

**ANDRÉ GONÇALVES FARIA
LEONARDO BERTOLINE
PEDRO THIAGO FRANCO PAIVA
RODRIGO YUITI HIRAI**

**PORTOS OFFSHORE COM TRANSPORTE DE CARGA VIA
MONOTRILHO: ESTUDO DE CASO PARA O PORTO DE SANTOS**

Trabalho de Formatura do Curso de
Engenharia Civil apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo

São Paulo
2017

**ANDRÉ GONÇALVES FARIA
LEONARDO BERTOLINE
PEDRO THIAGO FRANCO PAIVA
RODRIGO YUITI HIRAI**

**PORTOS OFFSHORE COM TRANSPORTE DE CARGA VIA
MONOTRILHO: ESTUDO DE CASO PARA O PORTO DE SANTOS**

Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo para o Programa de Graduação em
Engenharia Civil, para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Engenharia
Hidráulica

Orientador: Prof. MSc. Diego Lourenço
Cartacho

Co-orientador: Prof. Titular da Escola
Politécnica da USP Dr. Paolo Alfredini

São Paulo

2017

**ANDRÉ GONÇALVES FARIA
LEONARDO BERTOLINE
PEDRO THIAGO FRANCO PAIVA
RODRIGO YUITI HIRAI**

**PONTOS OFFSHORE COM TRANSPORTE DE CARGA VIA
MONOTRILHO: ESTUDO DE CASO PARA O PORTO DE SANTOS**

Comissão julgadora

Prof. Mestre Diego Lourenço Cartacho

Prof. Doutor Paolo Alfredini

Profa. Doutora Rosângela dos Santos Motta

São Paulo
2017

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação-na-publicação

Bertoline, Leonardo

Portos offshore com transporte de carga via monotrilho: estudo de caso para o Porto de Santos / L. Bertoline, A. G. Faria, P. T. F. Paiva, R. Y. Hirai -- São Paulo, 2017.

126 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Hidráulica e Ambiental.

1. Portos {Santos(SP)} 2. Transporte de carga 3. Monotrilhos 4. Logística
5. Estudo de caso I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.
Departamento de Engenharia de Hidráulica e Ambiental II.t. III. Faria, André
Gonçalves IV. Paiva, Pedro Thiago Franco V. Hirai, Rodrigo Yuiti

AGRADECIMENTOS

Aos nossos familiares, pelo constante apoio em todos os momentos e pelo auxílio na nossa formação.

Ao Professor Mestre Diego Lourenço Cartacho, pela oportunidade da realização desta pesquisa e por nos conduzir tão bem ao longo de toda esta etapa. Também, por nos proporcionar a oportunidade de apresentar esta pesquisa na *The Ocean Conference (United Nations – Nova Iorque – junho de 2017)* e no *XIII SILUSBA – Simpósio Luso-brasileiro (Porto – Portugal – setembro de 2017)*.

Ao Professor Doutor Paolo Alfredini, por nos ajudar sempre com seu conhecimento na área da Engenharia Portuária.

Ao Professor Doutor José Roberto Castilho Piqueira por nos prestigiar participando da Banca Julgadora na primeira etapa do trabalho, mesmo com tantas atribuições frente à Diretoria da Escola.

À Professora Doutora Rosângela dos Santos Motta por nos prestigiar participando da Banca Julgadora com seu conhecimento sobre transporte ferroviário.

À *EagleRail Container Logistics* por nos apresentar esta importante tecnologia que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

À Escola Politécnica da Universidade de São Paulo por nos disponibilizar toda a infraestrutura necessária para a realização desta pesquisa e de toda nossa formação.

RESUMO

A presente pesquisa aliou conceitos já desenvolvidos em portos estuarinos da Europa a conceitos inovadores de desenvolvimento portuário para buscar uma solução que fosse ao mesmo tempo sustentável e economicamente viável para a expansão do Porto de Santos. Foram explorados alguns conceitos como o de porto concentrador de carga (*hub port*), Porto do Futuro e Porto Flexível e, por meio deles, foi desenvolvida uma sistemática de abordagem dos atuais problemas do Porto e possíveis formas de solucioná-los. Tomou-se como possível solução o desenvolvimento do porto em águas profundas, com um arranjo portuário *offshore* que possibilitaria a flexibilização de uma expansão futura. Porém, para uma expansão não enraizada na costa, foi necessário também desenvolver e trabalhar uma solução para o transporte de cargas do porto à área de estocagem de contêineres nas estruturas já consolidadas internamente ao estuário. Assim, esta pesquisa se inicia com a identificação dos atuais problemas do Porto de Santos, passando por uma revisão bibliográfica e se desenvolvendo no método de abordagem do problema, proposição e análise da solução de expansão conjuntamente com a abordagem de transporte sustentável de cargas de *offshore* para *onshore*. A pesquisa se encerra, então, com a análise dos resultados.

Palavras-chave: Porto de Santos. Portos Flexíveis. Porto do Futuro. Porto Sustentável. Estuário de Santos. Porto Concentrador. Portos. Portos Marítimos. Monotrilhos. Logística. Transporte de carga. Estudo de caso.

ABSTRACT

This work aimed at joining existing developed concepts from European estuarine ports and innovative concepts of port development to search for a solution that could be at the same time sustainable and cost-effective for the expansion of the Port of Santos. Concepts as the hub port concept, Port of the Future and Flexible Ports were developed, and, through them, it was created a systematic to approach the current issues of the Port and some possible ways to solve them. It was considered as a possible solution the development towards the open sea, with an offshore layout that would allow the flexibilization of a future expansion. However, to achieve an offshore expansion, it was also necessary to develop and work on a solution for cargo transportation from the Port to the storage area in the facilities on the estuary. Thus, this work begins with the analysis of the current issues of the Port of Santos, going through literature review and developing itself on the problem approach methodology, proposing and analyzing the expansion solution along with the proposition and analysis of the sustainable cargo transportation from offshore to onshore. This work ends, therefore, with the results analysis.

Keywords: Port of Santos. Flexible Ports. Port of the Future. Sustainable Port. Estuary of Santos. Hub port. Ports. Seaports. Monorails. Logistics. Cargo transport. Case study.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Evolução das embarcações de contêiner	21
Figura 2 - Movimentação de carga no ano de 1960 no Porto de Roterdã	24
Figura 3 - Evolução do tamanho das embarcações de contêineres	24
Figura 4 – Pátio de estocagem do terminal <i>Maasvlakte 2</i> , Porto de Roterdã.....	25
Figura 5 - Canal do Porto de Santos visto na carta náutica	30
Figura 6 - Características do canal do Porto de Santos	32
Figura 7 - Terminal de contêiner	32
Figura 8 - Características do atual Porto de Santos.....	33
Figura 9 - Comparativo entre portos brasileiros	34
Figura 10 – Imagem aérea da margem esquerda, Guarujá, região do late Clube	38
Figura 11 - <i>Port planning process</i>	40
Figura 12 - Diagrama que relaciona organizações marítimas internacionais, ONGs e bancos que deram início a iniciativas de sustentabilidade	52
Figura 13 - Localização dos campos eólicos já planejados e realizados	54
Figura 14 - Vista do campo eólico localizado na rodovia N15, <i>Maasvlakte 2</i>	55
Figura 15 - Vista aérea do <i>Maasvlakte</i>	55
Figura 16 - Serviços ecossistêmicos comuns aos ecossistemas costeiros	63
Figura 17 - Mapa da região a ser implantada a obra.....	79
Figura 18 - Layout 1: representação do quebra-mar na Carta Náutica	81
Figura 19 - Layout 1: representação 3D do quebra-mar	81
Figura 20 - Layout 2: representação do quebra-mar na Carta Náutica	83
Figura 21 - Layout 2: representação 3D do quebra-mar	83
Figura 22 - Layout 3: representação do quebra-mar na Carta Náutica	85
Figura 23 - Layout 3: representação 3D do quebra-mar	85
Figura 24 - Modelagem 3D da solução final do porto <i>offshore</i>	86

Figura 25 - Diagrama de Wiegel 45° utilizado para o dimensionamento do abrigo ...	86
Figura 26 - Sobreposição do diagrama de Wiegel na carta náutica	88
Figura 27 - Rosa de altura de ondas do Porto de Santos	89
Figura 28 - Rosa de período de ondas do Porto de Santos	89
Figura 29 - Modelagem da solução final do porto <i>offshore</i> - Detalhe do berço	90
Figura 30 - Modelagem da solução final do porto <i>offshore</i> - Detalhe do monotrilho	101
Figura 31 - Modelagem da solução final do porto <i>offshore</i> - Detalhe da movimentação de carga	102
Figura 32 - Alternativas de traçados avaliadas.....	103
Figura 33 - Vista 3D do traçado 3.....	104
Figura 34 - Foto aérea feita por meio de drone	104
Figura 35 - Resumo dos perfis dos traçados.....	107
Figura 36 - Interferência do traçado com o late Clube de Guarujá.....	110
Figura 37 - Interferência do traçado com o estádio de futebol	111
Figura 38 - Área a ser desmatada na implantação do traçado 1 (área correspondente aos polígonos desenhados em amarelo)	114
Figura 39 - Área a ser desmatada na implantação do traçado 2.....	114
Figura 40 - Área a ser desmatada na implantação do traçado 3.....	114
Figura 41 - Área a ser desmatada na implantação do traçado 4.....	115
Figura 42 - Área a ser desmatada na implantação do traçado 5.....	115
Figura 43 - Área a ser desmatada na implantação do traçado 6.....	115
Figura 44 - Área a ser desmatada na implantação do traçado 7.....	115
Figura 45 - late Clube de Santos.....	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Evolução da movimentação de carga nos portos ao longo dos séculos ...	22
Tabela 2: Fases importantes do sistema portuário brasileiro	28
Tabela 3: Movimentação brasileira de contêineres – 2007-2011	35
Tabela 4 - Medidas para redução dos efeitos da operação portuária	71
Tabela 5 - Características gerais das embarcações usadas no dimensionamento das áreas náuticas	90
Tabela 6 - Cálculo do efeito de onda.....	92
Tabela 7 - Fatores para o dimensionamento da profundidade do canal de acesso ..	94
Tabela 8 – Fatores para dimensionamento da largura do canal externo	94
Tabela 9 - Fatores para dimensionamento da largura do canal interno	95
Tabela 10 - Cálculo da profundidade requerida na bacia de evolução.....	96
Tabela 11 - Cálculo da profundidade requerida na bacia de espera	96
Tabela 12 - Cálculo da profundidade requerida no berço de acostagem	97
Tabela 13 - Resumo das dimensões dos canais e das bacias.....	98
Tabela 14 - Tabela resumo dos comprimentos dos traçados.....	108
Tabela 15 - Área a ser desmatada em cada opção de traçado.....	115
Tabela 16 - Descrição dos pesos adotados na matriz de decisão	118
Tabela 17 - Matriz de decisão	118
Tabela 18 - Resumo das notas de cada traçado.....	119

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	:	Assumption-Based Planning
ANTAQ	:	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
APM	:	Adaptive Policy Making
APP	:	Adaptive Port Planning
CDS	:	Companhia Docas de Santos
CEDA	:	Central Dredging Association
CEO	:	Chief Executive Officer
CODESP	:	Companhia Docas do Estado de São Paulo
CONAMA	:	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DHN	:	Diretoria de Hidrografia e Navegação
E.g.	:	Exempli gratia
EBM	:	Ecosystem-based management
ESPO	:	European Sea Ports Organisation
IBAMA	:	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ISO	:	International Organization for Standardization
LI	:	Licença de Instalação
LO	:	Licença de Operação
LP	:	Licença Prévia
MARPOL	:	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships
NY	:	New York
OCDE	:	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
OECD	:	Organization for Economic Co-operation and Development
OMI	:	Organização Marítima Internacional
ONG	:	Organização não governamental

ONU	:	Organização das Nações Unidas
OSPAR	:	Convenção para a Proteção do Meio Marinho do Atlântico Nordeste
PAH	:	Polycyclic aromatic hydrocarbon
PCB	:	Polychlorinated biphenyl
PIANC	:	World Association for Waterborne Transport Infrastructure
PIB	:	Produto Interno Bruto
POP	:	Persistent organic pollutant
Pp	:	Perpendiculares
ROM	:	Recomendaciones para Obras Marítimas
S.A.	:	Sociedade Anônima
SCBA	:	Social Cost Benefit Analysis
TBT	:	Tributyltin
TEU	:	Twenty-foot Equivalent Unit
TU Delft	:	Technische Universiteit Delft
UNCTAD	:	United Nations Conference on Trade and Development
UNEP	:	United Nations Environment Programme
WWF	:	World Wide Fund for Nature

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
2.	JUSTIFICATIVA.....	17
3.	OBJETIVO.....	19
4.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
4.1.	HISTÓRIA DA NAVEGAÇÃO.....	20
4.1.1.	EVOLUÇÃO DAS ATIVIDADES DE NAVEGAÇÃO.....	20
4.1.2.	EVOLUÇÃO DOS PORTOS NO BRASIL	25
4.1.3.	O PORTO DE SANTOS.....	28
4.2.	PROBLEMAS ATUAIS	36
4.3.	PORTOS FLEXÍVEIS.....	39
4.3.1.	CONCEITO DE PORTOS FLEXÍVEIS.....	39
4.3.2.	O PAPEL DOS PORTOS FLEXÍVEIS NO CENÁRIO ATUAL.....	42
4.3.3.	RISCOS ASSOCIADOS.....	42
4.3.4.	ASPECTOS AMBIENTAIS	43
4.3.5.	CONCEITO TRADICIONAL DE PLANEJAMENTO PORTUÁRIO	44
4.3.6.	FLEXIBILIDADE PRESENTE NOS PLANOS DIRETORES	44
4.3.7.	UM MODELO ESTRUTURAL PARA GERENCIAR INCERTEZAS	45
4.3.8.	A FLEXIBILIDADE NA INFRAESTRUTURA PORTUÁRIA	46
4.3.9.	ASPECTOS ESSENCIAIS RELACIONADOS À FLEXIBILIDADE	48
4.3.10.	ANÁLISE DOS RISCOS	49
4.3.11.	IMPLEMENTING ADAPTATIVE PORT PLANNING.....	50
4.4.	PORTO DO FUTURO	51
4.4.1.	INTRODUÇÃO	51
4.4.2.	INFLUÊNCIA E PRESSÃO DO DESENVOLVIMENTO PORTUÁRIO SOBRE O ECOSISTEMA COSTEIRO E ESTUARINO	56

4.4.3. INFLUÊNCIA DO MEIO FÍSICO SOBRE OS PORTOS	57
4.4.4. MODELOS DE GESTÃO E GOVERNANÇA	59
4.4.5. FUNDAMENTAÇÃO SOCIOECONÔMICA DO DESENVOLVIMENTO PORTUÁRIO	62
4.4.6. MANUTENÇÃO DE BIODIVERSIDADE	66
4.4.7. APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO NO PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DO PORTO 'SEM-IMPACTO'	72
4.4.8. CONCLUSÕES	74
4.5. PORTO CONCENTRADOR DE CARGA E CABOTAGEM	76
5. DESENVOLVIMENTO	78
5.1. ANÁLISE DA SOLUÇÃO <i>OFFSHORE</i>	78
5.1.1. INTRODUÇÃO	78
5.1.2. MÉTODO	79
5.1.2.1. Definição do Layout	80
5.1.2.2. Abrigo de Ondas	86
5.1.2.3. Dimensionamento das Áreas Náuticas	90
5.2. ANÁLISE DO TRANSPORTE	98
5.2.1. INTRODUÇÃO	98
5.2.2. SISTEMA DE TRANSPORTE DE CARGAS VIA MONOTRILHO: O <i>EAGLERAIL</i>	99
5.2.3. MÉTODO	102
5.2.3.1. Traçados	102
5.2.3.2. Matriz de Decisão	105
6. CONCLUSÃO	120
7. REFERÊNCIAS	123

1. INTRODUÇÃO

O papel da infraestrutura nos países em desenvolvimento vai além de investimentos em energia, telecomunicações e transporte, ela representa uma maneira de integração territorial, de estímulo à economia e criação de empregos. Especificamente, os portos representam elementos importantes na cadeia logística dos países por serem elos fundamentais de diferentes modais de transporte, além de influenciarem significativamente no comportamento da Sociedade e Meio Ambiente. Apesar do crescente comércio global marítimo, a ideia que portos são somente locais onde os navios são carregados e descarregados está, gradativamente, sendo ampliada por um conceito maior, o qual exige uma abordagem mais sistematizada e transparente, denominada: Portos Sustentáveis. O setor portuário, por sua natureza multidisciplinar e pela sua importância na infraestrutura e economia dos países, apresenta características desafiadoras a serem pesquisadas, de forma integrada.

No contexto brasileiro, o desenvolvimento da infraestrutura, historicamente, apresentou lacunas relevantes, sobretudo por indefinições, incertezas políticas e falta de planejamento em longo-prazo. Os investimentos em infraestrutura são regidos pela pressão econômica, causadas pela depreciação da capacidade instalada das mesmas, à medida que o país necessita de investimentos, esses são feitos com restrita abordagem geral. Portanto, crescimento econômico e desenvolvimento sustentável representam um dos maiores desafios a serem aplicados conjuntamente nas próximas décadas, sobretudo nas áreas portuárias que apresentam relevantes interações entre Homem e Meio Ambiente. Apesar de esses dois movimentos parecerem antagônicos e divergentes, propõe-se nesta pesquisa que desenvolvimento sustentável represente um caminho importante para alcançar o crescimento econômico e, sobretudo, fator chave para as atividades comerciais e operacionais. Consequentemente, a visão integrada do tripé sustentável: Economia, Sociedade e Meio Ambiente, deve ser aplicado como prática recorrente na Engenharia, gerando oportunidades outrora não descobertas, e não apenas atendendo requisitos legais para obtenção de licenças.

As atividades associadas ao desenvolvimento dos portos, como necessidade de terras, dragagens e implantação de novas infraestruturas, podem ocasionar impactos negativos nos ecossistemas locais e regionais, sobretudo para os portos estuarinos, que, ao longo dos anos, foram instalados em áreas naturalmente

abrigadas. Diante deste contexto, tradicionalmente, as licenças ambientais focam em medidas de implantação, mitigação e compensação, que permitem ações seguras para o desenvolvimento dos projetos, as quais, na prática, representam processos demorados e onerosos. Entretanto, iniciativas recentes, como os conceitos de construir com a Natureza (*Building with Nature*), Portos Flexíveis (*Flexible Ports*) e Portos Sustentáveis (*Sustainable Ports*), visam quebrar esse paradigma com uma mudança de comportamento, afastando-se da atual postura defensiva e, adotando-se ações proativas de geração de valor, por meio da integração dos elementos sociais, econômicos e ecológicos.

2. JUSTIFICATIVA

No dia 2 de fevereiro de 2017, o Porto de Santos completou 125 anos como porto organizado. Durante este período, por meio de mais de 16 quilômetros de cais, tornou-se o principal ponto de entrada e saída de mercadorias do Brasil, e quarto maior porto da América em movimentação de contêineres. Entretanto, a capacidade de crescimento do porto apresenta limitações, como terras ao redor para expansões de terminais, profundidade e largura natural do canal de acesso, os quais necessitam constantes dragagens, incapacidade de receber novas gerações de navios, além de aspectos ambientais, como elevação do nível do mar, destruição dos manguezais e ressacas frequentes (mudanças climáticas). Portanto, a expansão do maior porto da América Latina deve ocorrer por meio de um planejamento em longo-prazo, fundamentada nos modernos conceitos de Portos Sustentáveis, os quais priorizam a análise sistematizada e integrada entre os elementos Sociedade, Meio-ambiente e Economia. Sugere-se uma quebra do atual modelo de desenvolvimento, em direção ao interior do Estuário de Santos, para um crescimento em direção ao mar (águas profundas), aos moldes dos principais portos do mundo (Roterdã, *Le Havre*, Shangai, Singapura e Los Angeles).

Diante deste contexto, esta pesquisa apresenta um novo modelo de desenvolvimento para o Porto de Santos, seguindo os recentes conceitos de Portos Sustentáveis, por meio de: (1) integração de novas tecnologias de transporte de carga, (2) novo posicionamento de berços de atracação em águas profundas, (3) minimização de impactos ambientais em ambientes costeiros, (4) diminuição da necessidade de dragagens e, (5) maior capacidade tecnológica de recebimento de navios de grande porte com calados da ordem de 15 metros.

Inspirado nos resultados acadêmicos do consórcio holandês formado, entre outras, pelas instituições *Port of Rotterdam*, WWF, Deltares, TU Delft, Imares e Boskalis, o qual desenvolveu a abordagem de Porto do Futuro (*Port of the future*), esta pesquisa fundamenta-se no desenvolvimento das infraestruturas portuárias em águas profundas, criando espaço para o reestabelecimento ambiental e social dentro do estuário.

Adiciona-se ao conceito original de Porto do Futuro o elemento de conexão entre as áreas secas (*onshore*) com as instalações em águas profundas (*offshore*). Neste ponto, agrega-se a tecnologia da *EagleRail*, de forma a propiciar que as pontes

convencionais de concreto sejam substituídas por monotrilhos multiuso, com energia limpa e menor impacto na dinâmica costeira. Portanto, propõe-se a quebra de paradigma da substituição do modal rodoviário de transporte de contêineres por uma solução inovadora de movimentação de cargas via monotrilhos.

3. OBJETIVO

Atualmente, o Porto de Santos está confinado em uma estreita área estuarina limitada pelos Municípios de Santos e Guarujá. O porto também apresenta um elevado volume de dragagem, 7 milhões de m³/ano (ALFREDINI, ARASAKI, MOREIRA, 2013), para manter a profundidade do canal na cota - 15 metros (DHN). De acordo com algumas previsões, dever-se-á aprofundar o canal de forma a se obter uma profundidade de aproximadamente 17 metros para que se possa receber navios de maior porte, tal como o *Post Panamax Plus*. Contudo, a manutenção de tal profundidade demonstra-se extremamente custosa. Portanto, com o intuito de contornar os problemas atuais mencionados, a solução do porto *offshore* surge como alternativa de Engenharia.

Considerando-se o conceito de centros logísticos às estruturas portuárias, verifica-se a necessidade constante de adaptar os sistemas e as redes de transportes terrestre e marítimo de modo que a circulação de cargas e de pessoas seja otimizada. Diante dessa situação, esta pesquisa propõe desenvolver uma solução inovadora baseada na implantação de um sistema de movimentação de carga via monotrilhos, o *EagleRail*, que permitirá a configuração de uma malha de estrutura de transferência de contêineres do porto *offshore* para os pontos terminais de outros modais.

Portanto, esta pesquisa tem como finalidade o estudo da implantação de um porto *offshore* em Santos com base nos modelos de Porto Flexível e Porto do Futuro, utilizando-se, para a movimentação de cargas, um sistema de transporte aéreo via monotrilhos, o *EagleRail*. Trata-se da primeira abordagem acadêmica, onde analisa-se aspectos econômicos, técnicos e ambientais da execução destas propostas. Adicionalmente, busca-se inserir esta pesquisa em um projeto maior, relacionado à concepção do Porto de Santos como um porto concentrador de carga (“*hub port*”), visto se tratar de um porto responsável pelo transporte de um terço dos produtos movimentados no país e que conta com uma hinterlândia que representa atualmente metade do produto interno bruto (PIB) brasileiro.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. HISTÓRIA DA NAVEGAÇÃO

4.1.1. Evolução das atividades de navegação

A navegação teve início a partir de técnicas primitivas criadas por navegantes Fenícios em meados de 5000 a.C., movidos pela necessidade da exploração e da travessia de locais que eram inconcebíveis por rotas terrestres. O comércio explorado por povos egípcios tinha como principal atividade a agricultura, que dependia da fertilização das terras nas cheias anuais do rio Nilo. A ambição comercial desses povos impulsionou o surgimento das primeiras aventuras em alto mar, que obtiveram êxito em pequenos navios nas viagens próximas à costa africana. A hegemonia marítima dos Fenícios se manteve por milhares de anos, porém, a partir do século V, outros povos passaram a dominar a arte da navegação.

Remontando-se o cenário econômico que predominava na Europa no início do século XV, verifica-se a ascensão da política mercantilista como mecanismo de desenvolvimento das nações vigentes. Essa atividade foi precursora do acelerado crescimento e da consolidação do capitalismo promovida fundamentalmente pela Revolução Comercial. O mercantilismo é um conjunto de práticas que procuravam fortalecer o Estado através da promoção do comércio, seguindo-se sempre a doutrina da balança comercial favorável. Essas práticas permitiram o início do expansionismo marítimo e a formação de novas potências mercantis.

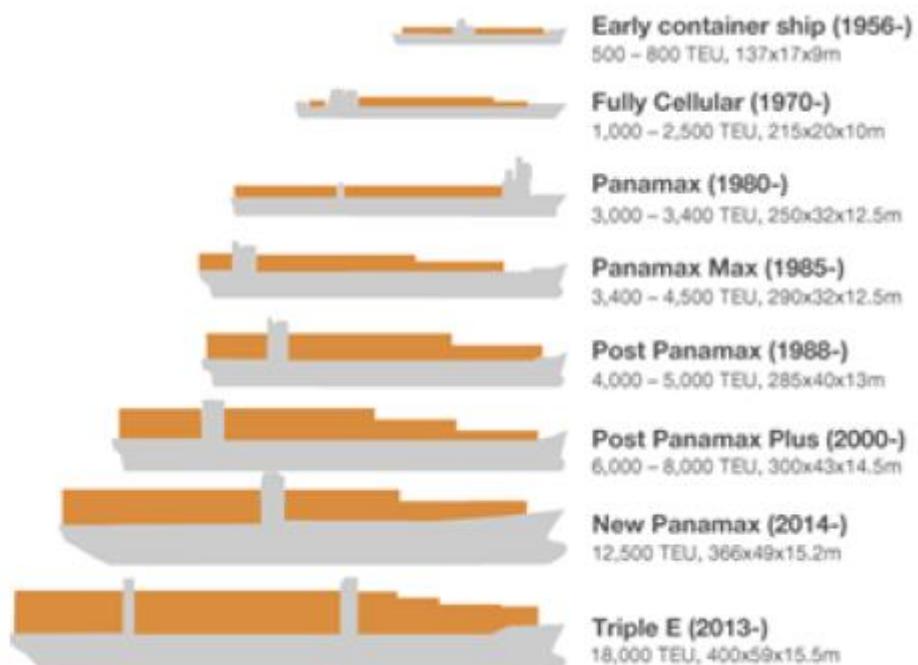
O advento dessas práticas mercantilistas foi responsável pelo surgimento do conceito da globalização. A partir das grandes navegações, estabeleceram-se rotas marítimas por diversas regiões e transformou-se uma terra dividida em um sistema único e interligado. A compreensão da geografia do mundo que surgiu a partir dessas navegações permitiu o desenvolvimento do comércio global, construiu impérios, definiu as alianças de poder e iniciou a jornada rumo ao desenvolvimento cultural, político e econômico que se observa nos dias atuais (R. S. LOVE, 2006).

