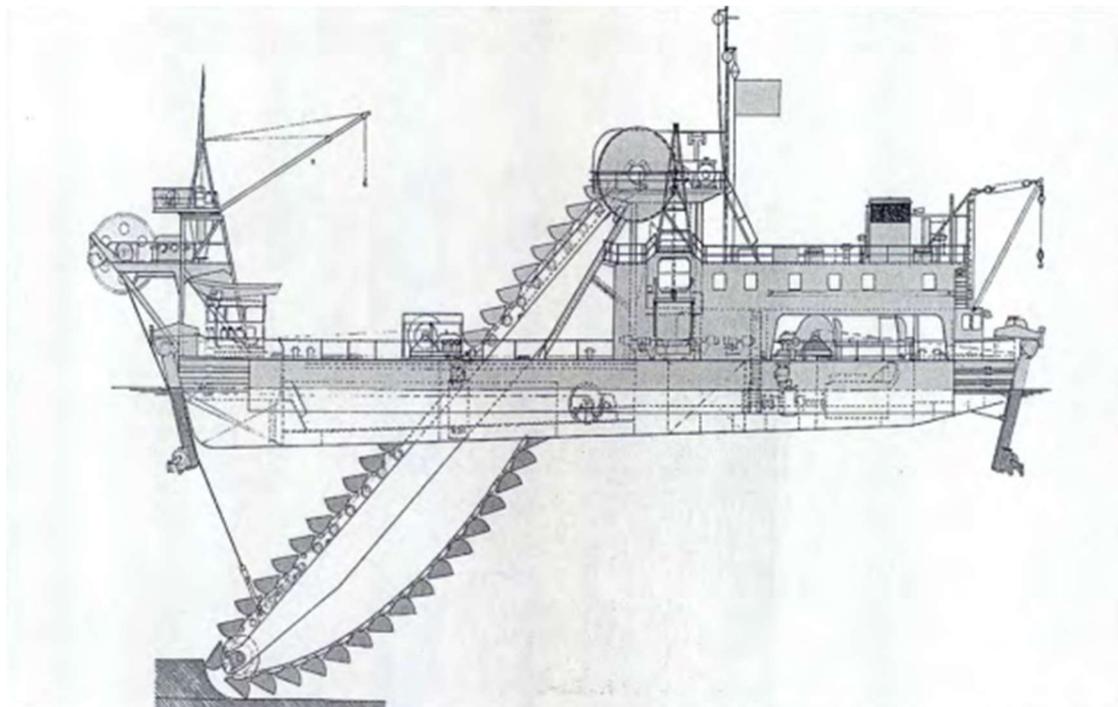
¹⁶ Disponível em: <https://www.dredgepoint.org/dredging-database/equipment/draga-dipper-pionera-0>. Acesso em 23/08/2021.

Figura 46 - Representação esquemática de uma draga de alcatruzes



Fonte: Adaptado de Alfredini e Arasaki (2014)

Figura 47 - Perfil de uma draga de alcatruzes



Fonte: Adaptado de Alfredini e Arasaki (2014)

Dentre as desvantagens de sua utilização estão o alto custo de manuseio e manutenção, a sensibilidade a ação de ondulações, sua operação é restrita para áreas rasas fazendo necessário a utilização de batelões para transporte. Contudo, possui alta força de corte, boa capacidade de escavação e é de possível aplicação em grandes projetos, principalmente, de implementações de canais.

6.1.2 Dragas hidráulicas

Para Alfredini e Arasaki, 2014, as dragas hidráulicas são caracterizadas pela misturação e pelo transporte do material dragado em escoamento hidráulico de alta velocidade. Desagregadores mecânicos são usados quando for necessário escavar ou raspar material mais consistente. Uma bomba de dragagem é utilizada para criar a carga hidráulica e o escoamento necessários para transportar a mistura bifásica água-solo ao longo de tubulação para o seu despejo.

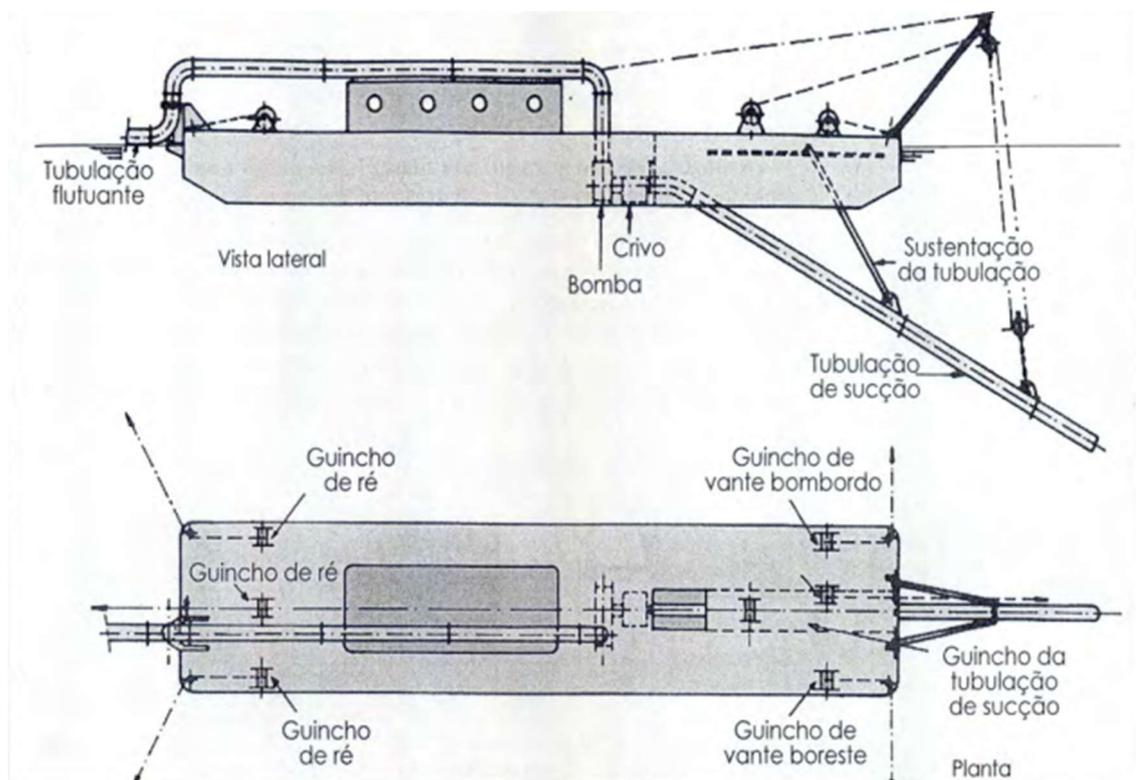
Podem ser divididas, basicamente, em dois tipos: autotransportadora ou estacionária de sucção e recalque.

6.1.2.1 Draga autotransportadora de sucção e arrasto (*hopper*)

A draga autotransportadora de sucção e arrasto (*trailing suction ou hopper*) consiste numa embarcação marítima autopropelida em que os dragados são armazenados na cisterna para despejo posterior (Alfredini e Arasaki, 2014).

Em sua configuração mais comum, possui duas tubulações articuladas em cada bordo do casco próximo ao centro de flutuação afim de minimizar o efeito do estado do mar. Além disso, cada tubulação possui sua própria boca de drenagem, geralmente acoplada à sua própria bomba. É possível adicionar acessórios nas bocas da draga para auxiliar na degradação do material do fundo.

Figura 48 - Draga estacionária de sucção com cabos de estacionamento



Fonte: Adaptado de Alfredini e Arasaki, 2014

Em resumo, é uma embarcação versátil que une drenagem, transporte e descarga. A drenagem é realizada enquanto a embarcação navega, causando menos impacto marítimo enquanto atua. A draga opera por meio de um ou dois braços de sucção com pontas de arrasto que são baixadas lateralmente a embarcação para coletar solo.

Indicada para a utilização desde solos moles e soltos até os mais rígidos e firmes, mesmo em condições adversas de tempo e área.

Figura 49 - Draga de sucção em arrasto (TSHD)

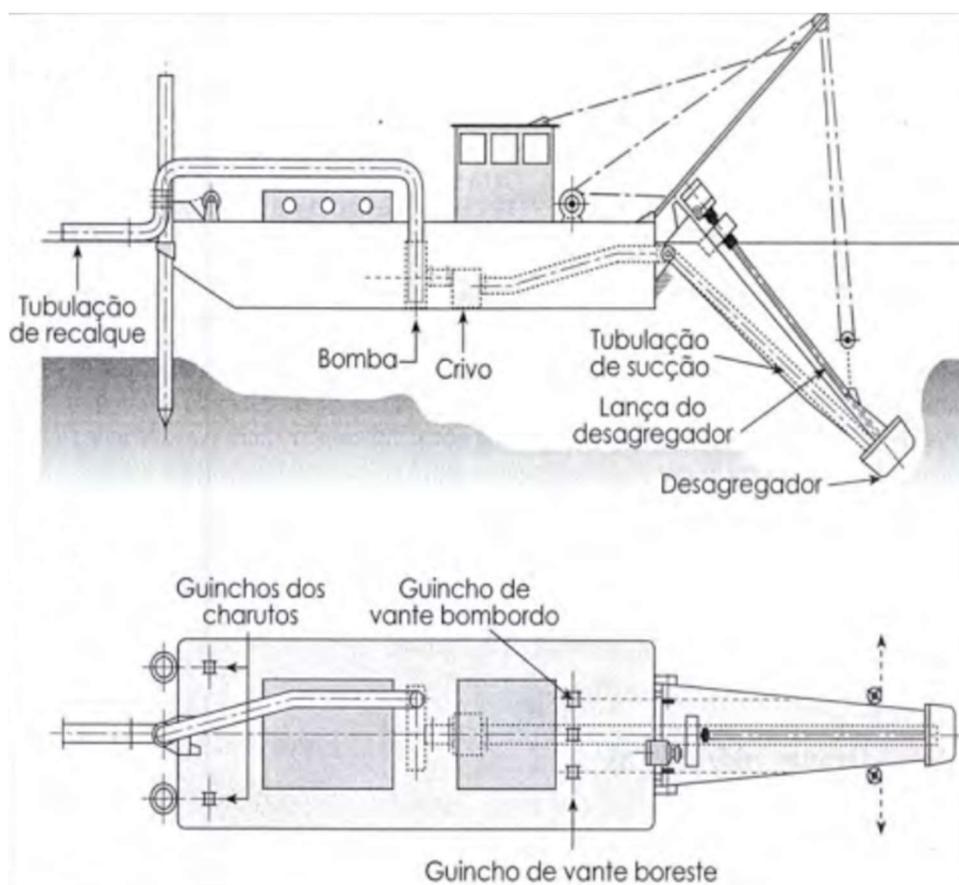


Fonte: Allonda

6.1.2.2 Draga estacionária de sucção e recalque

A forma mais simples de se realizar uma dragagem é com a draga estacionária de sucção e recalque. É a combinação dos dois princípios básicos da dragagem: escavação e sucção. Apesar de ser indicada para todos os tipos de solos, desde os moles até os mais compactados e duros, não é um equipamento projetado para operar em condições de águas desabrigadas, com incidências de ondas.