O constante desenvolvimento tecnológico, promovido ao longo dos anos partindo da era das Revoluções Industriais do século XVIII, possibilitou o desenvolvimento dos meios de transportes terrestres e marítimos. Além da substituição de embarcações movidas por velas pelos navios movidos a vapor, estabeleceram-se novas rotas marítimas a partir de avanços da cartografia náutica. O

aumento do tamanho e o uso de um mecanismo de propulsão mais eficiente das embarcações permitiu uma melhora na capacidade de transporte e na velocidade da transferência de carga e produtos entre os países.

Entre os séculos XVIII e XIX, mantendo-se o ritmo acelerado da revolução industrial, a introdução de modelos de produção em massa demandou uma maior exigência de derivados de petróleo e de matérias-primas para a indústria. Com a substituição da matriz energética do carvão para o petróleo, as consequências imediatas associadas aos transportes marítimos foram a redução da energia gasta pelas embarcações em longos percursos, o aumento da capacidade, com maior tonelagem expedida, e performance dos navios (MACHADO, 2012). Realizando-se uma breve comparação em relação à capacidade das embarcações ao longo dos anos, o maior navio do ano 1871 poderia transportar 3.800 toneladas. Em 1914 esse valor passou para 47.000 toneladas e nos dias atuais a capacidade máxima ultrapassa o valor de 500.000 toneladas. Esse crescimento significativo do tamanho das embarcações (Figura 1) levou à necessidade de grandes investimentos na infraestrutura portuária para acomoda-los, assim como novas demandas tecnológicas para aumentar eficiência.

Figura 1 - Evolução das embarcações de contêiner



Fonte: (ASHAR, RODRIGUE, 2012).

Segundo Bernardino (2015) “O mercado cada vez mais competitivo impõe uma pressão para que tanto os novos portos, como também aqueles existentes, operem com embarcações cada vez maiores, bem como com condições de tráfego mais intensas, o que representa, em última instância, uma redução de custos agregados ao produto final transportado.”

Assim como as embarcações, as infraestruturas portuárias que estão intrinsecamente associadas ao desenvolvimento das atividades marítimas sofreram graduais transformações e adaptações de modo a atender os diferentes fluxos e movimentações de cargas que seguem a demanda de cada país. Historicamente, os portos estavam no centro de desenvolvimento de diversas cidades, transformando-as, eventualmente, em importantes áreas metropolitanas (VEENBOER, 2014). A existência de portos possibilitou a integração do comércio internacional superando distâncias muito maiores do que era realizado pelo transporte terrestre tradicional, sendo importantes equipamentos da estrutura de circulação dos territórios e constituindo elementos imprescindíveis para o sistema de transporte de um país (MORAES, 2008).

Muitos pesquisadores realizaram trabalhos que discutem a relação entre portos e cidades sob diferentes perspectivas, que são confrontadas e embasadas em estudos de caso.

“O porto e a cidade formaram um sistema baseado na imbricação e na complementaridade de suas diferentes funções para constituir lugares de intercâmbio, de valorização e de produção abertas ao comércio.” (BOUBACHA, 1997). Nesse sentido, verifica-se que portos e cidades, observando-se a tendência mundial, mantiveram uma relação auto reforçada, ou seja, o crescimento da atividade portuária leva ao crescimento urbano e vice-versa.

Tabela 1: Evolução da movimentação de carga nos portos ao longo dos séculos

Período	Carga (em milhões de toneladas)
Início do século XX	1 a 10
Meio do século XX	10 a 20
Final do século XX	100 a 500

Fonte: (PORTO, 2007)

Em um período marcado até a Segunda Guerra Mundial, os principais portos estavam inseridos em cidades importantes economicamente. A evolução na indústria do transporte marítimo sofreu algumas mudanças profundas nas décadas posteriores à Guerra. Essas alterações determinaram o surgimento de diferentes relações entre o porto e a cidade. A partir de novos modelos econômicos estabelecidos pela globalização, os portos assumiram diferentes concepções devido à implantação de tecnologias advindas da industrialização, introdução do conceito de conteinerização, surgimento de sistemas de *supply chain*, aumento do tamanho das embarcações e amplificação das dimensões espaciais da hinterlândia (ROBINSON, 2002).

Dentre essas mudanças, a conteinerização teve um papel bastante significativo e revolucionário na indústria naval e pode ser visto como um dos mais importantes desenvolvimentos tecnológicos no setor marítimo. Teve um impacto notável no sistema logístico e afetou todo o sistema de transporte global. Antes da introdução do contêiner, o transporte de mercadorias era extremamente oneroso. No início da década de 1960, a dependência de métodos manuais de movimentação de carga e a dificuldade de execução da descarga das embarcações estava restringindo o crescimento do comércio mundial.

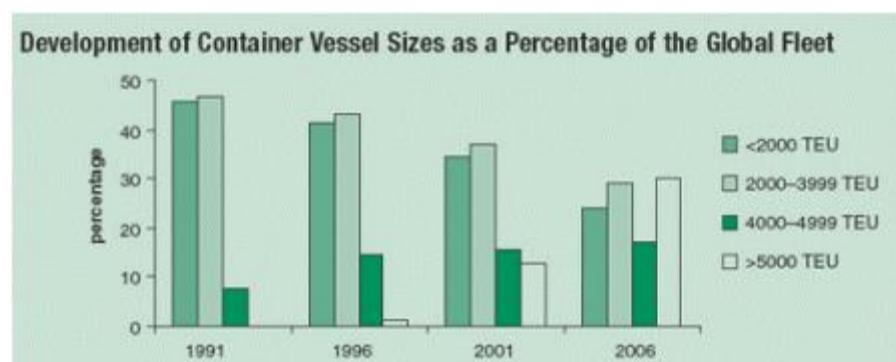
Figura 2 - Movimentação de carga no ano de 1960 no Porto de Roterdã¹



Fonte: (AUTORIDADE PORTUÁRIA DE ROTERDÃ, [s.d.]).

Diante desse cenário, surgiu-se a padronização e adaptação na movimentação de cargas, com o objetivo de aumentar a eficiência e a produtividade do transporte marítimo, que culminou com a “Revolução dos Contêineres”.

Figura 3 - Evolução do tamanho das embarcações de contêineres



Fonte: (THE INTERNATIONAL BANK FOR RECONSTRUCTION AND DEVELOPMENT / THE WORLD BANK, 2007)

¹ Em 1967, o diretor do Porto de Roterdã visitou Nova Iorque e fomentou a primeira linha de contêineres para o porto holandês. Adaptações foram necessárias para transformar o porto de carga geral para contêiner. Hoje o Porto de Roterdã é o maior da Europa neste segmento (AUTORIDADE PORTUÁRIA DE ROTERDÃ, [s.d.]).

Os contêineres são estruturas que otimizaram o sistema de transporte e manuseio de cargas, atuando também como elemento que impulsionou a intermodalidade, reduzindo significativamente os custos de transbordo e atrasos no tráfego de carga (MACHADO, 2012). De acordo com Taneja (2013), os contêineres são bem vistos pelas autoridades portuárias, devido ao seu alto potencial de crescimento. Portanto, diferentes instituições estão dispostas a investir no setor de contêineres para fomentar esse crescimento. A adaptação desse sistema otimizado de cargas na indústria marítima trouxe profundas mudanças na relação porto-cidade. De imediato, teve-se o aumento nas dimensões e na capacidade de transporte das embarcações. Esse crescimento dos navios gerou a necessidade da busca de novos locais disponíveis para acomodar terminais com profundidades suficientemente grandes para permitir a atracação dessas novas embarcações de contêineres. Assim, as áreas portuárias passaram a ser desenvolvidas longe de locais portuários convencionais para locais periféricos.

Figura 4 – Pátio de estocagem do terminal Maasvlakte 2, Porto de Roterdã



Fonte: (AUTORIDADE PORTUÁRIA DE ROTERDÃ, [s.d.]).

4.1.2. Evolução dos portos no Brasil

No período marcado pela Era das Grandes Navegações, Portugal, com o intuito de organizar um comércio com o entreposto encontrado por Vasco da Gama, enviou frotas de exploração comandadas por Pedro Alvares Cabral para as águas da enseada de Porto Seguro. Nessa época marcada pelo descobrimento das terras

brasileiras, as primeiras instalações portuárias rudimentares começavam a surgir e passaram a ser polos de movimentação de mercadorias entre a nação portuguesa e o Brasil (MOREIRA, 2009).

Muitos autores relatam que a história dos portos brasileiros teve a primeira grande inflexão no ano de 1808, com a vinda da Família Real Portuguesa para o Brasil e a decretação da Abertura dos Portos às Nações amigas, através da Carta Régia promulgada por D. João VI. Em 1810, criou-se os postos alfandegários, com o objetivo de taxar as mercadorias que eram movimentadas entre os portos estratégicos e monopólio da coroa. Nos anos seguintes, decretou-se a “Lei das Docas”, que previa a concessão à iniciativa privada a exploração dos portos organizados. Esse fato foi motivado pela necessidade de melhorar as instalações portuárias que tinham um crescimento significativo na movimentação de mercadorias (ARAÚJO, 2013).

No ano de 1888, abriu-se a concorrência para a privatização dos portos, sendo o Porto de Santos o primeiro a ter a administração nesta modalidade. A partir dessa concessão, os portos assumiram um papel relevante para a expansão econômica do país, passando a ser instituições imprescindíveis para o desenvolvimento nacional.

O processo de organização e concessões dos portos se manteve em ritmo de crescimento, mesmo com a mudança na estrutura de administração política do Brasil, que passou pelo período chamado de Estado Novo, em 1937, instituído por Getúlio Vargas. O foco das políticas de desenvolvimento da nação brasileira, durante o Plano de Metas lançado por Juscelino Kubitschek, promoveu maior crescimento de indústrias automobilísticas e de infraestruturas para o modal rodoviário em comparação com o modal marítimo.

Em 1975, o Governo brasileiro criou uma *holding* chamada de Empresa de Portos do Brasil S.A. – Portobrás, que representava o interesse em centralizar as atividades portuárias, consolidando-se, assim, um modelo monopolista estatal para o sistema portuário nacional. Na década de 1990, esse modelo entra em crise em decorrência do aprofundamento do paradigma neoliberal (MACHADO, 2012). Durante esse período, a estrutura portuária nacional passa por crises, principalmente com a dissolução da Portobrás, pela Lei nº 8029/90. O preenchimento dessa lacuna na organização administrativa dos portos, culminou com a aprovação da Lei 8630/93, Lei de Modernização dos Portos.

Com advento dessa Lei, o sistema portuário passou a ser, conforme descrito por Porto (2007), “constituído pelos portos organizados, como seus complexos de instalações portuárias e os terminais de uso privativo”. Assim, seguindo uma visão econômica liberal, evidencia-se a saída do Estado na participação direta no setor da infraestrutura portuária, estabelecendo-se novas práticas, como o arrendamento e crescimento da concorrência. Essa Lei viabilizou os grandes volumes de investimento no setor, a modernização dos equipamentos de movimentação de cargas, automação das operações, aumento da produtividade e a possibilidade da redução dos custos em todos os setores envolvidos no processo (ARAÚJO, 2013).

Em 2007, criou-se a Secretaria de Portos da presidência da República que demonstrou a intenção do Governo Federal em ter, efetivamente, uma visão desenvolvimentista para o setor portuário nacional. Entre as competências e atribuições da Secretaria está a formulação de políticas e diretrizes que configuram o setor dos portos, além de executar medidas e projetos de apoio ao desenvolvimento da infraestrutura portuária.

Com relação às metas definidas pela Secretaria, destaca-se o Programa Nacional de Dragagens, que possibilitou o aprofundamento de diversos portos brasileiros, com o objetivo de permitir o recebimento de navios de maior calado. Além do programa de dragagem, destaca-se também o Plano Nacional de Logística Portuária que prioriza investimentos públicos para viabilizar o conceito dos portos concentradores de cargas, que é uma tendência operacional para a cadeia logística dos portos mundiais. Somado a esses programas, tem-se uma consolidação de marcos regulatórios que promovem um estímulo na livre iniciativa e na atração de investimentos privados para o setor portuário (ARAÚJO, 2013).

Tabela 2: Fases importantes do sistema portuário brasileiro

FASES	DESTAQUES
1. A ABERTURA DOS PORTOS ÀS NAÇÕES AMIGAS	<ul style="list-style-type: none"> → SURGIMENTO DAS PRIMEIRAS CONCESSÕES PARA EXPLORAÇÃO DAS ATIVIDADES PORTUÁRIAS. → INSERÇÃO DO BRASIL NO MERCADO MUNDIAL E A EXTINÇÃO DO MONOPÓLIO DO COMÉRCIO DA COLÔNIA DE PORTUGAL. → PRIVATIZAÇÃO DOS PORTOS ORGANIZADOS (SANTOS) EM 1888.
2. O GOVERNO CONSTITUCIONAL E O ESTADO NOVO	<ul style="list-style-type: none"> → IMPLANTAÇÃO DE PARTE FUNDAMENTAL DA INFRAESTRUTURA DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA INDUSTRIALIZAÇÃO. → INSTALAÇÃO DO PROGRAMA ESTATIZANTE QUE ALTERA O PERFIL DA ATIVIDADE PORTUÁRIA PASSANDO O ESTADO A MANTER UM MAIOR CONTROLE SOBRE OS PORTOS. → CONCEITUAÇÃO DO TRABALHO PORTUÁRIO (CAPATAZIA, ESTIVA, ETC) E SUAS RESPECTIVAS TAXAS DE COBRANÇAS.
3. A LEI DE MODERNIZAÇÃO DOS PORTOS	<ul style="list-style-type: none"> → APRESENTA UMA VISÃO PRIVATIZANTE, SURGINDO AS FIGURAS DO ARRENDAMENTO E TERMINAIS PRIVATIVOS. → AS COMPANHIAS DOCAS PASSAM A SER ADMINISTRADORAS E AUTORIDADES PORTUÁRIAS. → SURGE A FIGURA DO OPERADOR PORTUÁRIO, DO ORGÃO GESTOR DE MÃO-DE-OBRA E DO COMANDO ÚNICO DA OPERAÇÃO PORTUÁRIA.
4. A SECRETARIA ESPECIAL DE PORTOS	<ul style="list-style-type: none"> → CONSOLIDA UM NOVO MODELO DE GESTÃO DO SETOR PORTUÁRIO COM A REVOGAÇÃO DE LEIS, DECRETOS E DISPOSITIVOS LEGAIS DIVERSOS. → NOVO STATUS AO SETOR, RETIRANDO-O DE UMA SITUAÇÃO DE "SEGUNDO PLANO" PARA UM FOCO MAIOR EM UMA VISÃO DESENVOLVIMENTISTA PARA O PAÍS → FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS E DIRETRIZES E A PARTICIPAÇÃO NO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DO SETOR, SENDO RESPONSÁVEL PELO PLANO DE OUTORGAS.

Fonte: (ARAÚJO, 2013).

4.1.3. O Porto de Santos

O porto de Santos teve a inauguração marcada oficialmente, no dia 2 de fevereiro de 1892, com a entrega do primeiro trecho de 260 metros de cais construído pela então Companhia Docas de Santos (CDS) na área do Valongo. Com a inauguração desse trecho de cais, teve-se o início das operações no porto organizado, que ocorreu quatro anos após a assinatura do contrato entre o governo do Império e

um grupo de concessionários para execução de obras de desenvolvimento do Porto de Santos.

Essa inauguração permitiu o advento de mudanças significativas para a cidade, com a substituição de estruturas rudimentares portuárias, como trapiches e pontes de madeira, por muralhas de pedra e pontes mais robustas. Iniciava-se assim, a construção de novos armazéns e conexões para uma via férrea para compor as obras do recém porto organizado, idealizado por Braz Cubas (CODESP, [s.d.]).

Com a expansão das áreas de cultivo de café, por todo o Planalto Paulista até alguns locais na Baixada Santista, foi necessário a ampliação e modernização das instalações portuárias pelas autoridades para aumentar o escoamento e a escala de exportação desse produto.

Desde o ano de 1892, o Porto de Santos continuou expandindo, percorrendo todos os ciclos de mudanças e oscilações econômicas do país, com as diversas variações nos tipos de cargas movimentadas, desde açúcar, café laranja, algodão, carvão, sucos cítricos, sojas, adubo, granéis líquidos diversos, veículos até o uso de contêineres.

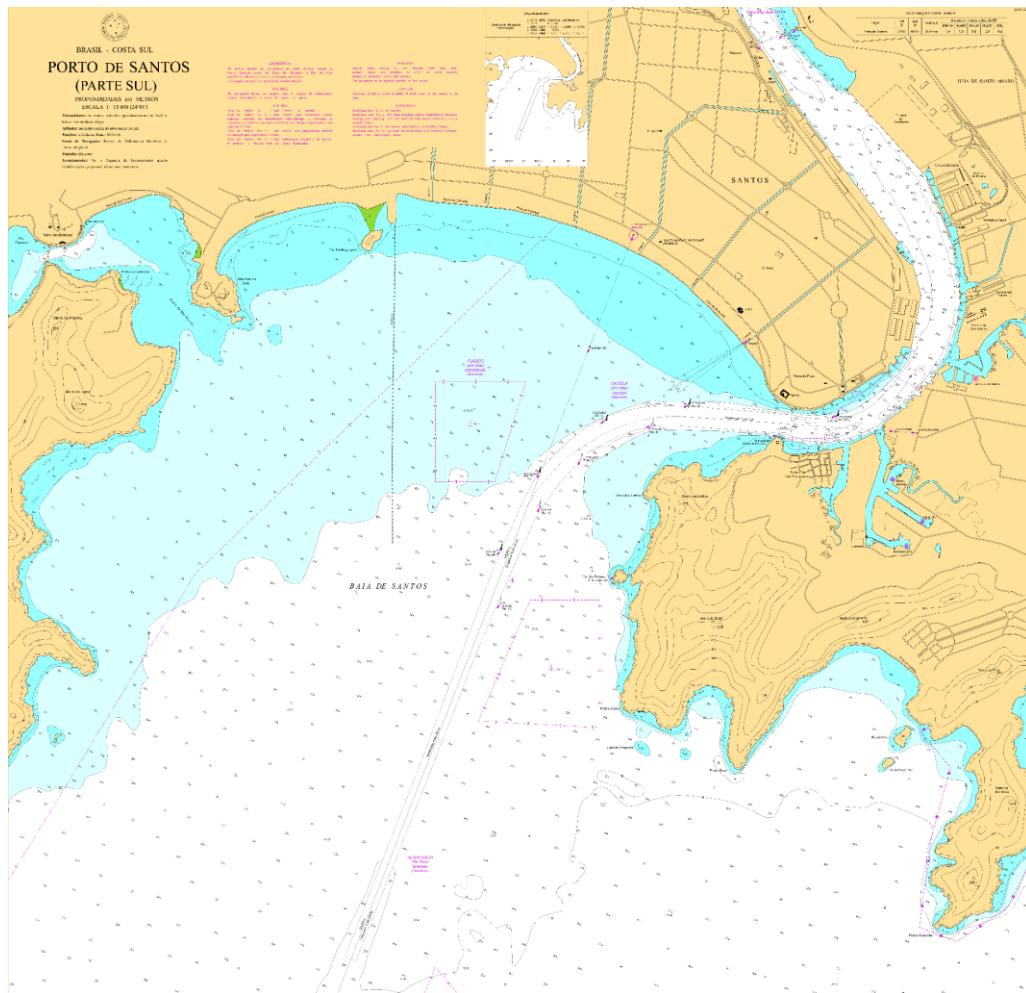
No ano de 1911, a Companhia Docas de Santos começava a substituir os guindastes a vapor por equipamentos de tecnologia mais avançada, constituídos de combinadores e transmissões elétricas com grande capacidade de cargas, que variava entre 1,5 toneladas e 30 toneladas. Nos anos 1940, a CDS decidiu expandir as instalações no entorno do intercâmbio ferroviário na região do Valongo para favorecer a logística com o transporte ferroviário, após a verificação do aumento sucessivo da movimentação de carga (MOREIRA, 2009).

Diante da nova fase, marcada pela ascensão das grandes exploradoras de petróleo, implantou-se o terminal de Alemoa, com uma linha de oleoduto submersa de 1150 metros de extensão, ligando o trecho do Saboó à ilha de Barnabé.

Em meados do século XX, a CDS incrementou o desafio de aumentar a profundidade do canal do estuário. O porto recebeu duas dragas de alcatruzes, Vera Cruz e Santa Cruz, e diversos batelões que operaram até o final do século XX. (MOREIRA, 2009). Além de desenvolver atividades de dragagem, o porto teve um aumento significativo na movimentação de carga nos pátios, atingindo-se um grande volume de carga geral de cabotagem. Nesse momento, iniciavam-se diversos estudos

que tinham objetivo ampliar o cais de acostagem de 5 km para 11 km, com profundidade de 11 metros a entrada e a circulação dos novos navios *Panamax*.

Figura 5 - Canal do Porto de Santos visto na carta náutica



Fonte: (CENTRO DE HIDROGRAFIA DA MARINHA, 2016).

No início dos anos 1960, o Porto passava a utilizar equipamentos de maior tecnologia e operar com diversos aparelhos e instalações de grande porte, como empilhadeiras, guindastes, carretas, locomotivas, tanques, pátios, armazéns, embarcadores e silos.

Em 1969, diante de um cenário marcado pela instituição do governo militar, iniciou-se o processo de fragilização técnico-administrativo do Porto de Santos, em decorrência das primeiras intervenções no sistema portuário. Essas intervenções, feitas por intermédio de uma comissão, deformaram o processo de desenvolvimento do Porto de Santos.

Nos anos seguintes, o porto teve um progresso no desenvolvimento com o incremento na movimentação de contêineres, dos navios “*roll-on roll-off*” e *Panamax* de 11 metros de calado. O aumento na demanda e na movimentação de cargas gerou a necessidade de expandir as áreas de terminais especializados para cada tipo de mercadoria, como contêineres, fertilizantes, grãos e farelos.

Em 1980, com o término do período de concessão da exploração do porto pela CDS e com o encerramento de um dos períodos mais férteis em empreendimentos e atividades operacionais nos portos do Brasil, o Governo Federal criou a Companhia Docas do Estado de São Paulo – CODESP, que consiste de uma empresa de economia mista, de capital majoritário da União. Assim, teve-se o início de um ciclo de sucessivas gestões portuárias exercidas por vários grupos partidários (CODESP, [s.d.], MOREIRA, 2009).

A área Portuária de Santos produz aproximadamente 15% das exportações marítimas brasileiras com mais de 800 milhões de toneladas por ano e corresponde a cerca de 35% do Produto Interno Bruto de US\$ 2,088 trilhões (dados de 2011). Esses números colocam o Porto de Santos como a quarta instalação portuária nas Américas e a primeira no hemisfério sul. Importantes reservas de petróleo e gás na Bacia Offshore de Santos começaram a produzir para a indústria de petróleo. A Região Metropolitana de São Lourenço é uma das mais importantes do litoral brasileiro, considerando também o turismo de grandes linhas de cruzeiros que transitam na região.

Figura 6 - Características do canal do Porto de Santos



Fonte: .(CODESP, [s.d.]).

Avançando o cenário do Porto de Santos para anos mais recentes, verifica-se que em 2013, o Porto de Santos superou a marca dos 114 milhões de toneladas movimentadas, antecipando em um ano a projeção base para 2014 que era a movimentação de 112,6 milhões de toneladas. No ano de 2016, a movimentação de contêineres do Porto de Santos correspondia a 41,7% da movimentação total nos portos do Brasil.

Figura 7 - Terminal de contêiner



Fonte: CODESP. Disponível em: <portodesantos.com.br> Acesso em: maio, 2017.

Segundo dados da CODESP, atualmente, o Porto de Santos tem uma extensão de cais de 15.960 metros e área útil total de 7,8 milhões de metros quadrados. Conta

com 55 terminais marítimos e retroportuários e 65 berços de atracação, dos quais 14 são de terminais privados (Cutrale, Dow Química, Usiminas, Valefértil e Embraport). Destacam-se terminais especializados, localizados nas duas margens do estuário, nos quais se pode verificar a seguinte disponibilização de berços: 1 para veículos, 17 para contêineres, 5 para fertilizantes/adubos, 6 para produtos químicos, 2 para cítricos, 8 para sólidos de origem vegetal, 1 para sal, 2 para passageiros, 1 para produtos de origem florestal, 1 para derivados de petróleo, 4 para trigo, 5 para produtos siderúrgicos, 10 para cara geral e 2 de multiuso (suco cítrico a granel, roll-on/roll-off e contêiner).

Figura 8 - Características do atual Porto de Santos



Fonte: .(CODESP, [s.d.]).

Com essa infraestrutura, o Porto de Santos é maior que os quatro maiores portos brasileiros juntos, como pode ser visto na Figura 9.

Figura 9 - Comparativo entre portos brasileiros



Fonte: .(CODESP, [s.d.]).

Tabela 3: Movimentação brasileira de contêineres – 2007-2011

PORTO	2015	2016
Santos	2.453.881	2.358.220
Itajaí	577.612	636.061
Paranaguá	471.573	436.781
Rio Grande	443.607	431.689
São Francisco do Sul	338.352	322.608
Manaus	317.336	246.804
Suape	256.506	254.483
Rio de Janeiro	240.172	210.789
Salvador	187.446	197.395
Vitória	178.781	149.129
Itaguaí	151.822	140.024
Pecém	109.058	105.488
Fortaleza	55.271	51.588
Vila do Conde	44.916	63.830
Imbituba	25.580	24.660
Natal	19.179	22.236
Belém	14.936	501
Itaqui	4.945	12
Porto Velho	1.148	289
Brasil	5.892.121	5.652.587

Fonte: (CODESP, [s.d.]).

Para o cenário de crescimento econômico, é essencial ter uma compreensão dos principais processos dos esforços hidrodinâmicos marítimos nos níveis de maré, correntes de maré e ondas, induzidos por eventos extremos do mar e perigos

associados que influenciam e geram riscos nas operações dos navios. O nível atual do Canal externo da Área Portuária de Santos é de aproximadamente 15 metros, sendo considerado um canal de duas vias de 220 metros para navios porta-conteneiros de 9.000 TEUs, mantidos por dragagem. (ALFREDINI et al., 2014).

4.2. PROBLEMAS ATUAIS

Segundo Moreira (2009), em 1969, o regime autoritário iniciou as primeiras intervenções no sistema portuário, fragilizando o processo técnico-administrativo do porto de Santos, com a intervenção em seu desenvolvimento e deformação de sua configuração.

O autor também aponta as sucessivas gestões portuárias exercidas por grupos partidários na Companhia Docas do Estado de São Paulo, CODESP. Tal quadro representa um estado oposto ao que é verificado nos grandes portos internacionais, nos quais verificam-se excelentes referências administrativas e a “aplicação de uma política de independência e qualificação da alta gerência dos portos”, que permite imunidade às interferências de grupos do Executivo e do Legislativo, permitindo que o conjunto de diretrizes adotado sirva de instrumento de eficiência administrativa, “fortalecendo os programas e metas da Autoridade Portuária”.

Moreira aponta alguns erros técnicos ainda não corrigidos e problemas atuais tais como: ausência de área de retroporto na área de expansão do Macuco, localização distante do terminal de farelos e grãos, maior usuário de carga em vagões, em relação ao intercâmbio ferroviário, conflitos permanentes no leito carroçável, expansão dos terminais de contêiner a montante aumentando a densidade de navegação

Somados aos erros técnicos, não se observou grandes empreendimentos de infraestrutura no Porto de Santos, com exceção do Terminal de Contêiner, implantado em 1981.

Os problemas apresentados anteriormente representam um cenário oposto ao observado no cenário dos grandes portos concentradores internacionais, tal como apresentado pela pesquisa do mesmo autor.

Por exemplo, atualmente os portos concentradores como *Le Havre*, *Hamburgo* e *Roterdã* apresentam expansões direcionadas para o mar, com o posicionamento dos terminais de contêiner para o primeiro ponto de acesso, de forma a “favorecer os

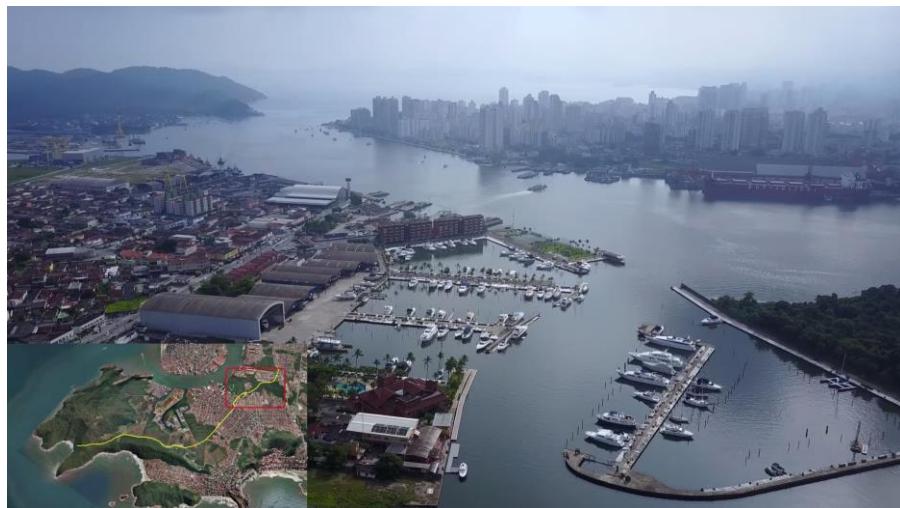
grandes calados e a redução da densidade de navegação no interior do porto” e reduzir os impactos ambientais. Observa-se também que os portos concentradores atuais apresentam forte integração e harmonização entre portos e cidades, onde é possível observar amplos espaços em meio às atividades urbanas e portuárias, além de acessibilidade de carga que não ocasione em uma interferência na vida urbana, favorecendo uma relação harmônica entre a cidade e o porto. “Os terminais apresentam distribuição uniforme das instalações, grandes dimensões, tendências de concentrações de terminais com atividades semelhantes e operações integradas e harmônicas”. O sistema terrestre também costuma ser “composto por amplas autoestradas, anéis viários, complexa rede de dutos e ferrovias” e a integração multimodal.

Atualmente, o Porto de Santos está sujeito a problemas estuarinos típicos relacionados a dragagem, área disponível e logística. Ao longo do tempo, foi possível observar que a grande maioria dos portos deste tipo sofreram com as consequências destes problemas e, por isso, tiveram que alterar a forma como abordavam-nos. Um bom exemplo de quebra de paradigma no tratamento dos problemas de portos estuarinos é o Porto de Roterdã, que adotou soluções inovadoras e únicas, como será visto à frente.

O canal do Porto de Santos possui uma profundidade natural de 8 metros. Atualmente sua profundidade média é de 15 metros, mantida com dragagens constantes de aproximadamente 7 milhões de m³ ao ano. Espera-se que em 2025 seja possível receber navios do tipo *Post Panamax Plus*, a 5^º geração de navios porta-contêineres, que exigem uma profundidade de 17 metros. O aumento de profundidade de 8 para 17 metros representa um aumento de 112,5 % em relação a profundidade natural, muito superior ao aumento de 50% considerado economicamente sustentável.

O canal de Santos apresentado na figura a seguir deverá ter sua largura ampliada de 220 metros para 315 metros e o raio de sua curva deverá passar de 1800 metros para 3300 metros a fim de se evitar o uso de rebocadores ainda no canal de acesso externo. Esse aumento da profundidade e reconfiguração do canal de acesso exigirá dragagens ainda mais intensas (ALFREDINI, ARASAKI, MOREIRA, 2013).

Figura 10 – Imagem aérea da margem esquerda, Guarujá, região do late Clube



Fonte: Autor.

De acordo com as estimativas de Alfredini (2013), entre 1962 e 2012, foram gastos aproximadamente 500 milhões de dólares. Vale ressaltar os custos ambientais relacionados às operações de dragagem, especialmente considerando a existência dos ecossistemas de manguezais na região.

Quanto ao problema espacial, cita-se novamente os problemas já apresentados por Moreira quanto ao crescimento desorganizado e sem planejamento do Porto de Santos. A região portuária é reconhecida por sua insegurança e mal estado de conservação, com falta de integração e harmonização entre a região portuária e as cidades de Santos e Guarujá. O contrário é observado nos grandes portos como Roterdã e *Le Havre*: observa-se que os amplos espaços em meio a ambas as atividades, urbanas e portuárias, o uso do transporte aquaviário – que, por sua vez, reduz o terrestre – e as acessibilidades de carga sem interferência na vida urbana permitem excelente convivência e fomento entre as partes.

Quanto à logística, observa-se o crescente porte dos navios e a incapacidade do Porto de Santos de acompanhar este crescimento, vide os navios do tipo *Post Panamax Plus* e *Triple E*. Além disso, a região enfrenta grandes congestionamento nas proximidades do porto e tráfego intenso nas rodovias do Sistema Anchieta-Imigrantes.

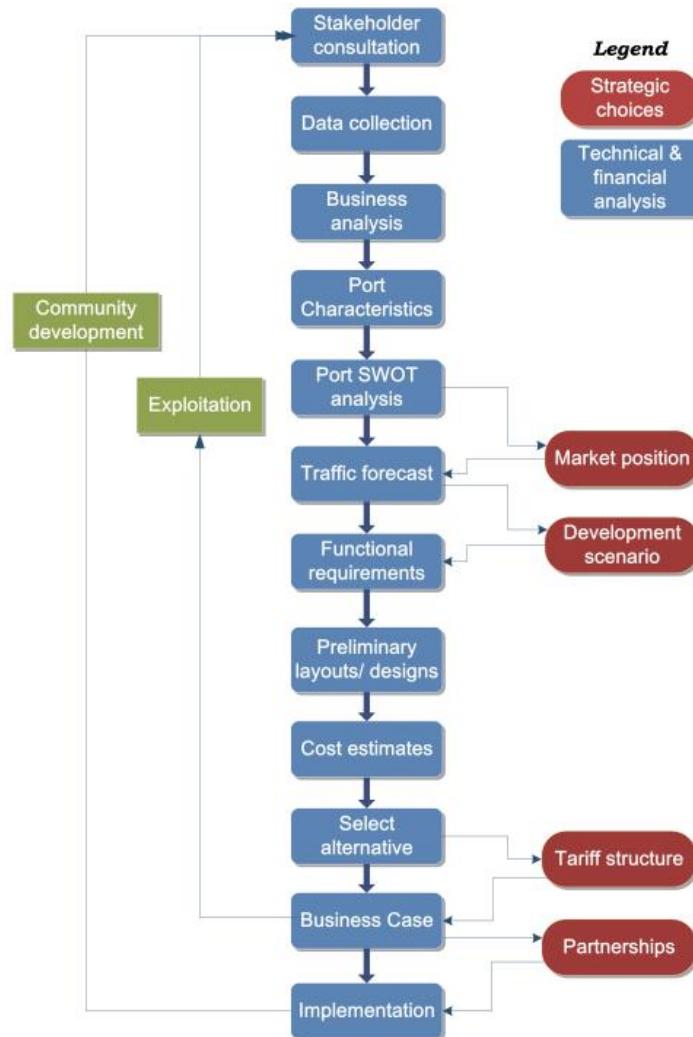
4.3. PORTOS FLEXÍVEIS

4.3.1. Conceito de Portos Flexíveis

Os maiores problemas encontrados no desenvolvimento das diretrizes que definem o desenvolvimento e o crescimento de um porto são as incertezas relacionadas às demandas do futuro, relativas ao tipo de carga, quantidade de carga e dimensões dos navios.

A forma tradicional de planejamento portuário consiste em focar no plano diretor, no dimensionamento de estruturas e nas avaliações dos projetos, a fim de atender às demandas que existem no presente. Essa abordagem acaba negligenciando as incertezas quanto a demanda no longo prazo, que é a chave para um futuro próspero de um porto.

A sinergia entre a previsão futura feita por um economista, o planejamento feito pelo engenheiro e o estudo comercial feito por um investidor dão base para o tomador de decisões fazer a escolha certa quanto as diretrizes a serem seguidas e a elaboração do plano diretor.

Figura 11 - *Port planning process*

Fonte: (TANEJA, 2013).

O objetivo do Porto Flexível é permitir a adaptação do porto em qualquer caminho que a tendência do mercado siga, seja continuando a atual tendência de conteinerização das cargas, de crescimento do porte dos navios que cada vez mais requerem canais de acesso mais profundos ou mesmo somente permitindo a expansão caso haja um crescimento da demanda maior que o previsto na fase de projeto.

Alguns conceitos relacionados a flexibilidade são: acessibilidade, compatibilidade, construtibilidade, desconstrutibilidade, descartabilidade, durabilidade, permutabilidade, interoperabilidade, manutenibilidade, modularidade, produtividade, qualidade, reciclagem, escalabilidade, separabilidade (ex: evitar uso de juntas monolíticas), usabilidade (facilidade de uso da estrutura, equipamento,

serviço), confiança, resiliência, segurança, padronização, e principalmente versatilidade (capacidade de exercer outras funções além das originais).

A construção de portos flexíveis pode se mostrar mais custosa em primeiro momento, mas seu objetivo fica mais claro quando se olha para o futuro. Com o avanço do projeto e com a chegada de novas informações, adaptações que permitem melhor aproveitamento da infraestrutura e da área disponível para a construção fazem com que o maior custo inicial não necessariamente seja um maior custo final e que o porto se beneficie da possibilidade de melhoramentos nos projetos durante a fase de construção para melhor atender as demandas tanto presentes quanto futuras, fazendo com que sua vida útil seja maior e os custos de adaptações sejam menores.

Today, having the right capacity and capabilities is integral to the long-term growth and success of ports. Ensuring that the nautical infrastructure, quay design, cranes and operational layout match the specifications of future vessels is essential for ports to get ahead of the curve. (MAERSKLINE, 2011).

Flexibilidade em estruturas portuárias tem como objetivo evitar a necessidade de adaptações e principalmente de demolições, prevendo diferentes usos para uma mesma estrutura. Desse modo é facilitado o reuso da estrutura, a economia de recursos naturais empregados na construção, diminui a geração de resíduos, gerando menos impactos ambientais e reduz o custo da estrutura pelo seu tempo de operação, contribuindo para que o porto seja sustentável.

“We need a paradigm for planning and design of large-scale engineering systems that deals effectively with the reality that the actual future so regularly differs substantially from the forecast. We need concepts and procedures that enable us to anticipate possible uncertainties, and enable us to deal with them efficiently as they arise. In one word, we need to develop the flexibility to react to events, to take advantage of new opportunities, and to exit from unproductive pathways. We need this because the value that can be expected from a flexible system can be vastly greater than the value derived from a system designed around a specific expected future. Designers of large-scale systems need ‘real options’, that is, the flexibility to alter development trajectories as needed.”, (DE NEUFVILLE et al., 2007).

4.3.2. O papel dos portos flexíveis no cenário atual

No Século XXI o comércio mundial ganhou grandes proporções e com novos produtos no mercado a competitividade aumentou significativamente. Para que os produtos provenientes de lugares distantes sejam competitivos no mercado, é necessário que haja baixo custo de transporte, portanto cada vez mais os navios crescem e são necessárias maiores e mais robustas estruturas para atendê-los.

Grande parte dos portos existentes no século XX eram estuarinos. A construção de portos dentro do estuário proporciona um abrigo natural das ondas, porém a profundidade natural do canal costuma ser pequena. Isso gera conflito com a necessidade de canais com profundidades que ultrapassam 15 m. O custo de dragagem começa a ficar tão alto que atualmente existe uma tendência de migração dos portos para fora do estuário, para áreas em que a profundidade natural seja maior possível. Contudo, são necessárias grandes estruturas que abriguem os navios do ataque das ondas, gerando um custo de implantação elevado.

Esses portos destacados do continente têm função de *hubs* (portos concentradores), onde os maiores navios chegam carregados de longas viagens interoceânicas e distribuem suas cargas em navios menores para cabotagem e/ou para o continente a fim de abastecer principalmente a hinterlândia do porto. Seu objetivo é ser um elo da *supply chain* entre os centros de produção e consumo, uma plataforma logística, que visa atender as demandas não só do presente, mas que tenha capacidade extra para atender os crescimentos futuros. Na região se formam complexos econômicos onde diversas indústrias tendem a focar suas operações visando a redução de custo e tempo com transporte.

Como proferido por Haralambides (2002): “*Sufficient infrastructure is required in order to provide sufficient service levels, while extra capacity is required to attract future growth.*”

4.3.3. Riscos associados

Além das incertezas que acompanham o planejamento do porto, ainda existem riscos associados a longos períodos de retorno para os investimentos. Logo, para que o investimento consiga ser lucrativo o porto deve atender às expectativas durante um longo período de tempo suficiente para que o investimento se pague e, portanto, deve ser capaz de ser adaptado para eventuais mudanças no cenário de logística portuária

que venham a acontecer. A não adaptação do porto às exigências pode fazer com que ele perca sua posição competitiva para portos concorrentes, visto que as empresas que utilizam os terminais migrariam facilmente para portos que oferecerem melhores condições pelo menor preço.

Uma pesquisa feita pela conferência da ONU sobre mercado e desenvolvimento (UNCTAD) mostrou que entre julho de 2004 e julho de 2010, o tamanho médio dos navios aumentou 65%. Em fevereiro de 2011 a *Maerskline* encomendou 10 navios *Triple E class* com capacidade para transportar 16.000 TEU. Em junho de 2008 uma fabricante de navios Sul Coreana anunciou seu sucesso em desenvolver um navio com capacidade 22.000 TEU que pode vir a ser o novo substituto do *Triple E*, gerando uma necessidade ainda maior de profundidade nos canais de acesso dos portos e estruturas mais robustas para dar suporte à atracação. Esse crescimento no tamanho dos navios é outro fator importante a ser levado em conta nas incertezas e, consequentemente, nos riscos associados ao desenvolvimento portuário. É difícil prever se a tendência de crescimento dos navios vai se manter ou se as dificuldades de acomodação desses navios que advém dos grandes calados e inércia, e dificultam sua acomodação nos berços e canais, irão barrar essa tendência.

Como traduzido de De Neufville et al. (2004): *"Engineering systems face the tremendous challenge of meeting the changing demands while ensuring functionality, capacity and service quality. Thus, planning is needed to anticipate future developments and to ascertain that the infrastructure, once built, functions well."*

Há também riscos associados à problemáticas econômicas. A crise econômica afeta todo o comércio marítimo, independentemente da situação do porto em questão. Com a crise de 2008, o número de navios no porto de Cingapura em abril de 2009 caiu 17,7% quando comparado ao mesmo período do ano anterior (MARITIME PORT AUTHORITY OF SINGAPORE, 2009).

4.3.4. Aspectos Ambientais

O desenvolvimento portuário deve seguir as diretrizes ambientais com intuito de causar o menor impacto possível, configurando portos sustentáveis. Deve-se garantir um desenvolvimento econômico que gere benefícios sociais, traga emprego para a região, sem causar grandes danos ao meio ambiente.

4.3.5. Conceito Tradicional de Planejamento Portuário

Dentro das categorias de pesquisa dentro do contexto de planejamento portuário, a que interessa no âmbito de portos flexíveis é o planejamento e desenvolvimento portuário, que inclui previsão de demanda e planejamento da capacidade do porto, plano diretor, dimensionamento e construção da infraestrutura, financiamento, análise de incertezas, métodos de avaliação de projetos e análise de impactos econômicos.

Tradicionalmente, determinar o tamanho ótimo dos terminais e do porto extrapolando as tendências históricas é o caminho adotado pelos engenheiros, economistas e investidores, com objetivo de prever a demanda e planejar a capacidade do porto a fim de atendê-la. Outros fatores que devem ser considerados são a disponibilidade espacial na região do porto, custo e respectiva qualidade de utilizar as instalações do porto e da hinterlândia.

Para organizar essas previsões e planejamentos em uma linha do tempo com objetivos e metas definidos, existe o plano diretor. Seu objetivo é atender a demanda da melhor maneira, criando um porto com estruturas condizentes em tamanho e robustez. Também é sua função prever o crescimento da cidade em torno do porto para que não seja comprometida a acessibilidade do transporte de carga porto-hinterlândia. Nele estão presentes as fases necessárias para implementação do planejamento, os dimensionamentos preliminares da infraestrutura portuária (dragagem, canais de acesso, bacias, quebra-mares, cais, áreas de terminais e vias). Os planos diretores são criados tendo em vista um período de 25 anos e necessitam ser revisados e atualizados frequentemente devido às necessidades pontuais, principalmente de curto prazo, que não interferem diretamente nos projetos contidos no plano diretor.

4.3.6. Flexibilidade Presente nos Planos Diretores

Greenfield Project: é um projeto que não tem vínculos a projetos anteriores.

O porto Gangavaram - Índia, é um dos poucos “greenfield ports” existentes hoje. Seu plano diretor foi elaborado em 2005 seguindo a metodologia tradicional com base em previsões de crescimento econômico em cenários pessimista, moderado e otimista. Foi escolhido o modelo de porto de “propósito múltiplo”, capaz de atender todos os tipos de carga, afim de ser o mais flexível possível. Pensaram-se em cenários

para curto médio e longo prazo e ainda foi feito um planejamento para acomodar futuras instalações após o período de abrangência do plano diretor. Uma área nas redondezas do porto foi delimitada para uma futura expansão portuária, onde a cidade não poderá avançar.

Outro plano diretor que aborda flexibilidade é o do *Maasvlakte 2* que tem como mote “*Create your own future*”, se referindo a dar a máxima flexibilidade no planejamento do terminal para o cliente. Tendo em vista que a única maneira de lidar com as incertezas sobre o futuro é fazendo projetos flexíveis que permitam as estruturas se adequarem a diferentes futuros. Um ciclo de um ano para serem feitas revisões no Plano Diretor foi definido com objetivo de adaptá-lo às novas tendências.

Com objetivo de criar terminais o mais flexível possível, o *Maasvlakte 2* apenas cria terminais quando o contrato é assinado com o cliente, colocando em prática o mote “*Client in sight, land in view*” e a recomendação de Kamperlaan “*Build on the basis of demand, with respect for nature*” (KAMPERLAAN, E. 2005).

Um estudo de logística de contêineres foi feito tentando colocar em prática uma nova geração de terminais de contêineres e centros de serviços que são conectados aos terminais de transporte interno, e nesse estudo, a alternativa de oferecer flexibilidade em termos de layout do terminal foi a que se saiu melhor.

Um exemplo extremo de flexibilidade é o Porto Mulberry - Normandia, 1944 - que pode ser até mesmo ser movimentado, além de poder ser reconfigurado, atender navios civis e militares e ser versátil quanto ao tipo de carga que é suportada.

4.3.7. Um modelo estrutural para gerenciar incertezas

Levando em conta as incertezas no processo de planejamento portuário, verifica-se que existe a necessidade de desenvolver novas formas de planejamento portuário a fim de minimizar as incertezas do tipo e dimensões do carregamento e de dimensões de navios. Dessa forma, Taneja (2013), propõe uma nova abordagem de planejamento deixando de lado planos estáticos de ação para desenvolver planos que possibilitem mudanças, aprendizado e adaptação ao longo do tempo, antecipando os possíveis problemas. Como foi mencionado por Swanson et al (2010), “*Make the plan ready for what lies around the corner - make it adaptive*”.

A essa nova abordagem foi dado o nome de *Adaptive Port Planning* (APP) e este busca introduzir um plano adaptável assumindo que o futuro é incerto, prevenindo que os planos “*predict-and-act*” falhem.

A estrutura do APP foi baseada em outros dois métodos propostos anteriormente, sendo eles o *Assumption-Based Planning* (ABP), detalhado em (DEWAR, J. A et al., 1993) e (DEWAR, J. A, 2002), e o *Adaptive Policy Making* (APM), detalhado em (KWAKKEL, J., 2010), (WALKER, 2012) (TANEJA et al., 2010c) e (TANEJA et al., 2011b). Uma característica importante de cada um dos planos é que o ABP foi concebido para fins militares, para deixar um plano já existente mais robusto enquanto o APM foi concebido para ser aplicado na criação de novas políticas e planos de planejamento. A vantagem do APP é que, por combinar os outros dois métodos citados, pode ser aplicado a planos novos ou já existentes.

É relevante observar que, acima de tudo, o planejamento portuário tem sua viabilidade atrelada a questões financeiras e as escolhas e decisões são baseadas no equilíbrio entre custos e benefícios em todos os níveis. Além disso, a flexibilização dos planos requer a avaliação do custo-benefício de sua implantação levando em conta a probabilidade de se utilizar esta flexibilidade no futuro.

Pode-se abordar as diferentes estratégias a depender do horizonte de operação e da incerteza associada, podendo variar de pouca incerteza (futuro próximo) até muita incerteza (futuros diversos) ou completamente incerto. Também podem ser utilizadas ferramentas e técnicas como *brainstorm*, cenários possíveis de ocorrer ou uma abordagem probabilística.

O método APP foi implementado na concepção do *Maasvlakte 2* (segundo plano de expansão do Porto de Roterdã, Holanda) e a flexibilidade do planejamento foi a principal meta da obra. O consórcio responsável pela obra deu total liberdade para mudanças ao longo do projeto de forma a atender da melhor forma possível às expectativas. Além disso, a flexibilidade do tempo foi alcançada através da construção da obra de acordo com a demanda do mercado.

4.3.8. A flexibilidade na infraestrutura portuária

Para se obter um melhor planejamento e flexibilidade na infraestrutura portuária, são abordadas aqui algumas estratégias. Inicialmente, é importante

destacar que existem dois tipos diferentes de flexibilidade a serem abordados: são os conceitos de flexibilidade ativa e passiva.

Pode-se entender por flexibilidade passiva os atributos que facilitam o reuso de uma estrutura sem necessitar de adaptação, como *designs* mais robustos e versáteis. Já a flexibilidade ativa pode ser definida como os atributos que facilitam a adaptação de uma estrutura ou de seus elementos para reuso, como por exemplo interoperabilidade, compatibilidade, escalabilidade, padronização e modularização. Existem ainda atributos como reciclagem, durabilidade e manutenibilidade que promovem o reuso da infraestrutura e seus elementos que se enquadram nos dois casos (ativo e passivo).

Segundo Egydi (2002), as estratégias mais comuns que contribuem para a flexibilidade na infraestrutura física são *designs* genéricos, padronização e modularização. Estes são melhor explicados a seguir.

- *Designs* genéricos podem ser entendidos como um padrão estético-funcional de um mesmo objeto que, por isso, pode ser utilizado para diversos usos ou aplicações distintas. Um exemplo citado é o de paredes de cais, que podem ser projetadas de forma genérica (com apenas algumas adaptações) permitindo a sua aplicação em diversos locais ao longo do porto, mesmo onde embarcações diferentes operam. Assim, permite-se a flexibilidade pois não são necessários desenhos diferentes para a construção de peças diferentes pois apenas um modelo contempla todas as aplicações.

- A padronização de elementos é uma estratégia de desenvolvimento e implementação de modelos para atingir níveis aceitáveis de permutabilidade e flexibilidade. A padronização de elementos ajuda a customização em massa e assim, economias de escala. Chase et al. (2006) define customização em massa como uma forma de efetivamente atrasar ao máximo a tarefa de diferenciação de um produto para um consumidor específico, obtendo assim um maior ciclo de produção igual para produtos diferentes.

- A modularização no *design* se refere ao uso de unidades ou dimensões padronizadas para facilitar a flexibilização em uso através de atributos como interoperabilidade, permutabilidade e escalabilidade em sistemas. A modularização organiza e permite o trabalho paralelo, promovendo uma eficiente divisão de trabalho

e reuso dos recursos ao longo da construção através de módulos (que podem ser trabalhados simultaneamente). Já a modularização nos processos permite a divisão de um projeto de engenharia em fases. Essa divisão permite a absorção de rápidas mudanças, reduzindo efeitos negativos de incertezas e até criando novas oportunidades, podendo ainda possibilitar processos de decisão mais flexíveis.