Figura 50 - Perfil e planta da draga de sucção e recalque



Fonte: Adaptado de Alfredini e Arasaki, 2014

É importante salientar que quando este tipo de draga não dispõe de um desagregador seu uso limita-se a escavar materiais móveis e fluídos em áreas localizadas. Opera através de uma ferramenta rotativa de corte, assim o solo é desalojado e pode ser facilmente transportado pelo tubo de sucção. Dentre suas utilizações está a recuperação de terras, construção de portos e manutenção de hidrovias. É um sistema de dragagem preciso, com controle satisfatório tanto vertical quanto horizontal.

Figura 51 - Draga de sucção e recalque



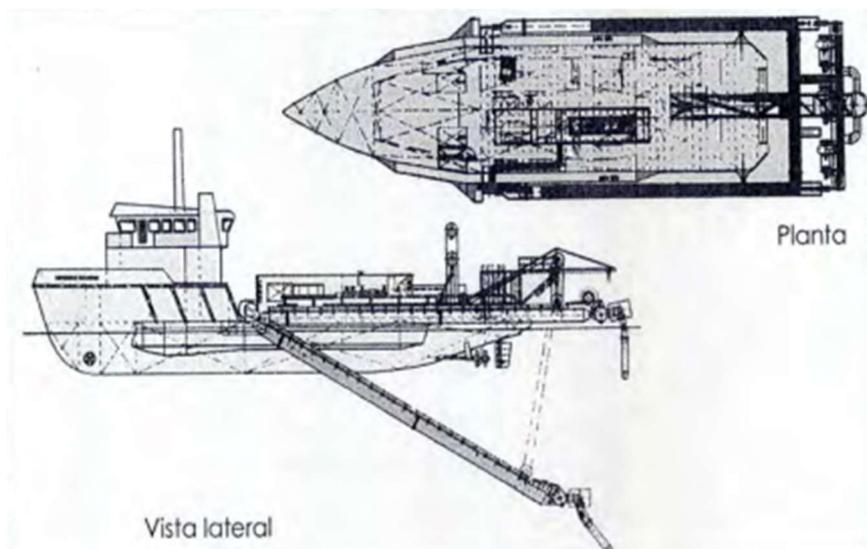
Fonte: Allonda

6.1.3 Processos alternativos de dragagem

Além dos tipos de dragagens já citados, podem ser aplicados processos alternativos na dragagem. Dentre os equipamentos não-convencionais usados em processos de dragagem há um destaque especial para a draga de injeção de água, técnica utilizada no porto de Itajaí-SC e Ponta da Madeira-MA.

Alfredini e Arasaki, 2014, define os princípios da dragagem de água, consiste, basicamente, em criar uma mistura bifásica em sedimentos moles que, por correntes de densidade, tende a descolar-se rampa abaixo da escavação e então as correntes favoráveis tendem a afastar esse material inconsolidado da área de drenagem.

Figura 52 - Draga de injeção de água



Fonte: Adaptado de Alfredini e Arasaki, 2014

A tabela do anexo 2 mostra características de cada técnica e equipamento de dragagem, bem como suas capacidades de carga, tipos de solos recomendados e outras características.

6.2 DERROCAMENTO

O derrocamento é uma obra de melhoramento que atua na desagregação e remoção de materiais submersos que afetam a navegação e cuja dureza inviabiliza a remoção por dragagem Alfredini e Arasaki, 2009. O derrocamento consiste desmonte, retirada, transporte e, por fim, deposição.

A retirada do material é feita com o auxílio de dragas mecânicas apropriadas tendo em vista que são rejeitos de alta dureza e demandam técnicas, métodos e equipamentos específicos para a remoção ser bem sucedida. O desmonte por ondas de choque pode ser obtido por percussão direta (a frio) ou com o uso de explosivos (a fogo).

Ao escolher a técnica ser empregada deve-se levar em consideração fatores de econômicos do projeto além de aspectos geológico-geotécnicos.