Seguindo as recomendações das estratégias para a flexibilização, as estruturas flexíveis são frutos de diversos estudos focados em flexibilizar, realocar e reutilizar os recursos. Incorporar atributos que facilitam o reuso da estrutura diminui o risco de as construções perderem sua funcionalidade e se tornarem obsoletas. As estruturas flexíveis podem ser detalhadas em estruturas realocáveis, ou seja, estruturas que podem ser transportadas e reintegradas ao porto, estrutura multifuncionais, que podem ter diversas funções em apenas uma estrutura (como por exemplo transporte e armazenamento na mesma estrutura), estruturas multiusuário, em que vários operadores do porto podem utilizar juntos para reduzir e dividir os custos e estruturas subterrâneas, que aumentam a flexibilidade através da não ocupação de espaço no solo embora esteja em funcionamento.

4.3.9. Aspectos essenciais relacionados à flexibilidade

Como principais aspectos relacionados à infraestrutura portuária, pode-se elencar os seguintes itens que contribuem mais fortemente à flexibilização com a finalidade de se buscar maiores lucros e uma maior previsão das incertezas do futuro sem gastos que inviabilizem a obra.

- Flexibilidade e as incertezas: hoje, a flexibilidade em um projeto é vista como um conjunto de ações para lidar com a incerteza. Assim, se não existisse tal incerteza, todas as iniciativas seriam certas e logo, não teria razão para implementar a flexibilidade. As várias opções têm um valor apenas se existir incertezas. Conforme estas incertezas aumentam, as opções têm seu valor (ou sua flexibilidade atrelada) aumentado da mesma forma já que as opções tendem a promover a proteção contra aspectos negativos das incertezas, mas permitem também lucrar com os aspectos positivos das incertezas.

- Como medir a flexibilidade: o fato de a flexibilidade ter diferentes significados em diferentes contextos dificultou o desenvolvimento de uma métrica geral, porém eficiência, responsividade e versatilidade são sempre mencionadas. Há um consenso

geral em que se deve considerar o valor da flexibilidade na avaliação de projetos já que, caso contrário, o valor do projeto é subestimado. Para isso, deve-se fazer uma análise de longo prazo e então definir estratégias para uma avaliação econômica adequada.

- O custo da flexibilidade: a flexibilidade, independentemente de sua localização no plano de infraestrutura, tem custos associados. A flexibilização demanda altos investimentos, seja ela relacionada à estrutura em si ou mesmo em relação à operação. O faseamento de projetos traz a facilidade de se postergar investimentos, porém o mesmo ocorre com os lucros, além de se perder a economia de escala. A flexibilização da operação demanda alocação de recursos, o que também aumenta o custo. Em suma, é necessário avaliar o ganho que a flexibilização traz com precisão para verificar se o investimento trará o retorno desejado.

- Flexibilidade e eficiência: a eficiência exige ações *just-in-time* e o emprego de recursos. Em obras de infraestrutura, o conceito de soluções *just-in-time* na maioria das vezes não tem uma aplicação prática, sendo que nestes casos adota-se a flexibilização *just-in-case*. A flexibilização, em grande parte, tende a reduzir a eficiência, principalmente em uma cadeia de produção, porém contribui muito para uma solução efetiva em projetos de longo prazo.

4.3.10. Análise dos riscos

Para o desenvolvimento de projetos é necessário considerar os riscos associados à todas as atividades envolvidas no desenvolvimento destes. Normalmente existem duas maneiras de examinar e enfrentar esses riscos: “esperar e reagir” que lida com uma resposta tardia, e “prever e agir” que conduz a uma ação equivocada, pois as previsões geralmente estão erradas (especialmente, quando se trata de futuros muito distantes).

Tendo isso em vista, Taneja (2013) propôs um modelo que segue um caminho intermediário entre os dois citados anteriormente. O planejamento de portos flexíveis incorpora sistemas de monitoramento e de ação, que tentam rastrear os maiores riscos presentes no projeto e acionam um sinal em um momento pré-definido e pré-estabelecido pelo projetista de modo a impedir futuras ameaças que possam prejudicar o funcionamento do sistema portuário como um todo. Esse modelo envolve

muitas dificuldades para a implementação, a primeira delas é a necessidade de incorporar um sistema de previsão.

O monitoramento tem como objetivo essencial a avaliação de eventos, envolvendo atividades como medições, detecções, análises e previsões. As previsões utilizam complexos sistemas matemáticos e uma extensa lista de dados históricos, em que se busca estabelecer futuros comportamentos e vindouras tendências. Com base em ferramentas matemáticas é possível utilizar métodos estatísticos, que associam dados históricos para criar modelos de simulações que reproduzem em outra escala o que ocorre na realidade. Pode ser aplicado para prever variáveis como tráfego rodoviário e ferroviário, demandas e movimentações de carga, produtividade do terminal e do cais e eficiência dos guindastes e equipamentos portuários. No entanto, tais variáveis dependem de outras incógnitas. Por exemplo, para estabelecer a produtividade de um terminal é necessário determinar o tipo e o número de equipamentos, o modelo de manuseio e transporte de cargas, área do terminal e tempo diário de operação, o que torna a previsão e o monitoramento atividades complexas e árduas.

Esses sistemas de previsão são considerados no Plano Principal do projeto de um porto e desempenham um papel importante tanto em aspectos econômicos quanto em aspectos políticos e administrativos das instalações portuárias. Além disso, outro fator imprescindível no projeto que deve ser levado em consideração na previsão e no monitoramento do plano portuário é o ritmo acelerado das mudanças tecnológicas, que podem afetar principalmente a produtividade e as atividades do mercado. Algumas dessas mudanças que influenciam no layout do terminal e na capacidade da infraestrutura são: tamanho das embarcações, disponibilidade de equipamentos no cais e no terminal, logística e transporte.

4.3.11. Implementing Adaptive Port Planning

A fundamentação por trás do método de planejamento de portos adaptáveis consiste em aceitar as incertezas, tomar conhecimento do papel da flexibilidade nos portos e procurar ativamente por inovações. O maior problema desse método é que ele vai de encontro com o método tradicional de planejamento portuário que visa atender as demandas momentâneas com o menor custo possível sem avaliar custos futuros em caso de necessidade de adaptações. Esse método tradicional está diretamente ligado à crescente competitividade entre terminais portuários que

procuram oferecer um serviço ao cliente pelo menor preço possível tendo em vista a concorrência advinda de outros portos. Portanto o projeto que atenda as exigências com o menor custo de implantação possível é o favorito nesse cenário pelos motivos já abordados e, por ter menor custo, atinge o *break even point* mais rápido, sendo mais atraente em uma primeira análise para os investidores.

Alguns graus de inovação são resumidos em alguns conceitos que valem a pena serem apresentados, tais como:

Inovação Incremental: Tem objetivo de melhorar o que já existe, aperfeiçoar soluções que já são aplicadas para problemas atuais. (Ex: redução de custos, melhorias na qualidade e na produtividade).

Inovação Evolucionária: Refere-se a resolver os problemas existentes e tentar antecipar os novos problemas, através do pensamento à longo prazo, antes mesmo que eles surjam, aplicando as melhores soluções possíveis. Resulta em produtos e processos particularmente superiores.

Inovação Revolucionária: Consiste em ideias completamente inéditas que podem afetar, transformar ou até mesmo desmontar a estrutura, tecnologia e processos existentes no mercado. São resultados de descobertas feitas aparentemente por acaso. Geralmente resultado de soluções inadequadas para problemas existentes. É uma inovação não planejada ao contrário das outras citadas anteriormente.

Para o setor marítimo, a conteinerização representa uma *inovação revolucionária*, o desenvolvimento de maquinários apropriados para manusear os contêineres (portêineres, por exemplo) pode ser classificado como *inovação evolucionária* e melhorias nos contêineres e nas máquinas que fazem o transbordo se enquadram em *inovação incremental*.

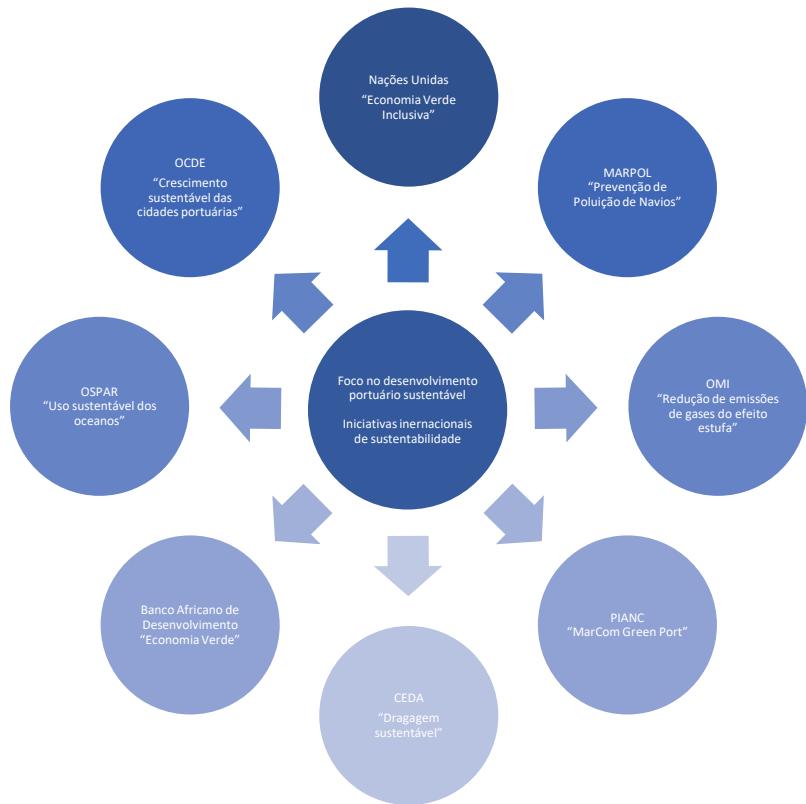
4.4. PORTO DO FUTURO

4.4.1. Introdução

A tendência atual de crescimento do comércio internacional, aumento do tamanho das embarcações, e a necessidade de modernização da infraestrutura portuária, tem demandado investimentos imediatos nos portos de todo o mundo (OECD, 2011, PIANC, 2014).

Atualmente, o interesse político no crescimento sustentável é um item explícito na agenda de diversos países, particularmente nos países do Leste Asiático, da África e da União Europeia. Trata-se de um interesse também presente no desenvolvimento portuário. Diversas organizações marítimas internacionais, ONGs e Bancos lançaram iniciativas de sustentabilidade com foco no desenvolvimento portuário.

Figura 12 - Diagrama que relaciona organizações marítimas internacionais, ONGs e bancos que deram início a iniciativas de sustentabilidade



Fonte: Autor.

Dada a demanda por modelos mais sustentáveis de desenvolvimento, o relatório *Port of The Future* (2015), buscou discutir o conceito de desenvolvimento portuário 'sem-impacto' em conjunto com os princípios de engenharia de infraestrutura, morfologia, e perspectivas ecológicas e socioeconômicas. Procurou-se oportunidades para a transformação do desenvolvimento portuário tradicional em um desenvolvimento sustentável de longo prazo.

O desenvolvimento portuário 'sem-impacto' (*no-impact*) surge com base na abordagem de gestão ecossistêmica (*ecosystem-based management, EBM*) (UNEP, 2011) que procura restaurar e proteger a saúde, funcionamento e resiliência de todos ecossistemas, beneficiando todos seus organismos e reconhecendo a ligação entre o

nosso bem-estar e a saúde do meio ambiente. A definição de um porto ‘sem-impacto’ é a daquele que não possui qualquer impacto negativo no ecossistema e que reconhece os diversos sistemas ecológicos como uma mescla de elementos que interagem entre si nos oceanos e áreas costeiras, e que com base na abordagem ecossistêmica, é projetado e executado como um processo adaptável que aplica princípios do método científico no processo de gerenciamento.

De acordo com o mesmo relatório, o desenvolvimento sustentável ou *green* consiste na otimização dos benefícios sociais, econômicos e ambientais dos portos, incluindo as cidades e a hinterlândia a eles conectados, além do litoral adjacente. Segundo a PIANC (2014), a definição de porto sustentável ou *green* é a de um porto no qual a autoridade portuária e seus usuários o operam de forma proativa e com base em uma estratégia de crescimento econômico sustentável.

Apesar da enorme importância econômica dos portos, *land reclamation*, dragagem e construção em larga escala tem afetado negativamente os ecossistemas locais e regionais onde os portos estão inseridos. Além disso, os projetos portuários se confrontam com a crescente escassez de localizações privilegiadas, regulações ambientais, limitado espaço para expansões sustentáveis, e incerteza quanto aos impactos devido às mudanças climáticas e tecnológicas.

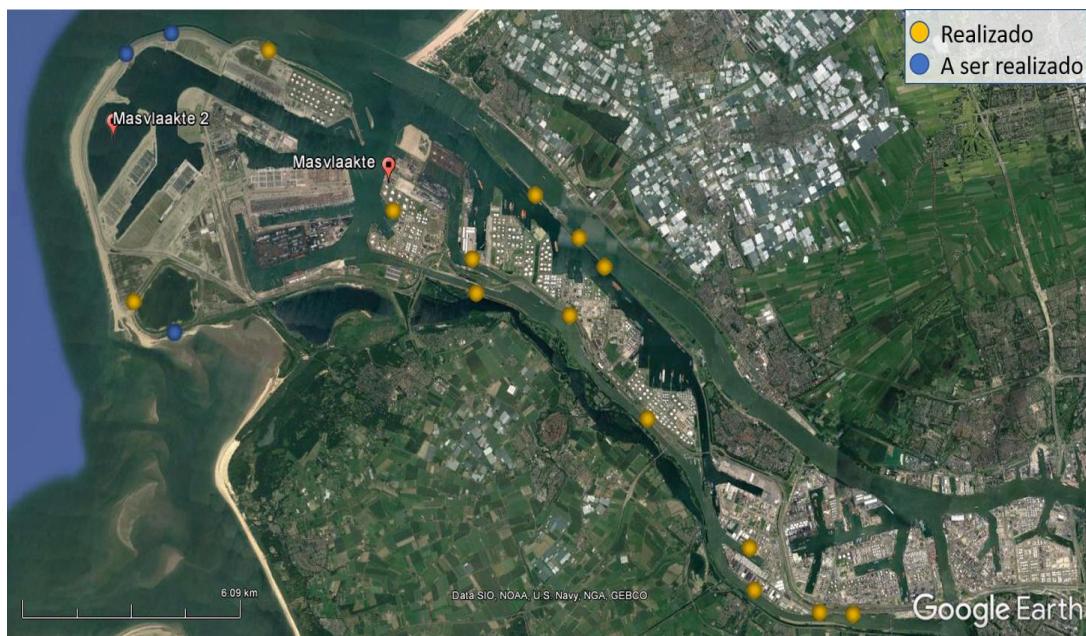
É por isso que já se busca o crescimento em harmonia com o ecossistema e que resulte em um sistema capaz de se adaptar às mudanças futuras. Um exemplo de empreendimento portuário que já está alinhado a este conceito é a expansão para a jusante do rio Maas, do Porto de Roterdã: *Maasvlakte* e *Maasvlakte 2*, instalação do tipo *offshore*.

Como citado por Moreira (2009), a Autoridade Portuária de Roterdã segue a tendência da União Europeia para tornar o sistema do porto independente, associando-se à questão de energia limpa, tal como descrito no *The Port Vision 2030*, onde diz-se que investimentos serão realizados em outras fontes de energia, tal como a energia eólica, de forma a garantir o suprimento de energia da indústria, resultando na contribuição do complexo industrial portuário para a segurança energética da região europeia onde está inserido.

No *The Port Vision 2030*, a Autoridade Portuária realizou acordos com diversos parceiros com o intuito de alcançar a capacidade total instalada de 300 MW até 2020.

Atualmente sua capacidade total instalada é de 200 MW, valor que representa 6.5% da capacidade nacional de produção de energia eólica realizada em terra. Uma turbina eólica moderna comum (de 3 MW) é capaz de prevenir a emissão de aproximadamente 4.000 toneladas de CO₂, valor equivalente a emissão de 1.000 carros, cada um percorrendo 25.000 quilômetros por ano. A quantidade de energia necessária para construir, instalar, manter e desmontar uma turbina eólica após um ciclo de vida de 20 anos é recuperada em 3 a 6 meses de operação. Há ainda 3 campos eólicos a serem realizados no *Maasvlakte 2*, com capacidade instalada de 150 MW.

Figura 13 - Localização dos campos eólicos já planejados e realizados



Fonte: Adaptado de (GOOGLE MAPS, 2017).

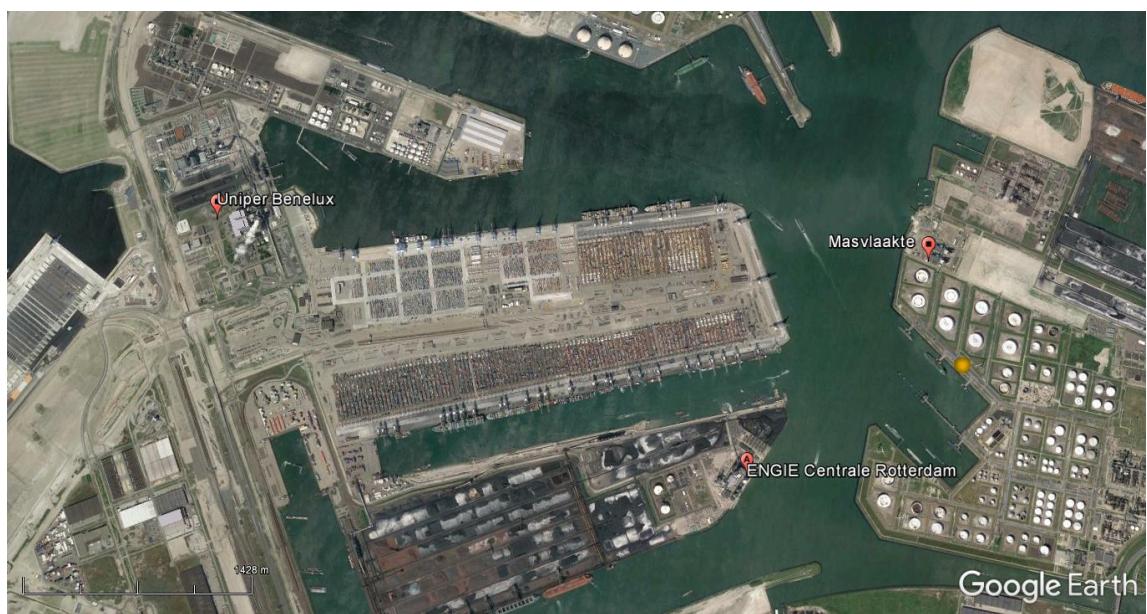
Figura 14 - Vista do campo eólico localizado na rodovia N15, *Maasvlakte 2*



Fonte: (GOOGLE MAPS, 2017).

O uso combinado de biomassa em centrais elétricas é uma importante forma de reduzir as emissões de CO₂ na geração de energia. As novas centrais elétricas a carvão, Engie e Uniper, localizadas em *Maasvlakte* são capazes de fazer uso combinado de 20 a 30 % de biomassa.

Figura 15 - Vista aérea do *Maasvlakte*



Fonte: (GOOGLE MAPS, 2017).

O porto possui um dos maiores polos industriais de energia renovável do mundo, sendo um *hub* de biomassa, tal como pellets de madeira. Sua infraestrutura possibilita o manuseio, estocagem e distribuição de biomassa de forma eficaz.

De acordo com o *Fact Sheet - Rotterdam Energy Port* (PORT OF ROTTERDAM, [s.d.]) o porto também espera ser o *hub* de CO2 europeu, com o transporte via navios do CO2 coletado por tubulações e destinados para reservatórios do tipo *offshore*. Atualmente CO2 já está sendo capturado e transportado no porto. A *joint venture* da Linde Gas e Volker Wessels fornece 0,5 toneladas de CO2 por ano da refinaria da Shell e da fábrica da Abengoa para os agricultores que se dedicam às culturas em estufas. Há também 400 hectares de telhados e espaços vazios que poderiam ser utilizados para a produção de energia solar. Em 2012, instalou-se um parque de energia solar sobre o telhado da RDM Scheepsbouwloods.

4.4.2. Influência e pressão do desenvolvimento portuário sobre o ecossistema costeiro e estuarino

Analisou-se os potenciais impactos do desenvolvimento portuário no ecossistema costeiro. Dividiu-se os impactos em três categorias: impactos morfológicos, impactos químicos (contaminação) e impactos biológicos (espécies exóticas). Não se pode evitar completamente os impactos químicos e biológicos, visto que a tecnologia atual ainda não foi desenvolvida a tal nível que permita torná-los neutros. Entretanto, a severidade dos impactos dependerá de cada caso.

Os maiores riscos e oportunidades para o desenvolvimento portuário ‘sem-impacto’ residem na categoria morfológica do sistema. Ao realizar a dragagem, altera-se a morfologia natural tanto no local de dragagem quanto no local de deposição do material dragado. Esta alteração pode afetar a hidromorfologia do ecossistema devido a mudança da interação entre as correntes marítimas e os sedimentos, resultando em uma mudança das condições ambientais tais como turbidez e tamanho das partículas dos sedimentos. Os impactos da dragagem ainda não são bem conhecidos, apesar do progresso dos últimos 20-30 anos em estimá-los. Entretanto, é provável que as operações de dragagem afetem o funcionamento do ecossistema no curto prazo devido à perda de estruturas físicas e funções de bioturbação.

Notou-se que a deposição do material dragado em áreas já utilizadas para esse fim apresentou menores impactos e, em alguns casos, apresentou benefícios

(STRONKHORST et al., 2003). Os fatores que determinam se existirão ou não efeitos adversos são a qualidade do material dragado (em termos de carbono orgânico, contaminação e sedimentos similares), a quantidade, a frequência da deposição e a natureza do ambiente na área de deposição. Desses quatro fatores, três podem ser ajustados para atenderem um cenário mais sustentável e são eles: qualidade do material dragado, quantidade e frequência. A localização para a deposição do material dragado dependerá de escolhas subjetivas, isto é, atribuição de maior ou menor valor das áreas potencialmente afetadas (BOLAM et al., 2006).

Atualmente as operações de dragagem se tornaram mais sustentáveis e criaram-se novas opções para a realocação do material dragado. Entretanto, a repetição das operações de dragagem impedirá a recuperação do meio ambiente. Assim, de forma a alcançar o desenvolvimento portuário sustentável, deve-se optar por uma localização com maiores profundidades e com menores impactos no processo de sedimentação.

O potencial do desenvolvimento portuário sustentável em não acarretar impactos no ecossistema costeiro dependerá nos fatores de mitigação de contaminantes, perturbação e espécies exóticas. Para incluir o ecossistema no projeto e gerenciamento do porto sustentável, deve-se avaliar o estado atual do ecossistema costeiro e as suas necessidades. Além disso, também deve-se ter um bom monitoramento de indicadores do funcionamento do ecossistema, tais como níveis de nutrientes e abundância de espécies fundamentais.

O relatório propõe a incorporação do funcionamento do ecossistema costeiro no desenvolvimento portuário por meio de gestão ecossistêmica, definida como ‘abordagem de gestão ambiental que reconhece o conjunto completo da interação em um ecossistema, incluindo os seres humanos, e não somente questões, espécies ou serviços ecossistêmicos específicos de forma isolada’ (MCLEOD et al., 2005).

4.4.3. Influência do meio físico sobre os portos

Aborda a influência do meio físico no porto e a importância da escolha da localização como parte do processo de projeto. Salienta-se a importância da localização do porto com base no atendimento da hinterlândia de interesse. Aponta-se a necessidade de analisar diversos critérios que podem afetar o projeto e a

operação do porto, tais como: presença de costa rochosa ou arenosa, exposição à ondas e correntes de maré, situação morfológica, e presença de infraestrutura.

Costas arenosas em geral apresentam menores custos de dragagem e pode-se realizar recuperação de terras (*land-reclamation*). Entretanto, operações em costas arenosas afetam o transporte de sedimentos. A interrupção do transporte de sedimentos acarreta em deposição de sedimentos de um lado e erosão de áreas (como praias) adjacentes do outro. Além disso, as bacias portuárias servem de depósito natural aos sedimentos, devendo-se realizar operações de dragagem.

Tanto ondas de curto período (com períodos de onda de 4 a 18 s) quanto ondas de longo período (com períodos de onda superiores a 30 s) podem ocasionar em movimentação das embarcações. A proteção contra tais ondas é normalmente obtida com a construção de quebra-mares. Já as correntes de marés devem ser levadas em conta para a manobra dos navios. Além disso, a variação do nível de água devido aos regimes de marés pode interromper o acesso de grandes embarcações. Dessa forma deve-se fornecer maiores profundidades (por dragagem, por exemplo) ou prever de forma exata as janelas de maré que permitam a passagem das embarcações. Técnicas inteligentes e inovadoras de amarração também podem auxiliar a redução do impacto das ondas nas operações dos navios.

A presença de infraestrutura é fundamental para a competitividade de um porto. Considerando-se a infraestrutura de transportes, deseja-se um modal com grande capacidade e baixo risco de congestionamento, podendo se dar pelos modais rodoviários, ferroviários, dutoviários ou por vias navegáveis, sendo os três últimos modais preferíveis em relação ao primeiro, considerando-se o ponto de vista ambiental. A tendência atual entre os portos é a da escolha por esses três modais últimos modais.

A respeito da situação morfológica, tem-se o problema já abordado da interrupção do transporte de sedimentos e consequente deposição de sedimentos em uma região e erosão em outras (e.g. erosão de praias). O efeito da interrupção do transporte de sedimentos pode ocorrer devido a construção de molhes ou quebra-mares.

4.4.4. Modelos de gestão e governança

A localização de um porto e seu projeto estão ligados diretamente às atividades que deseja facilitar. Estas atividades podem ser exclusivamente para exportação ou importação e transbordo, podem ainda ser somente para um tipo de carga ou uma combinação de diferentes tipos. Por exemplo, o porto de Roterdã, cujo objetivo é principalmente o transbordo de todos os tipos de carga e onde múltiplas atividades industriais estão localizadas, deve ser capaz de receber diferentes tipos de embarcações e principalmente, deve possuir boa infraestrutura para o acesso da hinterlândia. Salienta-se que os terminais de contêiner são mais restritivos quanto às condições de ondas e de correntes (PIANC, 2012).

No passado, a localização do porto era decidida com base na presença de atividades econômicos e de abrigo natural, tais como estuários ou baías.(NOTTEBOOM, RODRIGUE, 2005), desenvolveram um modelo de desenvolvimento portuário contemporâneo que inclui o surgimento dos terminais concentradores de carga *offshore* e incluem o sistema continental de distribuição de carga como um dos principais propulsores para o desenvolvimento portuário. Os portos atualmente estão se especializando devido a considerações geográficas, tais como proximidade e intermediação entre produção e consumo. O modelo desenvolvido por Notteboom e Rodrigue considera as seguintes fases: 1) portos dispersos, 2) penetração e captura de hinterlândia, 3) interconexão e concentração, 4) centralização, 5) descentralização e inserção de *hubs offshore*, 6) e regionalização.

Separa-se a hinterlândia em dois tipos: cativa ou contestável. Utiliza-se a descrição de Notteboom (2009):

“Todas as regiões onde um porto possui uma vantagem competitiva substancial por conta de menores custos generalizados de transportes pertencem a hinterlândia cativa. Já a hinterlândia contestável consiste de regiões onde não há um porto específico com clara vantagem de custos em relação aos portos competidores.”

Desta forma, a competição de mercado entre os portos ocorre na hinterlândia contestável.

Em hinterlândias contestáveis, os transportadores baseiam suas escolhas de transporte com base no custo logístico generalizado de toda a cadeia de transporte, desde sua origem até seu destino. Assim, para aumentar seu volume, os portos

buscam reduzir seus custos generalizados. Tal incentivo de redução não está presente em portos cativos. Distinguir a hinterlândia atendida é de extrema importância para a viabilidade financeira de um porto, visto a maior competição e necessidade de investimentos em portos operando com hinterlândias contestáveis.

Assim, no desenvolvimento portuário ‘sem-impacto’ em hinterlândias cativas, os possíveis custos mais elevados do porto sustentável podem ser absorvidos pelos próprios transportadores. Já nos casos de hinterlândias contestáveis, os custos podem ser absorvidos pelo Governo, visto a maior dificuldade em repassar o aumento dos custos para os transportadores.

De acordo com o World Bank (2003), a gerenciamento portuário é estruturado ao redor da posse, modelos de gestão portuária, e estruturas regulatórias. Quanto aos modelos de gestão portuária, tem-se: *public service port*, *tool port*, *landlord port*, *private sector port*.

O modelo de gestão portuária mais comum entre os portos brasileiros é a de *landport port model*, onde a Autoridade Portuária detém a posse da infraestrutura portuária básica (tais como quebra-mares, caís e bacias). Os caís são concedidos para as operadoras privadas. Neste modelo, a Autoridade Portuária se mantém responsável pelo gerenciamento econômico do porto e da manutenção da infraestrutura básica comum.

As operadoras privadas são responsáveis pela manutenção da sua própria superestrutura, equipamento e sistema de informação. Assim, os principais *stakeholders* envolvidos são a Autoridade Portuária Pública e as operadoras privadas.

O fundo para investimento em infraestrutura básica pode ser fornecido pelo governo na forma de subsídios. Os investimentos nos terminais são realizados pelas próprias operadoras com base em estudos de viabilidade.

Uma vantagem importante é a existência de cláusulas a respeito de como os terminais devem ser utilizados, graças à relação contratual entre a Autoridade Portuária e as operadoras. Pode-se exigir, por exemplo, a restrição de emissão de CO₂ nas operações portuárias.

Outro modelo de gestão comum no Brasil é o *private sector port*, isto é, o modelo de porto privado. Há dois tipos de portos privados: aqueles construídos para dar suporte às atividades operacionais de uma companhia privada (portos ligados a

uma companhia mineradora, por exemplo) e que não necessitam ser lucrativos, e aqueles construídos para serem lucrativos por si mesmos.

A principal vantagem deste modelo de gestão é que o desenvolvimento portuário costuma ser orientado com base no mercado. Desta forma, os investimentos são avaliados cuidadosamente, o que permite a consideração de riscos tanto no curto prazo quanto no longo prazo, inclusive levando-se em conta os riscos relacionados às mudanças climáticas. Contudo, este modelo pode tornar mais difícil a imposição de políticas de desenvolvimento sustentável que não ocorram pela forma de lei ou regulação. O principal *stakeholder* do modelo é a Autoridade Portuária Privada e o Governo pode ter um papel fundamental com o processo de licenciamento.

A localização do porto não está limitada somente por restrições físicas, mas também é limitada por critérios socioeconômicos e políticos. Disponibilidade de área, localização e acessibilidade aos mercados são fatores determinantes (NOTTEBOOM, DUCRUET, DE LANGEN, 2009). Como normalmente o desenvolvimento portuário dão continuação a desenvolvimentos históricos, haverá um certo grau de dependência histórica. Assim, o foco do desenvolvimento portuário dos portos existentes será o de aumento da capacidade dentro ou próximo a área portuária existente.

Nota-se que o processo de projeto e a escolha da localização são geralmente desassociados. Normalmente, a Autoridade Portuária decide a localização do porto e então solicita o projeto para esta localização a uma firma de engenharia.

Todos os modelos de gestão portuária permitem o desenvolvimento de modelos portuários sustentáveis e de portos ‘sem-impacto’. Contudo, deve-se considerar os benefícios a sociedade gerados pelo desenvolvimento sustentável. Tais benefícios resultam em melhor imagem junto ao público. A vantagem dos modelos com maior envolvimento do setor público, tal como o modelo de *landlort port* é a facilidade de implementação de padrões de sustentabilidade, desde que os fundos (subsídios) necessários estejam disponíveis. Além disso, portos dirigidos pelo setor público podem incorporar externalidades negativas em seus casos de negócios (*business cases*). Desta forma, os efeitos das externalidades se tornam visíveis e servem de incentivo para o desenvolvimento de projetos mais sustentáveis. Já a vantagem de portos privados reside na ausência de investimento governamental adicional para o desenvolvimento portuário. Entretanto, considerando-se que em geral portos ‘sem-impacto’ demandam maiores investimentos, torna-se necessário uma

forte regulação governamental para que os operadores privados tenham os incentivos necessários para desenvolver um porto ‘sem-impacto’.

4.4.5. Fundamentação socioeconômica do desenvolvimento portuário

Grande parte dos novos desenvolvimentos portuários se dará em países emergentes. Espera-se que estes países construam uma importante parte de sua infraestrutura nas próximas duas décadas. Suas escolhas determinarão as opções futuras e a vulnerabilidade de suas infraestruturas, como por exemplo a habilidade de adaptar a infraestrutura as mudanças climáticas e ao desenvolvimento demográfico e socioeconômico. Um dos desafios será desenvolver a infraestrutura portuária com mínimas consequências externas negativas. O conhecimento do impacto de um porto no bem-estar social de um país pode ser utilizado para determinar quais impactos devem ser minimizados. Este conhecimento também poderá fornecer aos governos uma fundamentação para investir em outro tipo de porto. O capítulo se inicia com a consideração da Análise do Custo Benefício Social (*Social Cost Benefit Analysis*) para analisar os custos econômicos e os benefícios de um porto para a sociedade como um todo. A segunda parte considera os custos financeiros e os benefícios para o investidor.

Em geral, a maximização do lucro é entendida como o objetivo dos investimentos no setor privado, enquanto a maximização dos benefícios líquidos sociais é o objetivo conjunto do setor público. Tendo em vista este último objetivo, a Análise do Custo-Benefício Social (SCBA) é usada frequentemente para dar suporte ao processo de tomada de decisão em muitos tipos de projetos públicos. A SCBA auxilia a prever se os benefícios sociais de uma política ou investimento supera os custos, e compara os custos e benefícios entre alternativas. A SCBA inclui os efeitos do ecossistema ao estimar a mudança no bem-estar social devido as mudanças no ecossistema.

Enquanto a SCBA fornecerá o conhecimento a respeito dos benefícios sociais gerais do desenvolvimento de um porto ‘sem-impacto’, a análise financeira focará no valor dos elementos dos portos e nas operações portuárias a partir de uma perspectiva de negócios de cada *stakeholder* envolvido no investimento. Empresas focarão nos casos de negócios considerando os riscos do investimento e na avaliação dos futuros fluxos de caixa. O conhecimento da fundamentação das empresas será muito importante para a possibilidade de implementar o porto ‘sem-impacto’.

Os casos positivos de negócios não necessariamente implicam em uma análise de custo-benefício social positiva, e vice-versa. Um investimento pode ser benéfico para os investidores, mas os efeitos negativos sobre o ecossistema podem resultar em um efeito social e cultural negativo. O contrário também é verdadeiro: um projeto com uma análise de custo-benefício social positiva não necessariamente resulta em um bom investimento para os *stakeholders* envolvidos.

Para avaliar os aspectos do bem-estar relacionados ao ecossistema costeiro, utiliza-se a abordagem de serviços ecossistêmicos, onde as funções existentes no ecossistema são traduzidas em benefícios aos seres humanos. A figura abaixo exemplifica alguns dos serviços ecossistêmicos disponíveis mais comuns.

Figura 16 - Serviços ecossistêmicos comuns aos ecossistemas costeiros



Fonte: (SCHIPPER, VERGOUWEN, MINDERHOUD, 2015).

Os efeitos do desenvolvimento portuário sobre os serviços ecossistêmicos dependem da forma do desenvolvimento e da abundância e qualidade dos serviços disponíveis no local de implantação.

Podemos analisar os alguns dos efeitos sobre os serviços de forma generalizada:

Referente às matérias primas, sabe-se que a construção de bacias e quebra-mares reduz as correntes, o que aumenta o processo de sedimentação de areias e lodos. A areia pode ser utilizada para a construção obras públicas, alimentação artificial de praias e construções rodoviárias (MAES, SCHRIJVERS, 2005). A

sedimentação de areia próxima ao porto oferece melhores possibilidades de extração. Entretanto, o material depositado deve atender a certas condições de qualidade. O porto pode influenciar de forma negativa a qualidade da areia. De maneira geral, o porto provavelmente não terá um efeito significativo sobre esse serviço ecossistêmico.

Analizando-se o impacto sobre o bem-estar social, conclui-se que os seres humanos podem extrair a mesma quantidade de areia com ou sem a presença portuária. Entretanto, ao aumentar o processo de sedimentação, o porto oferece uma localização de extração mais acessível, o que reduz os custos de extração. Visto que os custos envolvidos são majoritariamente os custos de transporte (BRIENE et al., 2011) a redução dos custos pode ser substancial. Entretanto, os sedimentos portuários costumam estar contaminados com POPs, PCBs, PAHs, TBT, óleos minerais e metais, o que limita o uso comercial. Portanto, o valor dos benefícios da sedimentação adicional é baixo, seja pelo baixo aumento relativo do processo de sedimentação, seja pela limitação no uso comercial. No caso da possibilidade de venda do material dragado, o valor em potencial pode ser estimado pela redução dos custos de dragagem.

O desenvolvimento portuário tem o potencial de remover ou perturbar o habitat, podendo reduzir a qualidade da água ou dos sedimentos, dependendo da localização e medidas mitigadoras. Assim, em locais que contenham habitats com funções de berçários, os impactos decorrentes do desenvolvimento portuário podem afetar negativamente o estoque de peixes e outros animais. Adicionalmente, a introdução de espécies alóctones invasivas através da água de lastro, tais como águas-vivas, pode aumentar a competição por alimentos e outros recursos naturais, podendo ter impacto sobre o estoque de peixes (WALSH, 2015). De maneira geral, espera-se que o porto diminua esse serviço ecossistêmico.

Analizando-se o impacto sobre o bem-estar social, espera-se que o porto reduza o serviço ecossistêmico ligado aos frutos do mar. Entretanto, deve-se analisar o grau de redução. Um pequeno decréscimo pode ter efeitos locais, afetando os pescadores locais e reduzindo o *turnover* dos pescadores. Contudo, ao construir um porto em uma região com importante função de berçário ou rota de migração, pode-se afetar os pescadores em larga escala, afetando os preços de mercado de frutos do mar.

Quanto à proteção contra enchentes, o ecossistema costeiro pode fornecer a função de proteção natural. Estruturas como bancos de areias, dunas e ecossistemas como pântanos, mangues e vegetações costeiras podem atenuar ondas, e como resultado, contribuir para a proteção contra enchentes (GROOT et al., 2014). Em caso de remoção dessas estruturas ou ecossistemas para a implantação de um porto, a proteção natural local será reduzida. Contudo, a construção de estruturas de proteção pode auxiliar na proteção artificial da costa. Assim, com exceção do caso da presença de estruturas de proteção, assume-se que esse serviço ecossistêmico será reduzido devido a construção ou expansão portuária.

Analizando-se o impacto sobre o bem-estar social, deve-se analisar as consequências de uma encheente em potencial. Por exemplo, se uma área densamente povoada sofrerá danos devido a maior suscetibilidade a enchentes ocasionada pela construção de um porto, o impacto sobre o bem-estar social será maior. Este impacto pode ser visto como o efeito negativo do decréscimo da função ecossistêmica de proteção contra enchentes. Entretanto, em áreas sem estruturas naturais de proteção contra enchentes, o desenvolvimento portuário pode aumentar a proteção contra enchentes de maneira artificial, tendo efeito positivo sobre o bem-estar social.

Referente à qualidade da água, os organismos do ecossistema costeiro possuem o potencial de influenciar de maneira positiva a qualidade da água devido a sua habilidade de transformar e armazenar nutrientes. Os portos podem ter um efeito negativo sobre a qualidade da água devido aos acidentes, substâncias anti-incrustantes, águas de lastros, descargas orgânicas, perda de habitat de benthos e ressuspensão de sedimentos. Portanto, assume-se um decréscimo na qualidade da água decorrente do desenvolvimento portuário.

Analizando-se o impacto sobre o bem-estar social, o novo porto servirá de fonte poluidora e de eutrofização. Além disso, o porto reduzirá a função de ciclagem de nutrientes. Assim, haverá redução da qualidade d'água, o que influenciará o turismo, saúde humana e os pescadores. O uso do ecossistema costeiro determinará os impactos gerados. Quanto ao turismo, o *World Bank* (2003) estimou que houve uma perda de 940 milhões de euros anuais devido a poluição da água nas Filipinas. Em caso de a perda de qualidade da água afetar o estoque de peixes, haverá impactos negativos sobre os pescadores. Adicionalmente, a exposição a doenças endêmicas e

altas concentrações de nutrientes pode ser prejudicial à saúde humana. Caso o porto seja desenvolvido em água doce, poderá ocorrer impacto sobre a qualidade da água para consumo humano, o que pode prejudicar a produtividade do setor agrícola (UNEP, 2011).

A respeito dos processos erosivos e de sedimentação, a morfologia de um ecossistema costeiro em seu estado natural está em equilíbrio. O desenvolvimento portuário pode interromper este equilíbrio (DELTARES, 2010). Os efeitos sobre o balanço de sedimentos dependerão das características do porto. Adicionalmente, alguns organismos são capazes de criar estruturas que estabilizam sedimentos leves e o distúrbio do habitat onde se encontram pode reduzir a sua capacidade. De maneira geral, espera-se um distúrbio sobre os processos naturais de erosão e sedimentação.

Quanto aos efeitos sobre o bem-estar social, deve-se analisar os locais sujeitos aos processos erosivos e de sedimentação. Por exemplo, caso os efeitos sobre o balanço de sedimentos acarretem na erosão de uma praia turística, os efeitos sobre o bem-estar social serão muito maiores do que os mesmos efeitos erosivos em uma praia desértica. Nota-se que o serviço ecossistêmico relacionado ao processo de erosão e sedimentação é pouco afetado em costas rochosas.

Quanto a regulagem climática, sabe-se que mangues, pradarias de ervas marinhas e algas podem sequestrar carbono em ecossistemas costeiros. O distúrbio destes ecossistemas pode afetar o sequestro e consequentemente, o enterro de carbono. Embora a eutrofização em portos possa resultar em um aumento temporário do sequestro de carbono, no longo prazo a estabilidade do ecossistema será reduzida.

4.4.6. Manutenção de biodiversidade

A perda de habitat e mudanças nas condições ambientais (e.g. redução da qualidade da água) devido ao desenvolvimento portuário pode reduzir a biodiversidade. O porto também pode servir de entrada para espécies alóctones. Entretanto, o porto pode fornecer novas habitats que favoreçam a biodiversidade.

Quanto aos efeitos sobre o bem-estar social, deve-se novamente analisar o grau dos impactos sobre o serviço ecossistêmico. Por exemplo, corais, mangues e pradarias de ervas marinhas sustentam uma maior diversidade do que zonas pelágicas (regiões oceânicas onde vivem normalmente seres vivos que não dependem dos fundos marinhos). Assim, o efeito no bem-estar da perda desses tipos

de ecossistemas também seria maior. Contudo, os seres humanos valoram as diferentes espécies marinhas de forma distinta. Espécies mais carismáticas, como baleias, focas e pássaros são mais valorizados do que organismos bentônicos (RESSURREICAO, 2012). Desta forma, a redução de espécies carismáticas implica em um efeito negativo maior do que a redução de outras espécies (BARBIER et al., 2011). Resumidamente, o valor que as pessoas atribuem a cada espécie, somado ao valor dos alimentos fornecidos pelos serviços ecossistêmico determinam o impacto sobre o bem-estar social.

Os ecossistemas costeiros são lugares muito populares de recreação. A redução da biodiversidade (principalmente de espécies mais carismáticas), da qualidade da água e de área para a recreação ocasionada pelo desenvolvimento portuário prejudicarão as possibilidades recreativas. Além disso, o porto pode reduzir o valor de amenização da paisagem. A melhora na acessibilidade pode, contudo, atrair um maior número de pessoas para a área próximo ao porto. O desafio encontra-se no desenvolvimento de um plano de gestão ecossistêmica que considere as possibilidades recreativas, levando-se em conta as opções como pesca recreativa e turismo portuário.

Quanto aos efeitos sobre o bem-estar social, deve-se novamente analisar o grau dos possíveis impactos. O porto poderá ocupar uma área que do contrário teria uso recreacional. Se a área já tivesse este uso, o porto terá impactos negativos. Este impacto poderá ter maior ou menor efeito dependendo do número de locais recreacionais alternativos.

Há ainda dois tópicos importantes que são tratados separadamente, por não estarem associados a serviços ecossistêmicos: poluição atmosférica e sonora.

A infraestrutura portuária é uma fonte de poluição atmosférica. É esperado um aumento deste tipo de poluição com a construção ou expansão portuária. Entretanto, a atividade portuária também está associada a redução do transporte terrestre, o que reduz a poluição atmosférica. A ausência do desenvolvimento portuário tende a elevar a poluição atmosférica (TRANSPORT RESEARCH KNOWLEDGE CENTRE, 2009). O efeito positivo ou negativo sobre a poluição do ar dependerá do peso de cada ponto.

Grandes progressos foram alcançados quanto a melhora da qualidade do ar em regiões portuárias ocasionada a redução de emissões. Por exemplo, o Porto de

Roterdã implementou um diverso número de leis e medidas para melhorar a qualidade do ar. Gestão dinâmica do tráfego para reduzir congestionamentos foi incorporada no projeto da área do porto. Cobra-se 10% a menos de embarcações ambientalmente mais limpas, desde que atendam certas normas ISO (ROTTERDAM OFFICE FOR SUSTAINABILITY AND CLIMATE CHANGE, 2011).

Os efeitos sobre o bem-estar social decorrente da poluição atmosférica irão depender do tipo de poluição e a exposição humana. Os efeitos negativos ocasionados pela pior da qualidade do ar podem afetar de forma crônica e aguda a saúde humana. A poluição atmosférica tem sido associada ao câncer pulmonar, doenças respiratórias e cardíacas, crises de asma, e redução da expectativa de vida (KAMPA, CASTANAS, 2007). Os custos à saúde podem ser mensurados considerando-se a perda de produtividade, diminuição da qualidade de vida e redução da expectativa de vida. Os custos de emissão de CO₂ podem ser estimados considerando-se o preço de mercado de CO₂.

Quanto a poluição sonora, a construção ou expansão portuária ocasionará em um provável acréscimo. Entretanto, grande progresso foi alcançado quanto a este aspecto. Por exemplo, no Porto de Roterdã, pavimentos de baixo-ruído foram implementados. O porto também construiu uma barreira acústica para reduzir o nível de ruído no centro da cidade de Roterdã (ROTTERDAM OFFICE FOR SUSTAINABILITY AND CLIMATE CHANGE, 2011).

Os efeitos sobre o bem-estar social dependerão do volume e exposição aos ruídos. A poluição sonora pode prejudicar a saúde humana, ocasionando incômodo, perturbação do sono e doenças cardíacas (PASSCHIER-VERMEER, PASSCHIER, 2000). Os efeitos negativos podem ser estimados considerando parâmetros de perda de produtividade e redução da qualidade de vida. CE Delft estimou que os custos sociais decorrentes do ruído do tráfego na União Europeia são superiores a 40 bilhões de euros por ano (CE DELFT, 2007). A poluição sonora também pode afetar a biodiversidade, como mamíferos e pássaros.

Os custos relacionados ao empreendimento portuário envolvem a construção, aquisição, operação e manutenção da infraestrutura. Há ainda outros custos adicionais tais como investimentos em conexões rodoviárias e zonas industriais. A seguir, faz-se uma breve descrição dos custos envolvidos.

Os custos de construção podem ser divididos em: construções novas e expansões. Os custos de construções novas incluem, geralmente, a construção de quebra-mares, cais, berços, desenvolvimento de instalações de docas secas, edificações, terminais de caminhões e dragagem. Há custos adicionais substanciais associados *land reclamation* ou aquisição de novas áreas. Já os custos de expansão dependem do objetivo da expansão e da localização portuária. Expansões costumam estar frequentemente associadas a processos de *land reclamation* e aquisição de novas áreas (GULER, 2003).

Os custos de manutenção e operação são custos recorrentes. Os custos operacionais envolvem os custos de mão de obra, combustível, seguro, auditoria, *royalties*, segurança e outros custos (BICHOU, 2014).

Os custos de manutenção podem ser divididos em custos de prevenção e manutenção corretiva. A manutenção preventiva costuma ocorrer de maneira programada, tal como dragagem e repintura de estruturas metálicas.

Cada vez mais a dragagem é considerada como uma importante despesa, devido ao aumento do tamanho das embarcações. Os custos associados a dragagem dependem da natureza e quantidade do material a ser dragado (composição e qualidade), frequência, regime de ondas, e custo de mobilização dos equipamentos.

Os menores custos são associados à argila, silte e areias finas e médias, em seguida tem-se a dragagem ou remoção de solos resistentes, grossos e rochas. A disparidade entre os custos de dragagem de cada material pode ser superior a 500%. Contudo, solos resistentes e rochas não possuem dragagem de manutenção.

Há uma diferença de custo entre a dragagem de manutenção e de ampliação. De acordo com o centro de navegação da Usace (2014), o custo de manutenção é de aproximadamente 4 dólares/m³, enquanto a dragagem de implantação é de 16 dólares/m³. A dragagem de implantação envolve a retirada de material compacto e mais resistente, enquanto a dragagem de manutenção envolve materiais menos resistentes, tais como argila, silte e areia fina.

Os benefícios financeiros do porto podem ser separados em benefícios diretos aos operadores ou proprietários e benefícios aos usuários. O efeito mais relevante da construção ou expansão portuária é o aumento da atividade portuária. O benefício direto decorrente do aumento da atividade é o retorno financeiro dos serviços

utilizados pelas embarcações, tal como taxa sobre tonelada de carga manuseada (GULER, 2003).

A melhora das instalações portuárias, aumento da capacidade e diminuição de distâncias de transporte (no caso de novos portos) são os principais efeitos do desenvolvimento portuário para os usuários. Os benefícios aos usuários são principalmente associados a redução de custos relacionados a despesas operacionais e de custos gerais de transporte. A redução do custo operacional surge da redução dos tempos de espera, aumento da produtividade, e economia de escala ao se operar maiores embarcações, no caso de aumento da profundidade e largura dos canais. O principal benefício de operar embarcações maiores é a redução dos custos de transporte. Por exemplo, o custo de transporte de uma embarcação de 3000 toneladas é de aproximadamente 70 dólares por tonelada, enquanto para uma embarcação de 17000 toneladas, reduz-se o custo para 22 dólares por tonelada (GULER, 2003).

Os benefícios ao bem-estar social ocorrem devido a diminuição dos custos que resultam ou em aumento do lucro aos usuários do porto ou em redução dos preços aos consumidores, aumento do nível de emprego nas regiões associadas diretamente ao porto e também em regiões não conectadas diretamente. O desenvolvimento portuário também ocasiona em aumento de atração de companhias devido a melhora na localização.

Operações portuárias envolvem diversos riscos e a sua mitigação é passível de ocorrer no projeto do porto ‘sem-impacto’.

Tabela 4 - Medidas para redução dos efeitos da operação portuária

Risco	Probabilidade	Custos	Medida	Alternativa 'sem-impacto'	Impacto no caso de negócio
Falta de profundidade	Alta	Alto	Dragagem	Escolha de local com profundidade natural que não necessite de dragagem	Depende do custo do local alternativo
Impossibilidade de entrada de navios e amarração devido a condições marítimas	Determinada	Alto	Construir quebra-mares	Escolha de local com proteção natural	Depende do custo do local alternativo
Limite de emissão de CO2	Limitada	Dependente da regulação vigente	Adaptar-se as regulações vigentes	Utilizar fontes renováveis de energia sempre que possível e gerar energia localmente	Depende dos preços de energia
Padrões ambientais futuros	Média	Dependente da legislação	Adaptar-se a legislação	Adaptar-se durante a fase de projeto	Negativo
Cientes exigem operações 'sem-impacto'	Limitada	Alto	Adaptar-se de acordo com as exigências dos clientes	Adaptar-se durante a fase de projeto	Negativo
Mudanças climáticas	Depende da vida útil do projeto	Depende da vida útil do projeto e da localização	Nenhuma	Escolher local menos exposto e utilizar uma estratégia de gestão adaptável	Negativo

Fonte: (SCHIPPER, VERGOUWEN, MINDERHOUD, 2015).