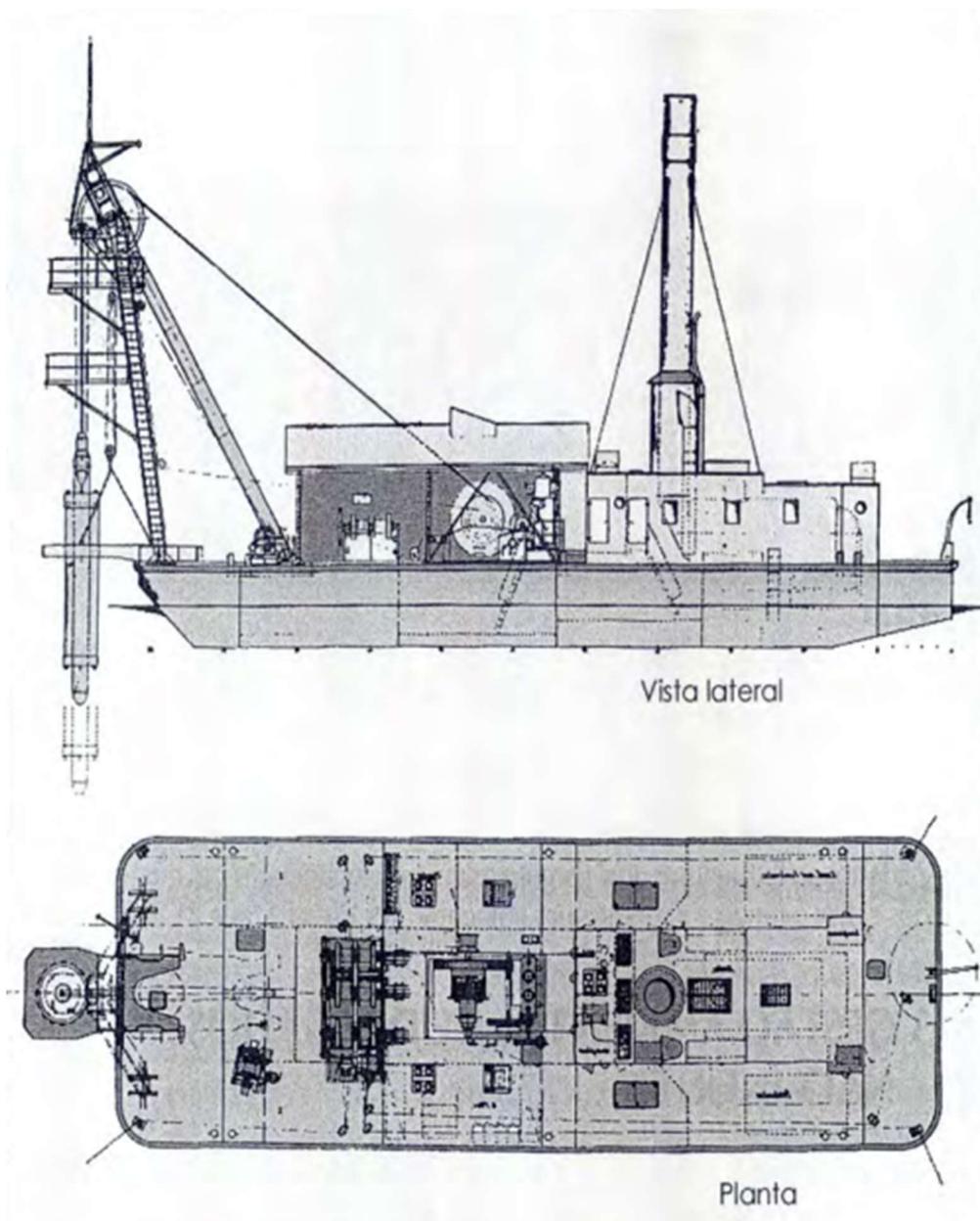
6.2.1 Desmonte mecânico

Segundo Alfredini e Arasaki, 2014, o desmonte mecânico utiliza-se da energia de impacto por percussões reiteradas, usando para tanto basicamente o derrocador de percussão ou perfuratrizes. A energia utilizada no equipamento é função da dureza, espessura e profundidade da camada, bem como da dimensão máxima desejada para o material desagregado. O autor ainda cita os dois tipos de equipamentos mais empregados neste tipo de obra:

- a) Derrocador de queda livre
- b) Perfuratriz

O derrocador de queda livre utiliza-se da percussão de uma haste pesada de derrocagem composta de um pontalete de aço de liga ultraduro e resistente, é energia de impacto é função da altura de queda dessa haste. Para as profundidades maiores que 4 m é preciso a utilização de um tubo de ferro estaiado por cabos de aço e apoiado no casco para servir de guia para o pontalete na parte submersa. A capacidade do equipamento e a quantidade de golpes efetuados antes da substituição da ponteira e do pilão é variável e depende das características e condições do projeto. Geralmente são utilizadas máquinas com capacidade de 5 a 20 m³/h.

Figura 53 - Vista lateral e em planta de um derrocador de 15 toneladas



Fonte: Alfredini e Arasaki, 2014

Por sua vez, a perfuratriz com auxílio de marteletes permite uma operação a seco pois utiliza tubulões onde a água é expulsa por meio da instalação pneumática de ar comprimido. Os compressores de ar para os grandes martelos pneumáticos são instalados em embarcações e permitem perfurações até mais de 20 m de profundidade, com forças de choque de 3 a 10 toneladas em camadas de até cerca de 1,5 m de espessura (Alfredini e Arasaki, 2014)

Figura 54 - Balsa perfuratriz modular



Fonte: Damen ¹⁷

6.2.2 Desmante com explosivos

O desmante com explosivos usa a introdução de cargas a serem detonadas em perfurações previamente executadas, sendo atualmente mais comum o emprego de marteletes a ar comprimido. Nas perfurações efetuadas a partir da superfície, utilizam-se embarcações estacionárias com várias torres, muitas vezes móveis sobre trilhos, dotadas de hastes perfuratrizes longas que se movem no interior de tubos guia solidários ao flutuante, o qual garante o seu posicionamento com quatro charutos apoiados sobre o fundo e operados por guinchos.