Assim, resumiu-se os princípios gerais utilizados para determinar os efeitos do desenvolvimento portuário sobre o bem-estar social. Esses princípios ilustram como os possíveis efeitos negativos sobre o ecossistema costeiro podem ser traduzidos em efeitos sobre o bem-estar social, tradução esta realizada através do conceito de ecossistema costeiro. Enquanto o desenvolvimento portuário contribuirá para o aumento generalizado do bem-estar social, estes princípios ilustram o potencial negativo do desenvolvimento portuário tradicional sobre o ecossistema costeiro e sobre os *stakeholders* do ecossistema costeiro, como pescadores, companhias de dragagem e os habitantes locais. Entretanto, para que seja possível financiar o empreendimento portuário, o empreendimento deve possuir um caso positivo de negócio. Quando se trata de um porto público, o governo pode subsidiar o desenvolvimento portuário. Ao se tratar de um porto privado, sem o retorno adequado sobre o investimento ou em caso de riscos desconhecidos ou expressivos, torna-se difícil atrair os investimentos necessários. O porto 'sem-impacto' proposto considera os efeitos negativos sobre o meio ambiente e sobre os *stakeholders*. O desenvolvimento do porto sob gestão ecossistêmica é mais dispendioso, tanto para a execução quanto para a operação. Governos e agências reguladoras possuem a oportunidade de facilitar a implementação do porto 'sem-impacto' através de leis,

regulações e instrumentos financeiros (subsídios, impostos, e garantias quanto a incertezas). O envolvimento do setor privado pode contribuir significativamente para desenvolver soluções inovadoras. O desenvolvimento portuário pode ser estimulado através de um *positive branding*, condicionalidade de empréstimos e cooperação entre governos e iniciativa privada.

4.4.7. Aplicação do conhecimento no planejamento e desenvolvimento do porto ‘sem-impacto’

Conclui-se no capítulo 2 que os possíveis impactos do desenvolvimento portuário no ecossistema costeiro são específicos de cada caso, dependendo da vulnerabilidade do sistema aos diferentes impactos e medidas mitigadoras. Os maiores riscos e oportunidades para o desenvolvimento portuário ‘sem-impacto’ reside na morfologia do sistema. O distúrbio de habitats inteiros com funções importantes prejudicará o funcionamento do ecossistema e o degradará. No porto ‘sem-impacto’ este distúrbio deve ser evitado. O potencial de impacto de um porto sustentável deve ser avaliado com base em indicadores. Os indicadores ambientais fornecem informação a respeito da condição atual do meio ambiente. Esta informação pode auxiliar os gestores ambientais portuários a reconhecer os potenciais impactos das atividades portuárias, produtos e serviços que podem interagir com o ambiente, e consequentemente, auxiliar no planejamento e implementação da avaliação do desempenho ambiental. É necessário monitorar esses indicadores para a avaliação do funcionamento do ecossistema, tal como a abundância das espécies fundamentais ao ecossistema e os níveis de nutrientes. Informações a respeito da biodiversidade atual, hidrodinâmica, espécies fundamentais e seus requisitos são, por exemplo, necessários para ganhar maior conhecimento a respeito do funcionamento do ecossistema costeiro. Para evitar a perda de habitat, erosão e sedimentação da área portuária, os aspectos ambientais e bióticos do funcionamento do ecossistema para uma localização e projeto alternativo devem ser analisados. Para reduzir impactos no ambiente, o desenvolvimento portuário deve ser desenvolvido com a integração dos diferentes *stakeholders* e reguladores. A gestão ecossistêmica é a abordagem gerencial desejada para o desenvolvimento portuário sustentável. Também podem ser adicionados ao projeto portuário: escolha de soluções de eco engenharia, e escolha de uma localização que exija ajustes mínimos ao sistema natural e que leve em consideração o funcionamento dos habitats.

Como discutido no capítulo 3, operações portuárias, projeto e localização estão interligados e devem ser pensados em conjunto para o desenvolvimento ótimo de um porto ou expansão portuária. Os fatores dominantes no desenvolvimento do porto ‘sem-impacto’ são as características locais específicas que devem ser consideradas no projeto e planos operacionais. Os processos de sedimentação e erosão nos canais de acesso e bacias portuárias influenciam na eficiência do porto, e fornecem incentivos econômicos para projetos alternativos e outras medidas mitigadoras para reduzir o impacto na linha costeira e meio ambiente. Construções portuárias em locais de grande profundidade (e.g. portos *offshore*) em combinação com técnicas inovadoras de amarração podem reduzir os impactos causados pelas estruturas de proteção contra ondas. A partir de uma abordagem sustentável, seria desejável que a escolha da localização fosse parte do processo de projeto, visto que a escolha da localização e o projeto estão intimamente relacionados e possuem consequências no gerenciamento operacional portuário.

No capítulo 4, considerou-se diversos modelos portuários que permitem o desenvolvimento de modelos portuários. Nos modelos de maior envolvimento do setor público, como o *landlord port*, a implementação de padrões de sustentabilidade é facilitada, desde que os fundos (subsídios) estejam disponíveis. Contudo, o setor público tem de lidar com a imposição de um gerenciamento portuário, formulações políticas e governança de uma maneira sustentável. Ao desenvolver um porto ‘sem-impacto’, os diferentes *stakeholders* precisam estar envolvidos e os desenvolvimentos privados devem ser conduzidos por leis e regulações. Em geral, o desenvolvimento portuário pode ocorrer a partir da cooperação entre governos e *stakeholders* para gerar um projeto financeiramente viável com um caso de negócio favorável. O resultado do processo de discussão dos *stakeholders* e a seleção dos indicadores resulta na integração de indicadores de sustentabilidade para as **pessoas, planeta e lucro**. A ‘governança’ como tal não impede o desenvolvimento de portos sustentáveis. Entretanto, precisamos considerar a geração dos benefícios sustentáveis gerados pelos portos ‘sem-impacto’ a sociedade e que não beneficiam diretamente o porto. O benefício ao porto ocorre a partir da melhor imagem junto à sociedade. Contratos de parcerias público-privadas podem ser utilizadas para direcionar os riscos do desenvolvimento portuário para o setor público. Portos privados oferecem oportunidades para o desenvolvimento portuário ‘sem-impacto’ sem gastos públicos

adicionais. Entretanto, é necessário a regulação governamental para promover uma abordagem de gestão ecossistêmica e promover limites dentro dos quais os projetos ocorrerão.

Como explanado no capítulo 5, o porto ‘sem-impacto’ considera os impactos negativos tanto no meio ambiente quanto nos *stakeholders*. Governos e reguladores facilitam o desenvolvimento de infraestrutura portuária sustentável a partir de leis ou regulações e instrumentos financeiros (subsídios, impostos, e garantias sobre incertezas). Um porto ‘sem-impacto’ tende a exigir maiores investimentos para a sua execução e maiores custos operacionais do que um porto tradicional. Esta é uma suposição válida pois caso os custos de um porto ‘sem-impacto’ fossem inferiores, já existiriam portos com características mais sustentáveis. Os portos operam dentro de um ambiente no qual necessitam encontrar um equilíbrio entre os interesses das diferentes partes (incluindo o Governo) e as demandas econômicas da hinterlândia. Dada a política de responsabilidade social corporativa, alguns portos já estão publicando um número de indicadores a respeito de questões sociais e econômicas. Quando olhamos as oportunidades, é importante perceber quais são os interesses e motivações dos tomadores de decisão. Um caso de negócio de um porto ‘sem-impacto’ pode se tornar favorável caso os custos de construção sejam mínimos e a rentabilidade alta. O desenvolvimento do porto ‘sem-impacto’ pode ser estimulado utilizando-se uma promoção positiva de imagem, condicionalidade de empréstimos ou cooperação ativa entre o setor público e privado.

4.4.8. Conclusões

O escopo do relatório do Porto do Futuro é alcançar um desenvolvimento portuário sustentável de longo prazo, ou ainda, estabelecer o programa de desenvolvimento portuário ‘sem-impacto’ como uma iniciativa sustentável integral e interativa. Conhecimento deve ser desenvolvimento para equilibrar o crescimento econômico e social em conjunto com a saúde dos ecossistemas. Necessita-se de soluções inovadoras para o desenvolvimento sustentável portuário ‘sem-impacto’ que estejam em harmonia com o ecossistema e sejam robustas ou adaptáveis a mudanças.

Os potenciais impactos do desenvolvimento portuário ‘sem-impacto’ no ecossistema costeira será específico de cada caso, dependendo da vulnerabilidade do sistema aos diferentes impactos e medidas mitigadoras. Capítulo 2.

É necessário avaliar o estado atual do ecossistema costeiro, feedback ecológico e os requisitos ambientais dos aspectos físicos, químicos e bióticos para o funcionamento do ecossistema, utilizando-se indicadores econômicos, sociais e ambientais para determinar se o desenvolvimento portuário poderia ocasionar impactos no ecossistema costeiro. Capítulo 2 e 6.

Serviços ecossistêmicos podem ser utilizados para avaliar os impactos dos efeitos socioeconômicos sobre o ecossistema costeiro. Capítulo 2, 5 e 6.

Um porto ‘sem-impacto’ viável financeiramente pode ser mais oneroso para se construir e operar. Capítulo 5.

Os principais incentivos econômicos para se projetar um porto de forma alternativa ou tomar medidas mitigadoras são os custos e eficiência associados aos processos de sedimentação e erosão nos canais de acesso e bacias. Capítulo 2, 3,5 e 6.

Os maiores riscos e oportunidades para o desenvolvimento do porto ‘sem-impacto’ reside na morfologia do sistema: a utilização de profundidades naturais para reduzir a necessidade de dragagem de implantação e manutenção, e consequentemente, reduzir os impactos nos habitats. Capítulo 3 e 6.

Visto que a localização do porto é crucial para diversas disciplinas, é desejável que a escolha do local seja parte do projeto, já que a escolha do local e o restante do projeto estão intimamente relacionados e podem afetar a gestão operacional. Capítulo 6.

Diversas disciplinas no desenvolvimento do porto ‘sem-impacto’ estão relacionadas e podem, portanto, influenciar e reforçar umas às outras para alcançar um bom equilíbrio ambiental em conformidade com o crescimento econômico. Capítulo 6.

A gestão ecossistêmica é uma abordagem de gestão relevante e necessária para o desenvolvimento do porto ‘sem-impacto’. Capítulo 6.

A criação conjunta de conhecimento considerando diversas disciplinas (ecologia, morfologia, governança e sócio economia) com todos os *stakeholders* é necessária para o desenvolvimento ótimo do porto ou de sua expansão. Capítulo 6.

Em geral, o desenvolvimento portuário ‘sem-impacto’ pode ser realizado com a cooperação de Parcerias Público-Privadas para se produzir um projeto financeiramente viável com um caso de negócio positivo. Capítulo 6.

4.5. PORTO CONCENTRADOR DE CARGA E CABOTAGEM

Em sua pesquisa para gerar um sistema de informações dos indicadores que configuram o porto concentrador de carga (“*hub port*”), Moreira (2009) diz: “denominam-se portos concentradores de carga as estruturas físicas que dão ênfase às atividades de transbordo de contêiner realizadas entre os transportes transoceânicos, costeiro e de cabotagem. Esses portos são internacionalmente conhecidos pelos seguintes benefícios: (I) contribuição para o aumento do comércio, (II) economia do ciclo e das escalas dos navios, (III) melhores resultados energéticos e ambientais que apresentam quando o transporte costeiro substitui o terrestre”.

A impossibilidade de realizar a plena carga de grandes embarcações, isto é, a operação com peso morto, provoca aumento de fretes, aumento este que é repassado para o custo final das mercadorias comercializadas. Para permitir a plena carga dos navios e consequentemente tornar o transporte mais econômico, deve-se fornecer portos dotados com infraestrutura e superestrutura capaz de descarregar e embarcar ao menos grande parte da carga das embarcações, característica encontrada nos portos concentradores. Observa-se então a otimização de carregamento e a redução do ciclo de viagem dos navios, resultando em ganhos de escala e redução dos custos de transportes.

Segundo Ballou (2003), citado por Moreira, define-se um porto concentrador “quando os clientes não desejam comprar em quantidade suficientemente grande para gerar entregas com carga completa, os logísticos empregam uma estratégia alternativa – suprir através de um sistema de depósitos. Isto é motivado pela redução dos custos de distribuição e pela melhoria do nível de serviço oferecido”.

Como apontado por Alfredini et al., (2014) uma das maiores dificuldades para o intercâmbio comercial dos países do Atlântico Sul com os demais continentes é a distância econômica aos principais polos comerciais globais do Hemisfério Norte. Assim, atualmente não é possível encontrar um exemplo de porto concentrador no Atlântico Sul, apesar de se observar diversos exemplos na Ásia (por exemplo, Porto de Shangai, Porto de Singapura e Porto de Busan), Europa (como os portos de

Rotterdam e Antuérpia) e América do Norte (tais como os portos de Los Angeles e Long Beach). Entretanto, o mesmo autor observa que o Porto de Santos detém o melhor resultado na soma dos requisitos de porto concentrador de carga no Atlântico Sul.

5. DESENVOLVIMENTO

5.1. ANÁLISE DA SOLUÇÃO *OFFSHORE*

5.1.1. Introdução

A concepção de obras portuárias para o desenvolvimento de projetos básicos e executivos deve considerar a análise do oferecimento de condições de proteção das embarcações-tipo contra ação dos ventos, ondas e correntes para possibilitar o acesso à costa, atracação de navios e movimentação de cargas de forma eficiente e sem o risco de prejudicar o sistema logístico do porto.

A avaliação dos locais a serem designados como possíveis candidatos para a construção de portos prevê, essencialmente, condições naturais de abrigo, como canais estuarinos, que demandam poucas obras de melhoramento e de proteção. Historicamente, a grande maioria dos portos de grande relevância mundial, como o Porto de Roterdã, Shangai, Le Havre e Santos, desenvolveram-se inicialmente ao longo do estuário, e posteriormente sofreram grande expansão que exigia a ampliação das instalações portuárias em direção ao mar.

De acordo com dados da literatura, a escolha do tipo de obra de abrigo depende da disponibilidade de enrocamento, profundidade, onda de projeto e condição de fundação. É desejável que as ondas produzidas por ventos ou passagem de embarcações não ultrapassem limites definidos em projeto de acordo com a dimensão da obra a ser construída.

O aumento no tamanho das embarcações associado ao aumento na demanda comercial e movimentação de cargas, teve como consequência direta a necessidade de se aumentar a profundidade das áreas náuticas, como o canal de acesso, bacia de evolução e berços de atracação que devem ser dimensionados a partir do calado dessas novas embarcações e das condições da maré da região.

Assim, verifica-se que além da necessidade de se estabelecer áreas abrigadas, soma-se também a requisição por profundidades compatíveis com o tipo de embarcação. Considerando-se os problemas relacionados ao estudo de caso do Porto de Santos, contemplados no item 3.2 do capítulo 3, esse projeto buscou como solução a implementação de um porto *offshore* dimensionado a partir dos critérios de abrigo e profundidade, atentando-se também à viabilidade técnica, econômica e ambiental.

5.1.2. Método

O processo metodológico do enfoque portuário para a elaboração da solução dos problemas do Porto de Santos seguiu o seguinte procedimento: definição do layout, dimensionamento das áreas náuticas e verificação da área abrigada.

Para a elaboração do layout do projeto do porto *offshore*, foi necessário estabelecer e dimensionar as áreas abrigadas com grandes profundidades naturais que pudessem possibilitar a atracação de embarcações de grande porte, como o *Post Panamax Plus* e o *Triple E*.

Por se tratar de uma obra desprovida de abrigos naturais, além da necessidade de se verificar informações sobre a direção, altura e período das ondas que incidem diretamente no porto, que podem ser obtidos através da rosa de ondas da região, deve-se analisar o comportamento da variação do nível de maré que são dados determinados por institutos de pesquisa e listados em tábua de maré.

Figura 17 - Mapa da região a ser implantada a obra



Fonte: Adaptado de (GOOGLE MAPS, 2017).

Definiu-se, a partir do mapa da região obtido por imagens de satélite e da carta náutica, três alternativas de layout que pudessem atender aos requisitos necessários de abrigo de um porto. Todas as alternativas elencadas buscaram profundidades

naturais superiores a 15 metros e dispostas de modo a evitar a perda da vista turística (poluição visual) da praia do Guaiúba, no Guarujá.

5.1.2.1. Definição do Layout

A região escolhida a ser implantada a obra se situa a aproximadamente 2 km da costa em que se localiza a praia Saco do Major. É uma praia deserta com cerca de 400 metros de extensão, cercada de morros e vegetação da Mata Atlântica. A existência dessas formações rochosas próximo a orla dificultam o acesso de carros e aproximação de barcos na costa.

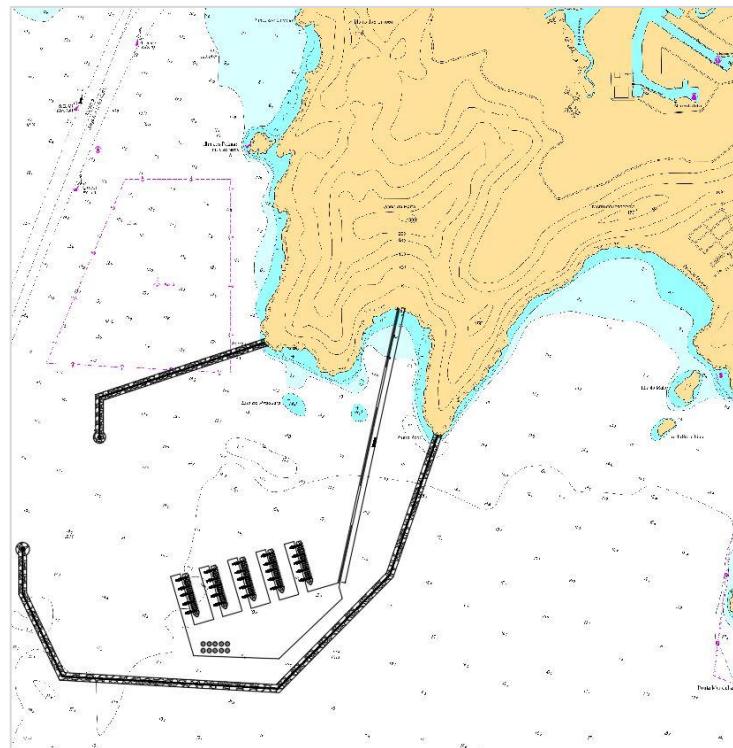
A concepção da disposição e do formato das obras de abrigo foi baseado em um estudo preliminar considerando primariamente a direção das ondas e a profundidade da região visando reduzir os custos com dragagem.

Alternativa 1: Consiste de dois molhes que estão conectados na extremidade do maciço rochoso que cerca a praia Saco do Major, seguido de um píer que proporcionou a criação de dársenas para promover a atracação das embarcações e o transbordo de cargas do porto até as áreas retroportuárias localizadas no continente.

Os molhes possuem cerca de 6.670,25 m de extensão total, com a área do porto somando aproximadamente 488.590,50 m². Apesar de apresentar uma grande região abrigada e uma extensa área destinada às manobras das embarcações, essa alternativa exibe um alto custo de implantação relacionada à construção das obras de abrigo, que demandam elevados volumes de enrocamento. Além do custo, verifica-se que a dinâmica sedimentar associada às correntes litorâneas ao longo da costa sofrerá interferência dos molhes, resultando em processos de acréscimo e engordamento da praia à barlamar e erosão das áreas à sotamar.

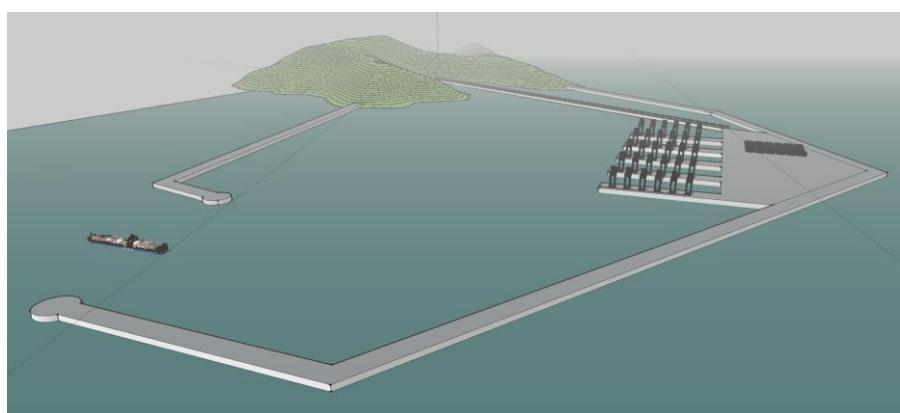
Tendo em vista os conceitos alusivos ao desenvolvimento de portos flexíveis enunciados no capítulo 3, a necessidade de uma eventual expansão ou adaptações das instalações portuárias dessa alternativa é inconcebível e economicamente inviável, pois a largura do píer foi dimensionada a partir das extensões dos molhes e é limitada pela área interna definida por essa obra, que por sua vez só poderá sofrer alterações mediante a uma modificação no projeto e com um elevado acréscimo no custo total da obra.

Figura 18 - Layout 1: representação do quebra-mar na Carta Náutica



Fonte: Autor.

Figura 19 - Layout 1: representação 3D do quebra-mar



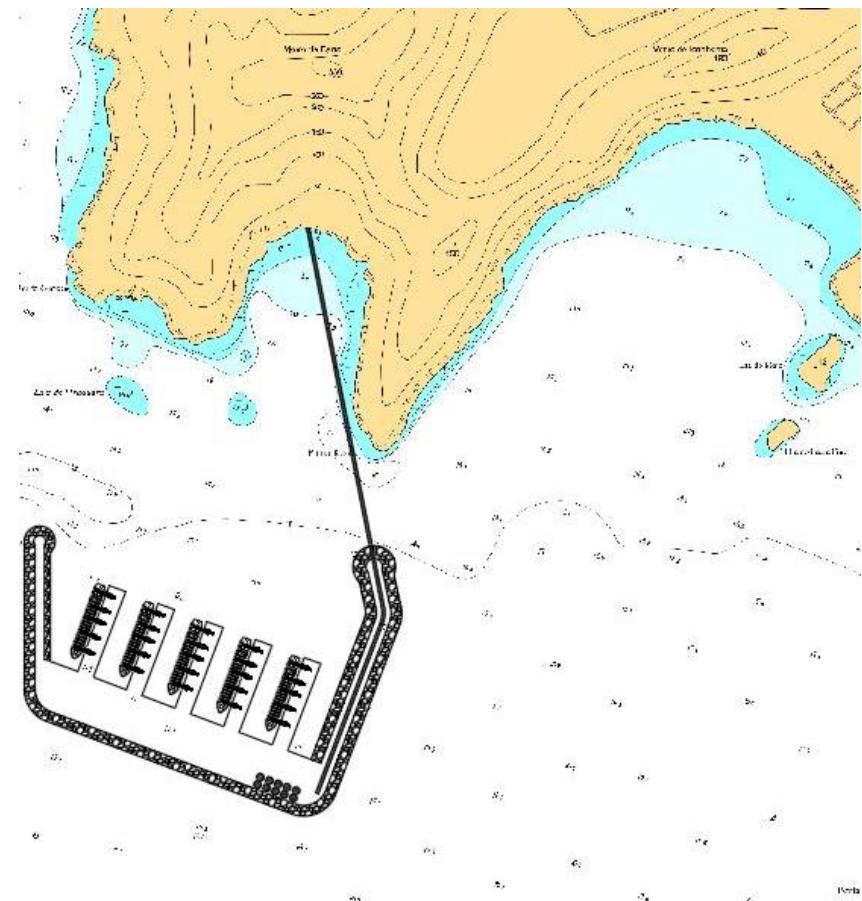
Fonte: Autor.

Os problemas ocasionados pela construção dos molhes não compensam a adoção dessa alternativa como uma solução definitiva de expansão do Porto de Santos. Considerando as adversidades de custo total da obra advindo da construção do molhe e da interferência na dinâmica sedimentar da praia, pensou-se na substituição desse tipo de abrigo por um quebra-mar com um píer integrado, mantendo-se o mesmo número de dársenas que a primeira alternativa apresentava.

Alternativa 2: A adoção de um quebra-mar ao invés dos molhes resolve o problema do transporte de sedimentos ao longo da costa, visto que as correntes litorâneas responsáveis pela dinâmica sedimentar não terão nenhum obstáculo que poderia resultar em perturbações e consequentes problemas erosivos como ocorre na primeira alternativa. A conexão entre a praia Saco do Major e o porto é feito através de estruturas sustentadas por pilares espaçados adequadamente, de modo a não interferir no comportamento das correntes.

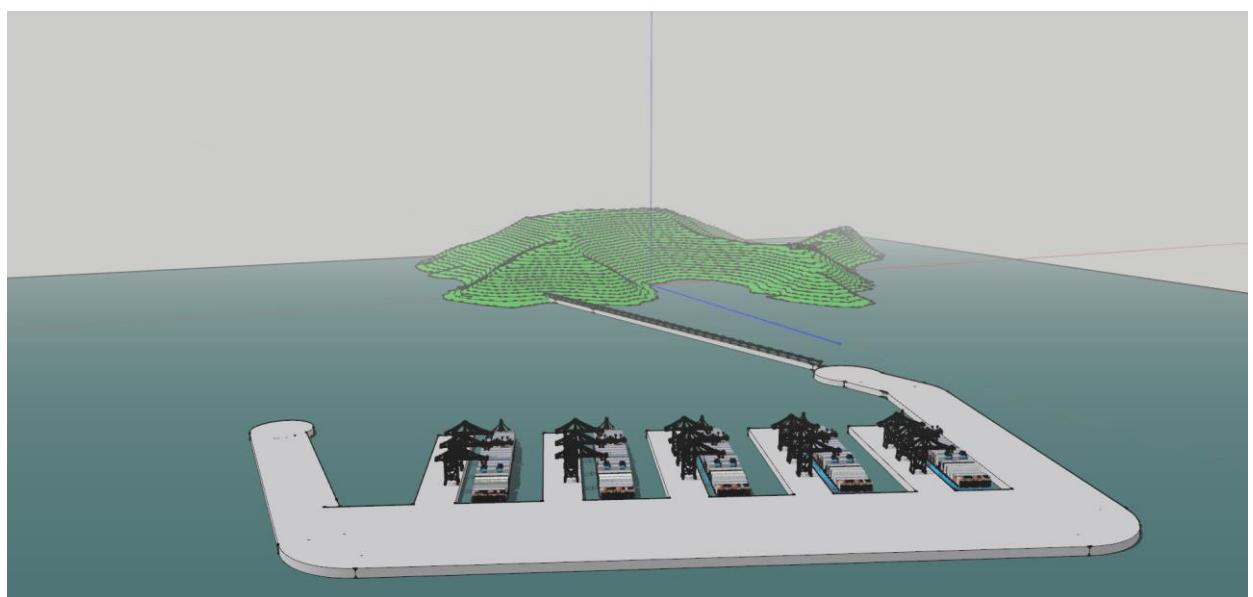
Esse layout, apesar de apresentar muitas conveniências e vantagens em relação a primeira alternativa elencada, manteve o mesmo problema de adaptação em virtude da incapacidade de sofrer futuras e eventuais expansões das áreas portuárias. Tendo como exemplo um aumento na demanda e no transporte de contêineres no porto, pode-se ocasionar a necessidade de se criar dársenas adicionais. Verificando-se o layout dessa alternativa, nota-se que não é possível ampliar o número de berços de atracação sem que haja a necessidade de desconstruir grande parte do quebra-mar já existente para incluir essas adaptações no modelo de expansão do porto.

Figura 20 - Layout 2: representação do quebra-mar na Carta Náutica



Fonte: Autor.

Figura 21 - Layout 2: representação 3D do quebra-mar



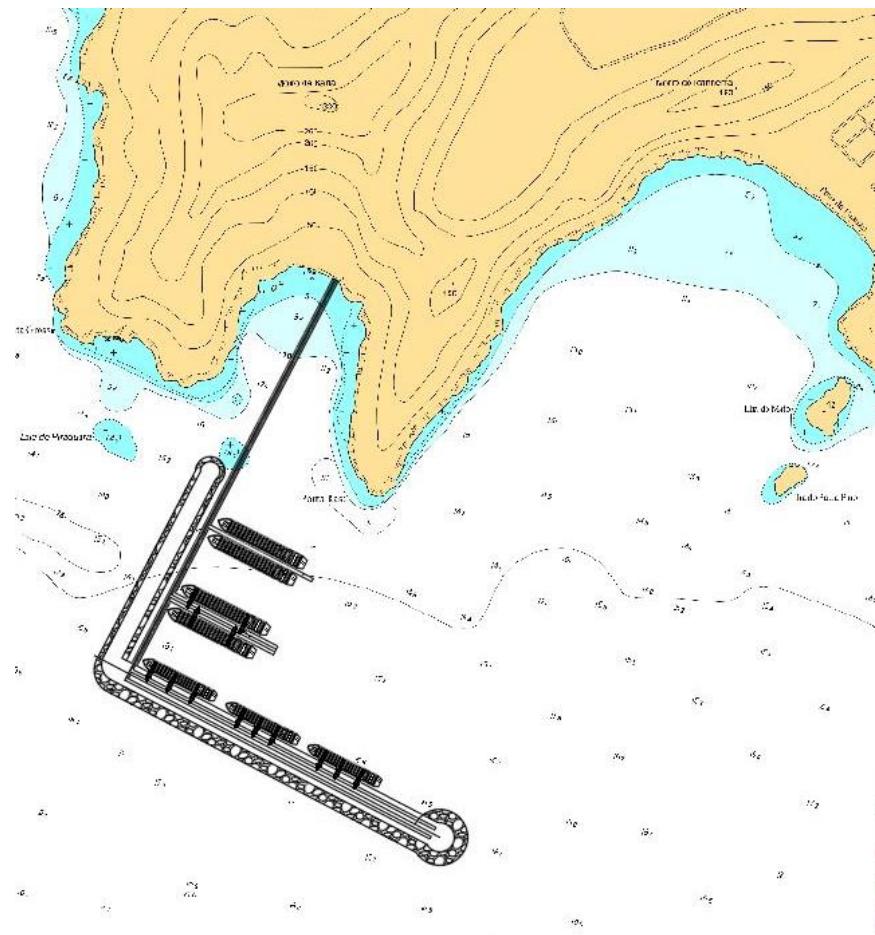
Fonte: Autor.

A partir dos problemas pautados das duas alternativas anteriores, concebeu-se uma terceira alternativa. Essa solução teve o *layout* fundamentado no porto Pecém localizado no litoral do nordeste brasileiro. Este consiste de um quebra-mar em formato de “L” que apresenta sete bacias de atracação e comporta embarcações tanto de contêineres quanto de granel líquido e sólido. A conexão entre o porto e a costa é feita através da mesma forma que foi exposta na primeira e segunda alternativa - por meio de monotrilhos adaptados para o transporte de contêineres suspensos e com tubulações de granel líquido e esteiras integradas para o transporte de granel sólido.

Alternativa 3: Oferece todas as vantagens que as outras opções dispõem e foi concebida evitando estruturas na extremidade do quebra-mar de forma a evitar necessidade de desconstrução da estrutura caso haja necessidade de expansões e modificações, de modo a atender futuras alterações no número e no tamanho das embarcações, que são reflexo das variações na demanda e no tipo de carga a ser transportada para o porto.

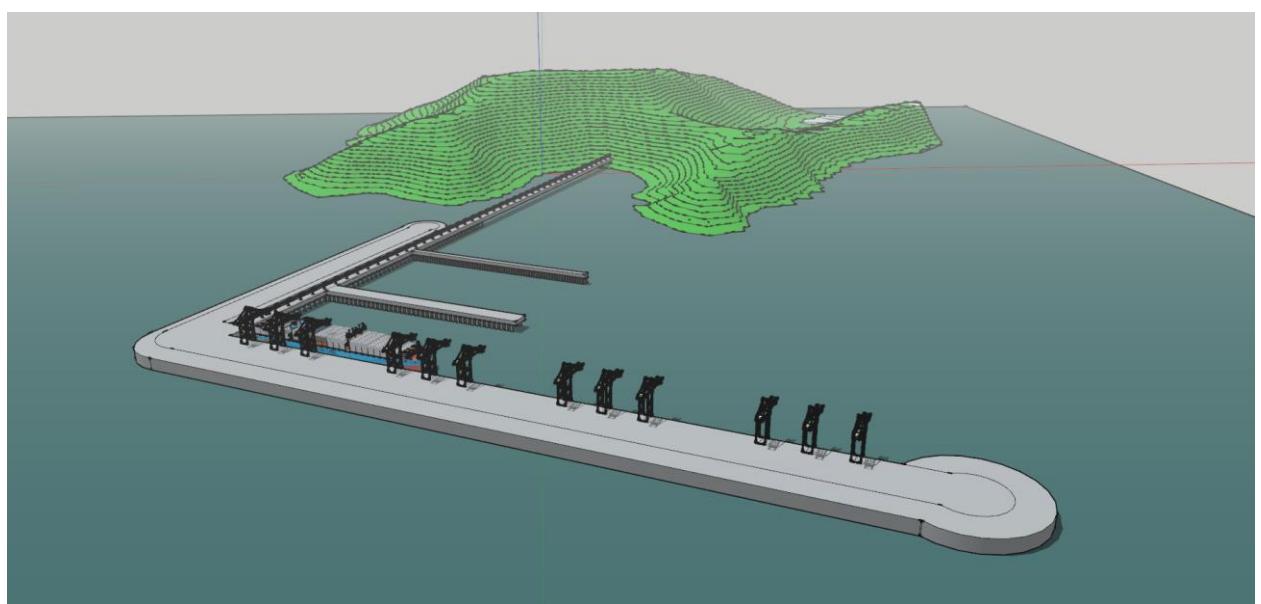
Por meio de software de modelagem 3D foi possível expor de maneira apurada uma representação em escala do projeto, fornecendo-se uma boa noção da capacidade e das dimensões do porto e das embarcações.

Figura 22 - Layout 3: representação do quebra-mar na Carta Náutica



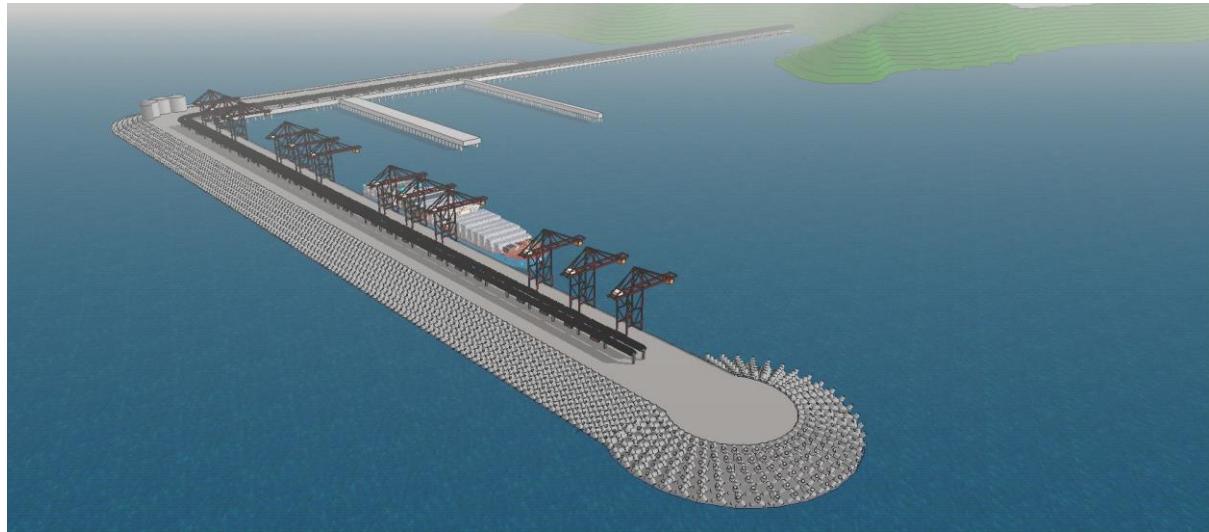
Fonte: Autor.

Figura 23 - Layout 3: representação 3D do quebra-mar



Fonte: Autor.

Figura 24 - Modelagem 3D da solução final do porto *offshore*

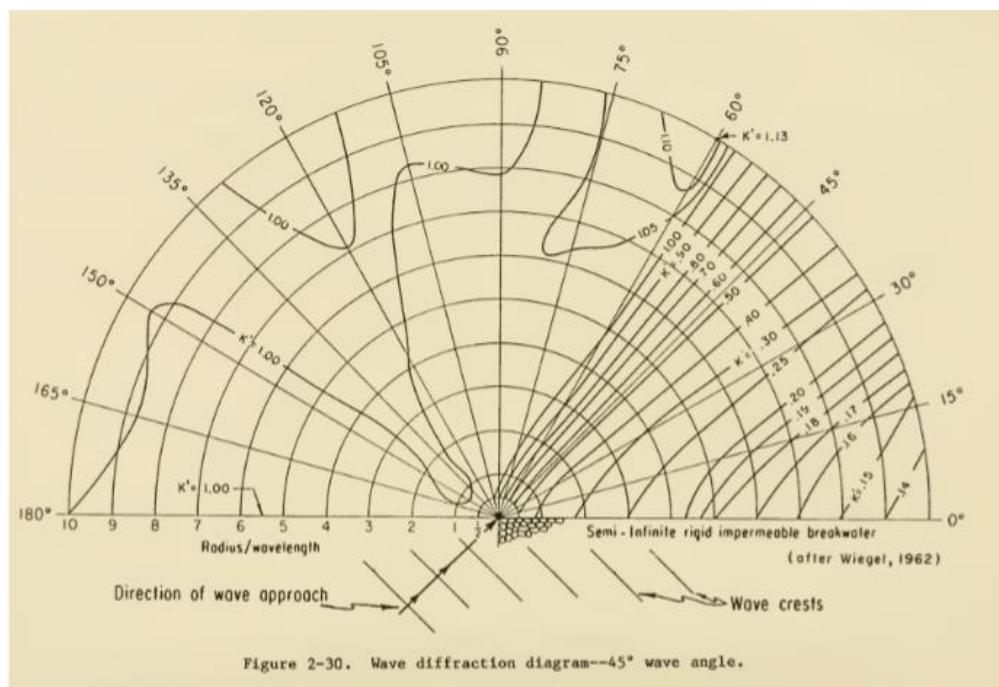


Fonte: Autor.

5.1.2.2. Abrigo de Ondas

A determinação da área abrigada das ondas considerando efeitos da difração pode ser verificado por meio da sobreposição do diagrama de Wiegel, conforme apresentado na imagem a seguir:

Figura 25 - Diagrama de Wiegel 45° utilizado para o dimensionamento do abrigo



Fonte: (BOSHEK, 2009).

Deve-se determinar o ângulo de ataque das ondas que está sempre referenciado ao norte verdadeiro e, então, os ângulos de incidência das ondas de

aproximação que estão orientados pelo obstáculo. Para determinar o ângulo de aproximação, analisa-se as rosas de ondas da região, que além de expor a direção, tem-se também a indicação do período e da altura das ondas.

A princípio, calcula-se o parâmetro matemático que delimita a região abrigada da região não protegida, designada pela letra k' . Esta variável permite delimitar a divisão entre essas duas áreas e pode ser calculado através da relação entre a altura máxima de onda admissível junto a área de atracação das embarcações e a onda incidente de projeto, ou seja, altura de onda significativa corresponde à média do terço máximo das ondas obtidas em dados históricos.

Em concordância com a recomendação da PIANC para o procedimento de cálculo, adotou-se um valor de altura de onda admissível dentro do porto de aproximadamente 50 cm. Conforme foi obtido através de dados históricos referentes às alturas de ondas, medidos pela praticagem de Santos, o valor da altura da onda de projeto a ser tratada será de 1,1 metros, obtendo-se assim:

$$k' = \frac{H}{H_s} = \frac{0,5}{1,1} \cong 0,45$$

O período T da onda foi estimado baseando-se na rosa de ondas e considerando-se um cenário crítico. A partir do ângulo, nota-se que a incidência das ondas tem direções predominantemente advindas do Sul e do Sudeste, e segundo as informações contidas na rosa, apresentam períodos menores que 14 segundos em mais de 95% dos dados medidos.

O comprimento da onda incidente pode ser obtido por meio das seguintes fórmulas:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$L = \frac{g * T}{\omega}$$

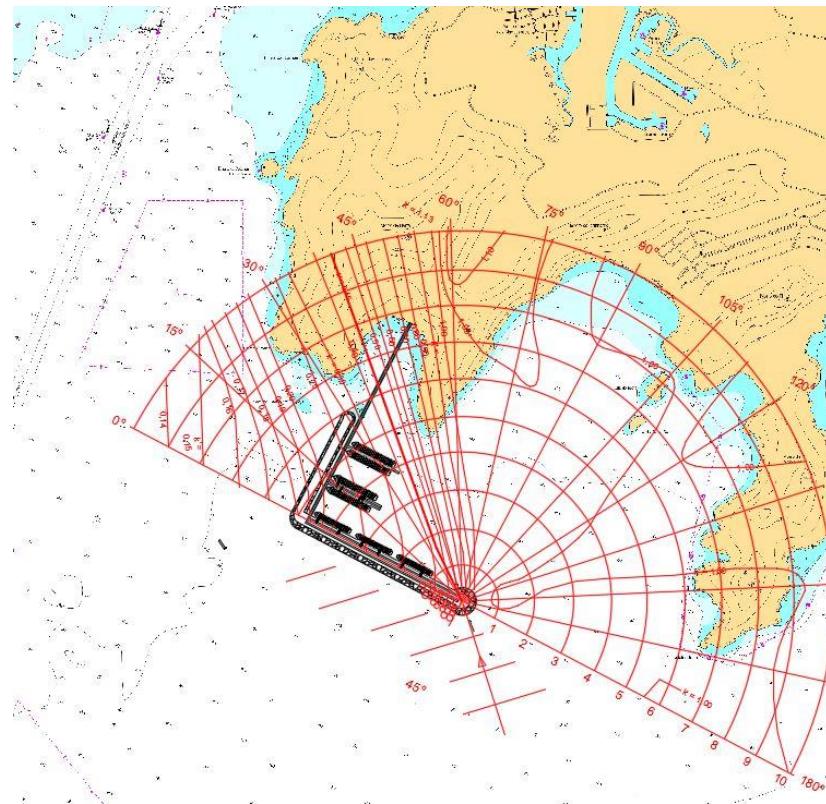
Assim, para o período $T = 14$ segundos adotado, tem-se que:

$$L = \frac{g \times T^2}{2\pi} = \frac{9,81 \times 14^2}{2\pi} \therefore L \cong 306 \text{ metros}$$

A partir deste valor, verifica-se que o raio do diagrama, que corresponde a 10 vezes o valor do comprimento da onda, resulta em aproximadamente 3060 metros na carta náutica.

Considerando que o ângulo das ondas incidentes utilizado no projeto conforme a disposição do quebra-mar seja de 45° e com base nos valores dos parâmetros de cálculo necessário para determinar a área abrigada através do diagrama, procedeu-se com a sobreposição do diagrama na escala ajustada na proporção do mapa.

Figura 26 - Sobreposição do diagrama de Wiegel na carta náutica

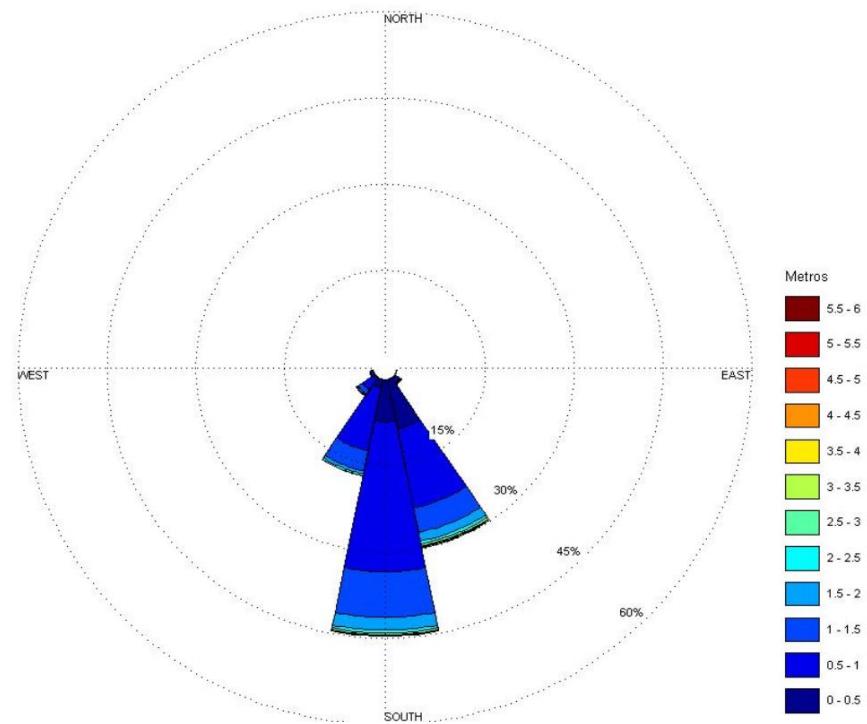


Fonte: Autor.

As informações contidas na imagem anterior fornecem uma estimativa de boa aproximação da área abrigada das ações da difração das ondas que incidem no quebra-mar da solução de expansão offshore escolhida. A linha vermelha de maior espessura estabelece esse limite, onde a região à esquerda corresponde a área abrigada. É possível concluir, portanto, que a configuração e a disposição idealizadas

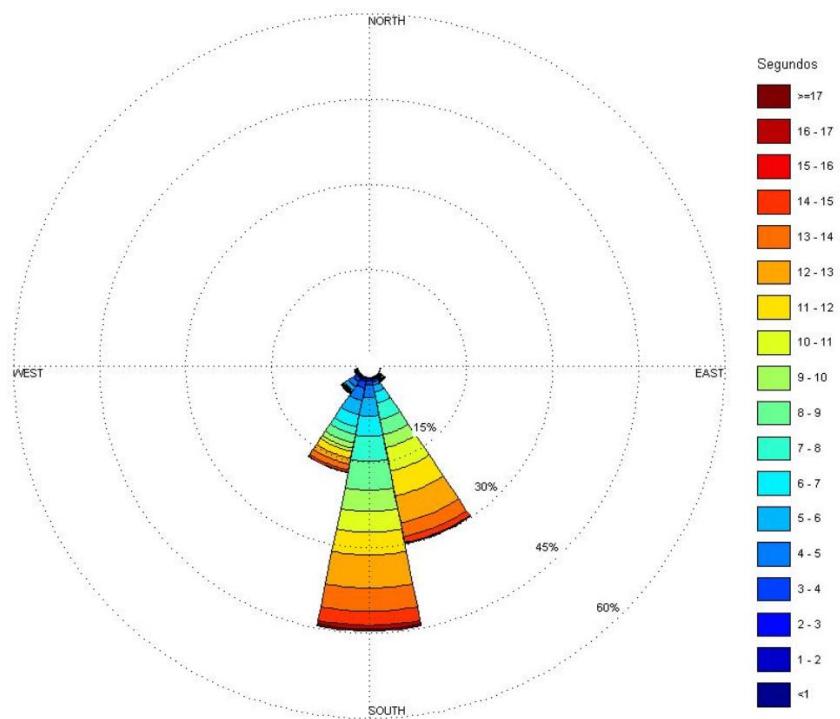
nesse projeto consistem em uma boa solução tendo em vista o critério de abrigo que o quebra-mar oferece.

Figura 27 - Rosa de altura de ondas do Porto de Santos



Fonte: (FCTH, 2016).

Figura 28 - Rosa de período de ondas do Porto de Santos



Fonte: (FCTH, 2016).

Figura 29 - Modelagem da solução final do porto *offshore* - Detalhe do berço



Fonte: Autor.

5.1.2.3. Dimensionamento das Áreas Náuticas

A acessibilidade marítima diz respeito à compatibilidade do local do porto em relação ao tipo de embarcação que frequentará o local, no que diz respeito às dimensões da embarcação-tipo (comprimento, boca e calado) no canal de acesso, nas bacias portuárias (de espera ou evolução) e nos berços de acostagem.

Portanto, o canal de acesso deve possuir profundidade e largura mínimas para permitir a passagem do cargueiro-tipo, além de espaços no próprio porto para manobras de atracação e desatracação (bacias de evolução), bacia de espera e bacia de berço.

Tabela 5 - Características gerais das embarcações usadas no dimensionamento das áreas náuticas

Tipo de Cargueiro	Post Panamax	Post Panamax Plus	Triple E
Comprimento pp - Lpp (m)	275	335	400
Boca - B (m)	32,2	46	59
Calado - T (m)	13	15	16
TEU	5000	9000	18340

Fonte: (ALFREDINI et al., 2014, MAERSKLINE, 2014).

I. Profundidade do Canal de Acesso

A profundidade mínima requerida no canal de acesso deve levar em consideração fatores relacionados ao nível d'água, ao navio e também ao fundo. Através de métodos determinísticos, soma-se aspectos relacionados à maré local,

efeitos de onda, afundamento dinâmico paralelo acrescido ao trim (denominado de *squat*) e calado estático da embarcação.

i. Nível de Maré

Fator de grande influência para a determinação da situação crítica associada à obtenção da profundidade exigida pela embarcação em trânsito. O nível de maré a ser considerado deve ser o correspondente à baixa-mar, incluindo efeitos meteorológicos, visto que representa a situação mais desfavorável, ou seja, o nível de menor profundidade.

Considerando-se as tábuas de maré dos últimos 12 anos do local em estudo (Porto de Santos), levantou-se os dados relativos ao nível máximo, mínimo e médio da maré. A partir dos valores expostos na tabela, o nível de baixa-mar médio de sizígia equivale a -0,3 metros em relação ao zero da marinha.

Em um cenário onde as embarcações realizarão transferências de carga sem considerar janelas de maré, adota-se valores mais desfavoráveis, que, no caso, correspondem ao valor de baixa-mar médio de sizígia, ou seja, -0,3 metros.

ii. Calado estático desfavorável

O valor do calado estático desfavorável corresponde ao momento em que o navio está carregado, ou seja, apresenta maior valor de calado. No caso das embarcações Triple E, esse valor é de 16 metros.

iii. Tolerância para incertezas do calado estático

De acordo com a norma, a tolerância adotada para as incertezas do calado estático equivale a 10% do valor desse calado. Para esse projeto, tem-se $0,1 \times 16 = 1,6$ metros.

iv. Squat

O *squat* e o trim da embarcação podem ser definidos como o afundamento da embarcação causado tanto por translação quanto rotação devido à velocidade de avanço e interação com o fundo e taludes do canal.

Para analisar este fator, considera-se a formulação recomendada pela PIANC:

$$Squat (m) = 2,4 \times \frac{\nabla}{L_{pp}^2} \times \frac{Fr^2}{\sqrt{(1 - Fr^2)}}$$

Sendo:

- $\nabla = C_B \times L_{pp} \times B \times T$: volume de deslocamento.
- L_{pp} : comprimento da embarcação entre perpendiculares.
- B : boca ($B = 59$ metros)
- C_B : coeficiente de bloco ($C_B = 0,65$)
- T : calado estático ($T = 16$ metros)
- Fr : número de Froude, sendo

$$Fr^2 = \frac{V^2}{g \times h}$$

- V : velocidade da embarcação ($V = 10$ nós)
- g : aceleração da gravidade local ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)
- h : profundidade do canal. Esse valor corresponde à profundidade do canal já dragado. Estima-se esse valor como 110% do valor do calado estático máximo ($h = 1,1 \times 16 = 17,6$ metros)
- **1 nó = 0,514 m/s**

Com isso, tem-se que:

$$Fr = \frac{10 \times 0,514}{\sqrt{9,81 \times 17,6}} = 0,391$$

$$Squat (m) = 2,4 \times \frac{0,65 \times 16 \times 59 \times 400}{400^2} \times \frac{0,391^2}{\sqrt{(1 - 0,391^2)}}$$

$$\therefore Squat (m) = 0,612 \text{ metros}$$

v. Efeito de Onda

O efeito de onda a ser considerado é calculado com base na altura de onda significativa, que está fundamentado em duas hipóteses: caso o comprimento do navio seja menor que o comprimento da onda, o valor do efeito de onda equivale à metade da altura de onda significativa, caso contrário o valor desse efeito é nulo.