O processo de derrocagem com explosivos pode ser facilmente resumido pelas etapas de detonação subaquática, se necessário escavação mecânica e transporte de materiais. A fiscalização e legislação sobre derrocagem com o uso de explosivos é bem rígida, tendo em vista os riscos atrelados a execução dos procedimentos, bem como os impactos ambientais inerentes.

¹⁷ Disponível em: <https://products.damen.com/pt-pt/ranges/modular-pontoon/modular-drilling-barge-2407>. Acesso em 25/07/2021.

Figura 55 - Derrocagem da pedra de Ipanema



Fonte: Jornal da Orla¹⁸

6.2.3 Derrocagem na pratica

A derrocagem é uma prática comum nas regiões portuárias do Brasil, aplicada com o intuito de viabilizar e ampliar os canais de acesso, bacias de evolução e outras várias partes que compõe o arranjo portuário.

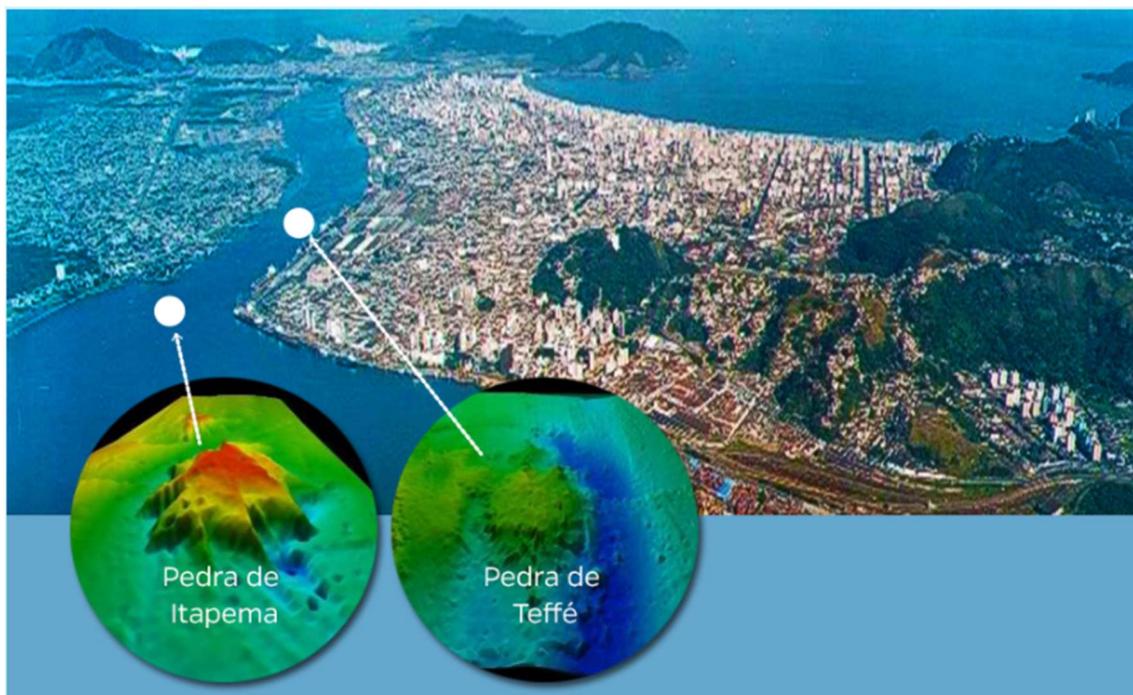
6.2.3.1 Porto de santos

O projeto executivo de derrocamento das pedras de Teffé e Itapema no Porto de Santos, elaborado pela empresa GEOURBE (Geotecnologia e Engenharia Ltda), consiste em métodos que se valem da expansão de materiais colocados em furos (ditos expansores) dos quais o melhor representante é a argamassa expansiva, métodos baseados em sistemas mecânicos como as dardas, e a fragmentação mecânica convencional, que nada mais é do que a utilização de equipamentos rompedores montados em tratores e outros equipamentos similares. A empresa ainda

¹⁸ Disponível em: <https://www.jornaldaorla.com.br/noticias/3619-derrocagem-da-pedra-de-itapema-foi-encerrada/>. Acesso em 25/07/2021

utiliza uma tecnologia de cortina de bolhas a fim de minimizar a propagação das ondas de choque no meio líquido.

Figura 56 – Projeção da pedra de Itapema e da pedra de Teffé



Fonte: Geourbe

Figura 57 - Canal do porto de Santos após derrocamento



Fonte: Geourbe

6.2.3.2 Porto de Vitória

O tipo de dragagem realizada no porto de Vitória foi a de manutenção, que consiste na remoção do assoreamento, que é feito durante o tempo em que não se processa a dragagem, facilitando a remoção, devido à conexão entre as partículas assentadas no solo marinho não terem tanta conexão (Beltrame et al. 2018). A dragagem de manutenção é um procedimento que resulta na dragagem de aprofundamento. (GOES FILHO, 2004).

Foram derrocados e dragados cerca de 1,8 milhões de m³ de sedimentos, só na fase final foram 3,5 mil m³. O canal de acesso ao porto passa de 10,67 m de calado para 12,50 m e profundidade de 14 m, sem necessitar de readequação do traçado. Na bacia de evolução (local de manobra dos navios) a profundidade era de 11,20 m, com a operação concluída passou a ter 13m de profundidade e calado de 12,50 m (Beltrame et al. 2018).

Figura 58 - Porto de Vitória após a derrocagem



Fonte: Codesa/divulgação

7 ALTERNATIVAS DE PROTEÇÃO COSTEIRA

As inovações tecnológicas dos materiais usados na engenharia estão permitindo o desenvolvimento de projetos de estruturas funcionais, rápidas e ambientalmente amigáveis. Na área de geotecnia os materiais geossintéticos (geomembrana, geogrelha, geotêxtil, etc.) vêm sendo usados largamente em obras de engenharia com funções de reforço, filtração, drenagem, separação, proteção, entre outras (Ortiz, et al. 2003). Dentre as principais estruturas de proteção costeira baseadas nas novas inovações geotecnologias temos:

7.1 GEOBAGS

Geobags são estruturas de baixo impacto ambiental, na paisagem e no meio ambiente, que visam a contenção das costas e são utilizados como uma alternativa a estruturas tradicionais como os espigões, quebra-mares e revestimentos para fins de controle de erosão.

Em um projeto de proteção costeira e drenagem de resíduos, há aplicações de bolsas geotêxtis. É um uso consagrado para solucionar problemas de geotécnica também possui diversas vantagens associadas pois sua aplicação é rápida e de fácil construção, possui um baixo custo em relação a outros tipos de obras convencionais em locais onde não se tem rochas além disso, é considerado ambientalmente amigável pois não denigre o meio ambiente, possibilitando uma obra sustentável, e ainda permite o desenvolvimento de vegetação em sua superfície.

Contudo, os sacos de geotêxtil, possuem um ponto particularmente crítico: o sistema de costura. Ele tem a responsabilidade de suportar altas tensões de tração, por isso a escolha do tamanho correto para os requisitos de produto e tração é crucial. Além disso, em obras de proteção costeira deve-se levar em consideração desde o dimensionamento da estrutura até o processo de enchimento e colocação.

O geotêxtil tem alta resistência à tração para permitir-lhe resistir a tensões de tração que ocorre durante o enchimento hidráulico e manter a sua forma estrutural, além de ter uma resistência às sobrecargas, sem sofrer rasgamentos. (VIDAL, 2003). Por esta propriedade, podem ser empilhados, reduzindo o armazenamento dos rejeitos. Os tubos de geotêxtil de alta resistência são preenchidos por rejeito através

do bombeamento hidráulico, resultando em uma estrutura monolítica, flexível e contínua, altamente resistente a correntes de água (Tullio. 2019).

A abertura da filtragem geotêxtil é definida como a abertura equivalente ao diâmetro da partícula maior que passa por seus poros. Para determinar esta função, o exame confuso úmido, adotado pela ISO/é usado em 1999 (ISO 12956). As condições normais de carga para o plano do cobertor, sem tração neste plano, geralmente levam à redução da abertura de abertura sem carga normal. Os testes feitos pelo GOURC & FAURE (1990) mostram uma pequena redução de valores com a crescente tensão extensa. Palmeira e Fannin (1998) observam que, para não-tecidos, obtém os filamentos de poliéster contínuos, a redução da abertura de filtragem é sensível a cerca de 25kp de carga normal, estabilizando para tensões maiores. Esta definição é geralmente realizada em favor da segurança. Fourie & Addis (1999).

Figura 59 - Geobags para proteção costeira



Fonte: AEC ¹⁹

Os projetos de estruturas de defesa costeira apresentam uma nova possibilidade de uso dos geotêxtis de elevada resistência. Trata-se da execução de tubos de geotêxtis, os quais podem ser preenchidos por solos formando estruturas sólidas, estáveis, flexíveis e adaptadas às configurações do terreno (Ortiz, et al. 2003).

Os tubos de geotêxtil são estruturas de gravidade formados por sacos de geotêxtil, cheios de areias, argilas ou materiais capazes de serem drenados. Durante

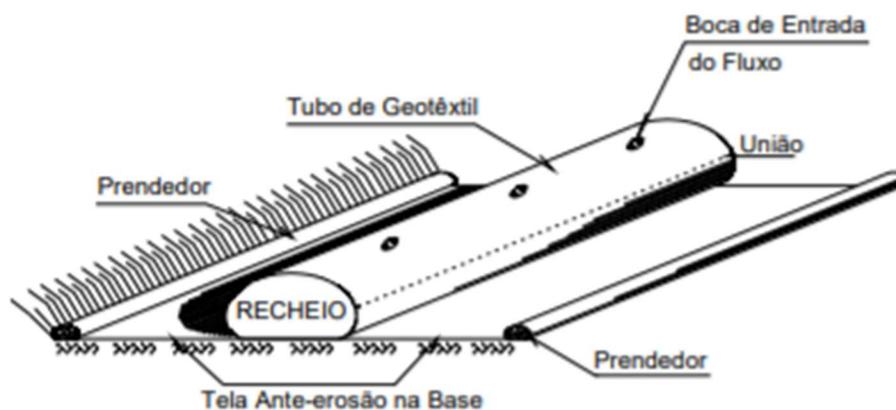
¹⁹ Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/geobags-sao-solucao-de-baixo-impacto-ambiental-para-obras-de-contencao/20357>. Acesso em 23/07/2021.

o processo de enchimento a água passa através do geotêxtil, os sólidos ficam presos dentro do tubo que vai consolidando-se, permitindo assim a obtenção de uma estrutura maciça, capaz de resistir a abrasões e cortes. Os tubos geotêxtis são capazes de tolerar a degradação biológica e química gerada.

Basicamente, sua estrutura é formada por:

- a) Tela ante erosão na base: um tecido de alta resistência posicionado abaixo do tubo que tem a função de proteger o solo de fundação da cavidade gerada pelo fluxo de água que escapa do tubo quando cheio por devido ao movimento das ondas.
- b) Prendedores: localizados ao longo da tela ante erosão, geralmente é do mesmo material da tela. É responsável por assegurar a posição da tela durante o enchimento e toda a operação.
- c) Boca de entrada de Fluxo: conhecidas também como porta ou entrada do fluxo, são mangas de geotêxtil costuradas na parte superior do tubo. É através delas que é inserido o material de recheio, quando o enchimento é finalizado essas mangas são fechadas, podem ser costuradas ou coladas.
- d) O próprio tubo: é o núcleo da estrutura. É confeccionado a partir da costura dos extremos laterais de um ou mais rolos de geotêxtil.

Figura 60 - Visão isométrica de um tubo geotêxtil



Fonte: Adaptado de Ortiz et al. 2003

Os tubos podem ser construídos de acordo com as reais necessidades do projeto analisando os esforços aos quais estará submetido, a seleção do geotêxtil de reforço que forma o tudo deve ser escolhida seguindo critérios de esforço e tempo de

vida útil do projeto. Geralmente o seu comprimento não ultrapassa 100 m devido a praticidade no processo de enchimento que é feito por pressão hidráulica ou hidrostática. A seção transversal aproxima-se de uma elipse apesar de ser plana nas partes superior e inferior.

Quando as costuras são feitas corretamente, permitem considerável transferência de tensão entre geotêxtis. No entanto, deve-se considerar que devido ao dano que a agulha produz no tecido e à concentração de tensões das perfurações, as costuras são mais fracas que o geotêxtil em si. As costuras bem feitas suportam de 50% a 80% da resistência do geotêxtil na prova de resistência à tração da faixa larga. Também é importante considerar que as resistências das costuras feitas na obra geralmente são menores que as feitas em fábrica (Ortiz, et al. 2003).

7.2 TETRÁPODES

Devido a características diferentes algumas vezes não desejadas nas estruturas de blocos de concretos cúbicos e paralelepípedos para a construção de quebra-mares, algumas alternativas foram criadas, ganhando uma parcela do mercado. O tetrápode é um formato de bloco de concreto com características únicas e grande versatilidade.

As pedras comuns têm dificuldades para serem travadas entre si, propiciando deslizamentos e deslocamentos indesejados, muitas vezes comprometendo a estrutura para a qual foram projetados. Os tetrápodes apresentam como principais vantagens, como: agilidade de produção e execução, menor custo e excelente durabilidade. O formato propicia a dissipação e absorção da energia proveniente das ondas, além de proporcionar um encaixo justaposto, que forma arranjos com boa estabilidade.

Figura 61 – Tetrápodes de concreto



Fonte: Engemolde ²⁰

²⁰ Disponível em: <http://www.engemolde.com.br/solucoes/detalhe.asp?cod=34> Acesso em 24/08/2021

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

8.1 CONCLUSÃO

Este trabalho se propôs a fazer uma análise e levantamento das características construtivas que vem sendo utilizadas no país e compará-las com técnicas mais modernas no setor portuário. Foram identificadas aplicações, vantagens e desvantagens, de maneira a caracterizar e localizar o Brasil no cenário mundial, no setor portuário e de infraestrutura.

A identificação foi feita por meio de uma revisão sistemática das técnicas empregadas nas construções portuárias, avaliando os gargalos e demandas, qualidade dos processos até as alternativas para os principais problemas no setor portuário.

A metodologia do trabalho exploratório, se deu através da busca de fontes de dados que comprovaram vantagens nas tecnologias utilizadas dentro do setor e também evidenciaram a defasagem e a necessidade por aprimoramento constante.

Conclui-se que as inovações, além de possíveis melhoramentos na logística, agilidade e custos, também traz melhoras em relação à segurança. Essa segurança é importante para que os navios possam se locomover dentro das docas sem causar acidentes e danos a pessoas ou equipamentos. Todo o trabalho de engenharia é feito para o funcionamento correto do porto com mais praticidade. Quanto mais tecnologia há, mais segurança se obtêm dentro dos portos. O Brasil, em contrapartida, está ultrapassado em muitos setores em relação aos grandes portos competitivos no âmbito mundial. O caminho para o alinhamento e desenvolvimento é complexo e envolve questões macroeconômicas e políticas.

8.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- **Estudo sobre as demandas nos principais portos brasileiros:**
Existe a necessidade de serem desenvolvidos estudos aprofundados sobre as demandas de cada um dos grandes portos brasileiros, podendo assim comparar alternativas de implementação de novas tecnologias.

- **Propor alternativas tecnológicas:** estudar alternativas modernas que foram utilizadas em outros países e propor o seu uso e aplicação em portos brasileiros.
- **Estudos de caso:** Analisar sistemas e técnicas modernas que já foram implementadas em alguns portos brasileiros e comparar quais são os reais benefícios que trouxeram.

REFERÊNCIAS

Aguiar, K. et al (Org.), 2002. Zona costeira e marinha. In: BIODIVERSIDADE BRASILEIRA: Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002. p. 267 -340.

Alfredini, P; Arasaki, E. Obras e Gestão de Portos e Costas: A Técnica Aliada ao Enfoque Logístico e Ambiental. 2. ed. Editora Blucher, 2009

Alfredini, P; Arasaki, E. Engenharia Portuária. 1. ed. Editora Blucher, 2014

ALBUQUERQUE, P. J. R. Análise do comportamento de estaca pré-moldada de pequeno diâmetro, instrumentada, em solo residual de diabásio da região de campinas. 1996. 225f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

BALLOU, R. H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial. 5.ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2006.

CORREIA, G. M. A visão futura do armazém. Qualilog consultoria, 2005.

DIAS, Paulo Roberto Vilela. Engenharia de Custos: Estimativa de Custo de Obras e Serviços de Engenharia. 1º Edição. Rio de Janeiro, 2004

FLEMING, K.; WELTMAN, A.; RANDOLPH, M.; & ELSON. Pillinig Engineering. Taylor & Francis. 3rd ed. New York, 2009.

GOURC, J. P. Quelques aspects du comportement des géotextiles en mécanique des sois. Tese de Doutorado. Université Joseph Fourier, Grenoble, França, 1982.

Gov. PNLP, Plano Nacional de Logística Portuária 2019. Disponível em:
<<https://antigo.infraestrutura.gov.br/images/2020/03/2.14.pdf>>
Acesso em 24/07/2021.

JUNIOR, José Rufino de Araújo. Processo de terceirização logística: uma proposta de aperfeiçoamento na entrega de carga fracionada da Marajo Transportes no Estado da Paraíba. Monografia. UFPB, João Pessoa, PB, 2010.

MACHADO, E. L. A infraestrutura no Brasil: o setor de transportes. Faculdade de Economia. São Paulo, p. 13, 1999.

MELO, N. B. Análise de provas de carga à compressão à luz do conceito de rigidez. 2009. 3f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

MOREIRA, F. M. R. Estudo de Localização de Facilidades Logísticas. Tese (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Instituto Militar de Engenharia – IME, Rio de Janeiro, 1999.

MOTTA, R. C. M. et al. Gestão da Logística Integrada: ECR – Efficient Consumer Response como Diferencial Competitivo. Disponível em:<
http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2008/anais/arquivosEPG/EPG01093_01_A.pdf
> Acesso em 18/02/2021.

Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2010. Gerência de Biodiversidade Aquática e Recursos Pesqueiros. Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil. Brasília: MMA/SBF/GBA, 2010. 148 p,

Ortiz, R. N.; Junior, O. S.; Ladchumananandasivam, R. Tubos de geotêxtil aplicados a obras de defesa costeira. II Congresso sobre Planejamento e Gestão de Zonas Costeiras dos Países de expressão Portuguesa. 2003.

PALMEIRA, E. M.; FANNIN, R. J. Abertura de filtração de geotêxteis não tecidos sob confinamento. XI CONG. BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA. Brasília. Anais... 1998, p. 657-659.

Prado, H. F. J.; Mattos, P. H.; Silva, K. G.; Secchi, E. R. (2016) Long-Term Seasonal and Interannual Patterns of Marine Mammal Strandings in Subtropical Western South Atlantic. PLoS ONE 11(1): e0146339. <http://doi:10.1371/journal.pone.0146339>

Perez, M. S. 2016. Conteúdo gastrointestinal de petréis (Aves: Procellariiformes) no Litoral do Rio Grande do Sul, Brasil: análise dos itens alimentares e resíduos poliméricos. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado.

Piola, A. R., Matano, R. P., 2001. Brazil and Falklands (Malvinas) Currents. In: OCEAN CURRENTS: A derivative of Enciclopedia of ocean sciences. 2nd edition, ed. Thorpe, S. A., 2009)

PORTO, M. M.; TEIXEIRA, S. G. Portos e meio ambiente. São Paulo: Aduaneiras, 2002.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. Metodologia de pesquisa. 5 ed. Porto Alegre: Penso, 2013

Silveira, I. C. A., Schimidt, A. C. K., Campos, E. J. D., Godoi, S.S. & Ikeda, Y., 2000(a). A Corrente do Brasil ao Largo da costa leste brasileira. R. Bras. Oceanogr., vol. 48, no. 2, pp. 171 – 183

Truccolo, E. C.; Matschinske, E. G.; Diel, F. L. As Correntes Marinhas do Brasil. In: Serafim, C. F. S. (Coord.); Chaves, P. de T. (Org.). Geografia: ensino fundamental e ensino médio: o mar no espaço geográfico brasileiro. Brasília: Ministério da Educação, 2006.

TISAKA, Maçahiko. Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução. São Paulo: Editora Pini, 2006.

Tullio, F. B. M. Enfoques e Possibilidades para a Engenharia Geotécnica. Editora Atena. 2019.

Vidal, D. Aplicações especiais e controle de erosão. Anais do IV Simpósio Brasileiro de Geossintéticos. Porto Alegre, IGS, maio, pp.131-148. 2003.

WEF, Fórum Económico Mundial. Relatório de competitividade global 2019. Global Competitiveness Report (em inglês). Disponível em:
<http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf >
Acesso em 24/07/2021.