Tabela 6 - Cálculo do efeito de onda

Comprimento do navio	Efeito de onda
Menor que o comprimento da onda	$H_s/2$
Maior que o comprimento da onda	0

Fonte: (ALFREDINI, ARASAKI, 2013).

O dimensionamento das áreas náuticas do porto é baseado principalmente em embarcações como *Post Panamax Plus* e *Triple E*.

Para estas embarcações, tomou-se como base o comprimento do navio igual a 400 metros. O comprimento de onda conforme calculado anteriormente vale 306 metros, portanto o efeito de onda a ser considerado é nulo.

vi. Folga Líquida Sob a Quilha

A folga líquida sob a quilha, de acordo com o item 3.1.3.2 da NBR 13246/95, deve ter valores entre 0,3 e 0,5 metros para leitos arenosos. Para o projeto, adota-se 0,4 metros.

vii. Tolerâncias para Incertezas do Leito

Usualmente, adota-se um valor de 10% do calado estático máximo. Ou seja, $0,1 \times 16 = 1,6\text{m}$.

viii. Tolerância na Execução da Dragagem

De acordo com o item 3.2.3.1 da NBR 13246/95, define-se que a tolerância na execução da dragagem para águas rasas deve ter um valor de até 0,3 metros.

Somando-se todos os fatores que compõem o cálculo da profundidade necessária do canal de acesso interno e externo, obteve-se um valor aproximado de 20,8 metros. O local onde será implantada a obra do porto *offshore* apresenta uma profundidade natural de cerca de 16 metros. Portanto, será necessário realizar uma dragagem inicial de 4,8 metros que corresponde a aproximadamente 30% da profundidade natural do canal. O volume a ser dragado não apresenta custos extremamente elevados a ponto de inviabilizar a obra no quesito econômico. Caso a diferença entre a profundidade necessária e a natural resultasse em valores acima de 50% da profundidade natural, as demandas por taxas de dragagens periódicas de manutenção seriam muito elevadas, aumentando-se consideravelmente os custos.

Tabela 7 - Fatores para o dimensionamento da profundidade do canal de acesso

Fatores	Externo (m)	Interno (m)
Nível de maré	0,30	0,30
Calado estático desfavorável	16	16
Tolerância para incertezas no calado estático	1,60	1,60
Squat	0,61	0,61
Efeito de onda	-	-
Folga líquida sob a quilha	0,40	0,40
Incertezas do leito e da dragagem	1,90	1,90
	20,81	20,81

Fonte: (ALFREDINI, ARASAKI, 2013).

II. Largura do Canal de Acesso

A largura do canal de acesso deve ser suficiente para permitir a manobra dos navios. Para considerar todos os fatores que influenciam no cálculo da largura, a PIANC adota um procedimento de dimensionamento que leva em conta 13 fatores que são somados à faixa básica de manobra para compor a faixa de manobra.

i. Canal Externo

Tabela 8 – Fatores para dimensionamento da largura do canal externo

Fator	Classificação	Acréscimo
Manobrabilidade	Moderada	1,5*B
Velocidade da embarcação	Moderada (10 nós)	0,0*B
Ventos transversais prevalecentes	Moderado	0,4*B
Correntes transversais prevalecentes	Moderada	0,7*B
Correntes longitudinais prevalecentes	Moderada	0,1*B
Altura significativa e comprimento de onda	1 < Hs < 3	1,0*B
Auxílios à navegação	Moderado	0,2*B
Superfície de fundo	Profundidade < 1,5*T	0,1*B
Profundidade da via navegável	$\geq 1,25*T$ e $< 1,5*T$	0,1*B
Nível de periculosidade da carga	Baixa	0,0*B
Intensidade de tráfego	Leve	0,0*B
Folga com a margem	Bancos de areia	0,5*B
Largura para canais de mão única	-	-
TOTAL		4,6*B

Fonte: (ALFREDINI, ARASAKI, 2013).

Assim, o valor da largura necessária do canal de acesso, considerando o valor de boca do navio igual a 59 metros, equivale a 271,4 metros.

ii. Canal Interno

Tabela 9 - Fatores para dimensionamento da largura do canal interno

Fator	Classificação	Acréscimo
Manobrabilidade	Moderada	1,5*B
Velocidade da embarcação	Moderada (10 nós)	0,0*B
Ventos transversais prevalecentes	Moderado	0,4*B
Correntes transversais prevalecentes	Moderada	0,5*B
Correntes longitudinais prevalecentes	Moderada	0,1*B
Altura significativa e comprimento de onda	$1 < H_s < 3$	0,0*B
Auxílios à navegação	Moderado	0,2*B
Superfície de fundo	Profundidade $< 1,5*T$	0,1*B
Profundidade da via navegável	$\geq 1,25*T$ e $< 1,5*T$	0,0*B
Nível de periculosidade da carga	Baixa	0,0*B
Intensidade de tráfego	Leve	0,0*B
Folga com a margem	Bancos de areia	0,5*B
Largura para canais de mão única	-	-
TOTAL		3,3*B

Fonte: (ALFREDINI, ARASAKI, 2013).

Para o canal interno, o valor da largura determinado equivale a 194,7 metros.

iii. Bacia de Evolução

Define-se como a área fronteiriça às instalações de acostagem, reservada as evoluções necessárias às operações de atracação e desatracação dos navios no porto. A bacia de evolução deve estar numa área protegida de ondas, correntes fortes, ventos e livre de obstruções como passagem de dutos e cabos submarinos. É função do comprimento e da manobrabilidade das embarcações e do tempo disponível para efetuar a manobra.

O cálculo da profundidade da bacia de evolução se assemelha ao cálculo do canal de acesso, desconsiderando os itens associados ao movimento da embarcação, ou seja, desconsidera-se o efeito do *squat* e adota-se o a folga mínima sob a quilha de 1 metro.

Tabela 10 - Cálculo da profundidade requerida na bacia de evolução

Fatores	Valor (m)
Nível de maré	0,30
Calado estático desfavorável	16
Tolerância para incertezas no calado estático	1,60
Squat	-
Efeito de onda	-
Folga líquida sob a quilha	1,00
Incertezas do leito e da dragagem	1,90
$P_{mín}$	20,8

Fonte: (ALFREDINI, ARASAKI, 2013).

Com relação à largura requerida, tem-se que a dimensão ótima corresponde a um diâmetro de quatro vezes o comprimento da embarcação-tipo, podendo ser reduzido a até duas vezes este comprimento com a consequência de exigir mais tempo de manobra e necessitar de rebocadores. Para esse projeto, considerou-se:

$$\text{Largura} = 2 \times 400 = 800 \text{ metros}$$

iv. Bacia de Espera

Também são chamadas de áreas de fundeio, as bacias de espera são áreas destinadas à espera dos navios que chegam ao porto e aguardam autorização para acesso e fundeio nas áreas internas ou atração no cais determinado.

A profundidade necessária na bacia de espera é calculada a partir dos mesmos fatores ilustrados no cálculo da profundidade da bacia de evolução.

Tabela 11 - Cálculo da profundidade requerida na bacia de espera

Fatores	Valor (m)
Nível de maré	0,30
Calado estático desfavorável	16
Tolerância para incertezas no calado estático	1,60
Squat	-
Efeito de onda	-
Folga líquida sob a quilha	1,00
Incertezas do leito e da dragagem	1,90
$P_{mín}$	20,8

Fonte: (ALFREDINI, ARASAKI, 2013).

Para embarcações fundadas em uma única âncora, o raio necessário é de 5 vezes a profundidade somado ao comprimento do navio e a uma folga para eventuais movimentações da âncora de 5 metros. Já para aquelas que dispõem de uma âncora à vante e outra à ré, a circunferência necessária para manter a embarcação afilada com as correntes e o vento é de 1,5 vezes o comprimento.

$$R = 1,5 \times 400 = 600 \text{ metros}$$

$$\text{Largura} = 2 \times 600 = 1200 \text{ metros}$$

O procedimento de cálculo da bacia de espera é feito da mesma maneira que da bacia de evolução, conforme o item iii.

v. Berço de Acostagem

É um espaço no cais, entre cabeços de amarração, em que o navio pode atracar para operar, embarcar e desembarcar cargas em segurança.

A profundidade do berço de acostagem pode ser calculada da mesma maneira que foi feito para a bacia de espera e para a bacia de evolução, salvo pelo fator do efeito de onda, pois o berço de acostagem já está estabelecido em um local protegido das ondas. Tem-se, portanto:

Tabela 12 - Cálculo da profundidade requerida no berço de acostagem

Fatores	Valor (m)
Nível de maré	0,30
Calado estático desfavorável	16
Tolerância para incertezas no calado estático	1,60
Squat	-
Efeito de onda	-
Folga líquida sob a quilha	1,00
Incertezas do leito e da dragagem	1,90
P_{min}	20,8

Fonte: (ALFREDINI, ARASAKI, 2013).

O comprimento necessário é de 1,5 vezes o comprimento do maior navio de projeto e a largura necessária é de 1,5 vezes a boca do mesmo. Caso, disponha-se de rebocadores estes valores são reduzidos à 1,25 vezes. Portanto:

$$\text{Comprimento} = 1,25 \times 400 = 500 \text{ metros}$$

$$\text{Largura} = 1,25 \times 59 = 73,75 \text{ metros}$$

Tabela 13 - Resumo das dimensões dos canais e das bacias

Trecho	Largura requerida (m)	Profundidade requerida (m)	Comprimento requerido (m)
Canal externo	271,4	20,81	-
Canal interno	194,7	20,81	-
Bacia de evolução	800	20,8	-
Bacia de espera	1200	20,8	-
Berço de acostagem	73,75	20,8	500

Fonte: (ALFREDINI, ARASAKI, 2013).

O dimensionamento tomou por base características associadas ao nível de maré, ao tipo de embarcação, que é composto principalmente por fatores como calado estático desfavorável, tolerâncias para incertezas no calado estático, *squat* e efeito de onda, e por características relacionadas ao fundo do oceano como incertezas do leito e da dragagem. O valor obtido a partir desses fatores provém de recomendações e procedimentos feitos pela PIANC para a determinação das características náuticas.

Partindo-se das mesmas condições adotadas no procedimento utilizado, obteve-se, a partir de outro critério de dimensionamento que segue a norma espanhola ROM, um valor de profundidade compatível que converge com o valor calculado com o método da PIANC. Assim, verifica-se que o valor obtido conduz a bons resultados para o dimensionamento do porto e das áreas náuticas do projeto.

5.2. ANÁLISE DO TRANSPORTE

5.2.1. Introdução

Após discorrer sobre todo o estudo da implantação da solução *offshore*, surgiu um novo problema que seria como fazer a ligação entre o quebra-mar em mar aberto e o continente para fazer o tráfego dos contêineres e dos granéis tanto sólidos quanto líquidos. Para isso, pensou-se na alternativa de construir uma ponte ligando a obra à cidade do Guarujá, alternativa esta que foi descartada após se analisar os grandes impactos que seriam gerados no transporte dos sedimentos através da costa pelos pilares e estruturas de apoio à ponte, além de não ser uma opção econômica e ambientalmente sustentável.

Para tanto, graças à parceria entre a Promon Engenharia e a *EagleRail Container Logistics*, apresentada pelo Professor Mestre Diego Cartacho, foi possível que, junto com o projeto sustentável do Porto de Santos, fosse optado também um sistema sustentável de transporte de contêineres e granéis sólidos e líquidos através do conceito desenvolvido pela *EagleRail*. Este sistema inovador propõe que o transporte de contêineres seja feito através de um sistema de monotrilhos, similar a um sistema de teleféricos, possibilitando que haja um fluxo grande e organizado das cargas que chegam ao porto e ao mesmo tempo não interfiram no transporte litorâneo que ocorre na costa visto que a obra de abrigo é destacada do continente e os pilares que sustentam o sistema de monotrilho são muito mais esbeltos que o de uma ponte.

A adoção do sistema *EagleRail* ainda trouxe um outro benefício que atingiu diretamente o dimensionamento do quebra-mar. Por ser um sistema rápido e organizado de transferência de carga, este possibilitou que a estrutura *offshore* não necessitasse de área de retroporto ou uma área para estocagem de carga. Assim, os contêineres e granéis descarregados dos navios seriam automaticamente acoplados ao *EagleRail* e levados para o continente, onde seriam estocados até que fossem levados para seu destino final.

Assim, com a adoção do sistema *EagleRail*, foi possível a concepção de um projeto sustentável e viável de expansão para o porto de Santos. Os detalhes do estudo aprofundado acerca deste sistema e de sua aplicação ao caso do Porto de Santos serão discorridos nos capítulos subsequentes.

5.2.2. Sistema de transporte de cargas via monotrilho: o *EagleRail*

Concluído o enfoque para a análise do dimensionamento da expansão *offshore*, concebeu-se uma solução inovadora para sanar os problemas relacionados ao transporte de cargas do porto para áreas retroportuárias, compostas de pátios de estocagem e armazenamento, e à carência de infraestrutura dos sistemas de interligação com outros modais.

Essa solução baseada em uma perspectiva voltada para o enfoque sustentável toma por base os problemas associados ao aumento do tráfego rodoviário, acúmulo de embarcações nas áreas náuticas e ao excesso de emissão de poluentes nocivos e gases constituintes do efeito estufa. Busca-se, portanto, ampliar a eficiência no

transbordo de cargas e descongestionar as rodovias, inibindo-se a formação de gargalos logísticos de maneira sustentável.

O mecanismo de transporte projetado pela *EagleRail* consiste de uma combinação de monotrilhos composta de estruturas mecânicas que sustentam cargas suspensas e as transportam em um fluxo contínuo entre as áreas de transbordo e os locais de estocagem ou até a conexão com outros modais.

As principais vantagens da *EagleRail* consistem principalmente de quatro fatores que se fundamentam em soluções complementares de transporte, problemas ambientais, facilidade de implementação e manutenção, segurança das cargas e previsibilidade. Em vista disso, destaca-se a seguir os seguintes benefícios:

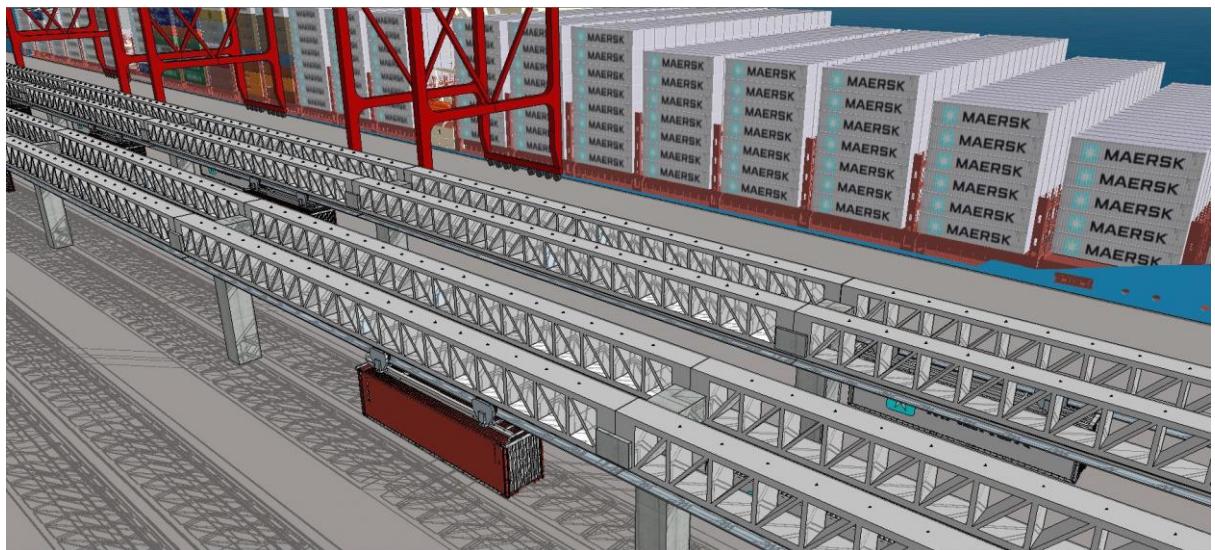
- Possibilidade de operar como alternativa e sistema de integração com outros modais;
- Não competem pelo espaço escasso utilizado pelos modais rodoviários;
- Tecnologia limpa com emprego de eletricidade;
- A parte superior do trilho é aberta e composta por painéis para geração de energia solar;
- Baixo impacto ambiental comparado com outros modais;
- Não exige grandes áreas para implantação;
- São estruturas que podem ser construídas em módulos;
- Integram gradualmente com outros modais sem haver interrupção no fluxo de cargas;
- O topo do trilho permite que veículos de serviço e manutenção tenham acesso aos mecanismos de funcionamento do transporte;
- Aumentam a segurança no transporte das cargas devido à inacessibilidade dos contêineres durante o transporte.

Além dos benefícios citados, esse sistema de transporte está fundamentado em conceitos que sustentam o conceito de Porto do Futuro, que são materializados através do aumento da automatização com menos serviços repetitivos e aumento da eficiência logística, da alta velocidade de escoamento e transferência de cargas, do uso de rastreamento inteligente em tempo real do fluxo de contêineres, e da criação

de bancos de dados aprimorados para viabilizar um melhor planejamento de demandas futuras.

Somando-se essa alternativa de transporte de cargas ao enfoque da expansão *offshore* do Porto de Santos, engendra-se uma solução que assimila e integra características baseadas nos conceitos teóricos referentes ao Porto do Futuro, Portos Flexíveis e *Buiding with Nature*. Tendo-se assim, um porto *offshore* com transporte de carga, que não segue o sistema de transporte dos modelos de portos tradicionais.

Figura 30 - Modelagem da solução final do porto *offshore* - Detalhe do monotrilho



Fonte: Autor.

Figura 31 - Modelagem da solução final do porto *offshore* - Detalhe da movimentação de carga



Fonte: Autor.

5.2.3. Método

Para o estudo da implantação da solução *EagleRail* para fazer a conexão do quebra-mar *offshore* com a hinterlândia para o transporte das cargas, foi necessário estudar o mapa da região do porto. Por conveniência, não haveria outra solução senão instalar o monotrilho na cidade do Guarujá, o que facilitaria e encurtaria o caminho da obra. Assim, inicialmente foi realizada uma reunião com o CEO da *EagleRail* que expôs as limitações físicas da tecnologia, permitindo então que se procedesse à escolha dos traçados em planta.

Para a escolha dos traçados, foi criada uma matriz de decisão com pesos diversos e notas de 0 a 5 para garantir uma escolha imparcial e melhor embasada. Foram selecionados sete traçados diferentes com base no conhecimento da região e estes foram analisados através da matriz. Mais detalhes sobre esta etapa serão descritos a seguir.

5.2.3.1. Traçados

Após estudo da região, estudo dos locais em campo e sobrevoos feitos com drone, pode-se definir, então, sete traçados que atendiam os pré-requisitos mínimos do sistema *EagleRail*. Após esta etapa, para a definição do melhor traçado, foi usada

uma matriz de decisão que será mais detalhada no próximo subcapítulo. A seguir, é mostrada uma imagem da cidade do Guarujá com os sete traçados pré-escolhidos:

Figura 32 - Alternativas de traçados avaliadas



Fonte: Adaptado de (GOOGLE MAPS, 2017).

Apesar de a cidade do Guarujá ter um relevo que contribui muito para a instalação do sistema de monotrilho, notou-se que, logo na entrada do continente, havia uma grande formação montanhosa que poderia trazer problemas para implantação do sistema. Dessa forma, foi avaliado um traçado que contornasse a formação e os outros que a atravessavam. Foi feita filmagem por drone, para ter um melhor panorama da situação e as imagens foram comparadas com a imagem obtida por satélite. Abaixo são demonstradas as imagens do drone e a obtida por satélite:

Figura 33 - Vista 3D do traçado 3



Fonte: Adaptado de (GOOGLE MAPS, 2017).

Figura 34 - Foto aérea feita por meio de drone



Fonte: Autor.

Como forma de buscar uma alternativa ao relevo acidentado do início do traçado, foi feita uma reunião com o CEO da *EagleRail* que pôde esclarecer que, devido à grande declividade do terreno, não seria possível implantar o monotrilho neste trecho. Segundo ele, a grande declividade poderia causar problemas de tração

entre o equipamento-suporte e o cabo que faria a movimentação devido à falta de atrito entre eles. Isso poderia fazer com que o equipamento patinasse no cabo e isso poderia causar acidentes. Foi definido que a declividade máxima que o *EagleRail* consegue vencer é de 6% a 7% (podendo chegar a até 7,6% em casos específicos) e no estudo de caso para aplicação nesse projeto a declividade máxima poderia chegar a 46%.

Após discussão e pesquisa sobre o assunto, foi definido que a melhor maneira de transpor esta declividade seria através da construção de um túnel subterrâneo. O CEO da *EagleRail* apresentou uma pesquisa acerca do assunto, onde outros portos no mundo pensaram em construir túneis para transpor obstáculos e a alternativa se mostrou viável. Assim, foi definido que, para vencer a cadeia de montanhas do início do traçado, havia duas possibilidades: fazer o contorno da região ou construir um túnel. Devido aos altos custos por quilômetro do sistema de monotrilho, o túnel se mostrou mais viável.

5.2.3.2. Matriz de Decisão

As alternativas para a definição dos traçados foram avaliadas de acordo com diversos critérios. Para isso, foi necessário o estudo aprofundado da região, da forma como a cidade se organiza e como é a distribuição populacional ao longo do ano por se tratar de uma região de turismo e haver grande assimetria demográfica.

Ao longo deste estudo, considerou-se a maior gama possível de fatores de forma a buscar implementar as soluções logísticas com a menor interferência possível tanto na vida dos cidadãos quanto físico-geográfica e ambiental. Assim, foram elencados sete itens de decisão que se enquadram no estudo de viabilidade econômico-técnico-ambiental do projeto a ser implantado, atribuindo ainda, pesos associados à relevância de cada item.

Após a análise do mapa atualizado via satélite da região e da experiência local dos integrantes do grupo, sempre levando em conta a menor interferência possível, chegou-se a sete possíveis traçados sendo que todos eram viáveis econômica e geograficamente.

Para uma análise mais profunda e imparcial, optou-se por adotar uma matriz de decisão, elencando os sete traçados nas linhas e os sete critérios de seleção nas

colunas. Multiplicaram-se as notas dadas a cada traçado pelo respectivo peso e, ao final, foi realizada a soma. O traçado que obteve a maior soma foi então escolhido.

Os sete critérios adotados para a avaliação dos traçados foram: (I) Relevo, com peso 4, (II) Comprimento do traçado, com peso 2, (III) Desapropriações, com peso 2, (IV) Passagem em lugares de difícil acesso, com peso 2, (V) Impactos ambientais, com peso 3, (VI) Interferência com rios, com peso 2, (VII) Interferência com serviços consolidados (marina, estaleiro, etc.), com peso 2. A soma dos pesos totalizou 17 pontos. Uma breve explanação sobre cada critério é apresentada a seguir:

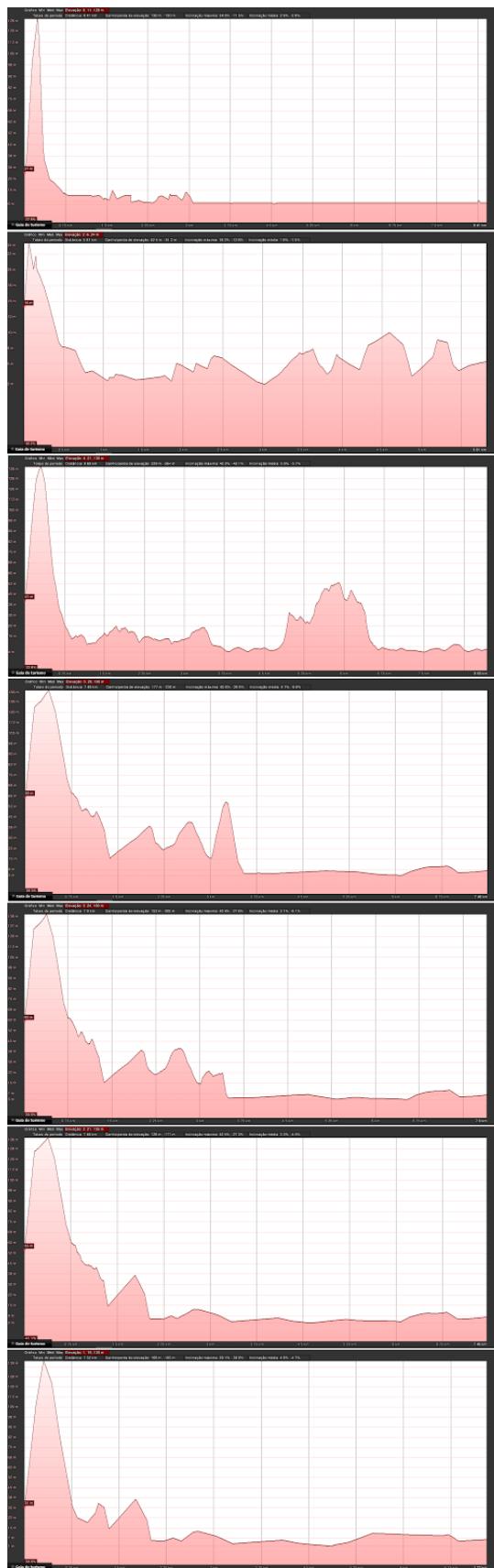
i. Relevo

A Ilha de Guarujá possui um relevo característico, com grandes extensões de praias circundadas por algumas montanhas. Neste critério, foi analisado o relevo ao longo de toda a extensão dos sete traçados. Todos os traçados apresentavam relevo muito plano desde a linha ferroviária próxima à Rodovia Cônego Domênico Rangoni até a parte de entrada do sistema *EagleRail* na Ilha, tendo uma notória diferença nesta entrada. Seis dos traçados apresentam desniveis muito importantes na entrada, chegando a até 141 metros de altura, enquanto um dos traçados apresentava relevo aproximadamente regular.

Para o caso do relevo foi atribuído peso 4 devido à importância deste item. Relevos muito acidentados ou com desniveis muito elevados tendem a gerar custos muito grandes além de dificultar a implantação da solução. Além disso, como o sistema de transporte se trata de um monotrilho, a presença de grandes desniveis pode limitar a ação do sistema, podendo levar a ser necessária a terraplenagem de uma faixa de passagem ou mesmo a elevação dos pilares para buscar amenizar este desnível.

A seguir são apresentados os relevos característicos de cada traçado com as informações mais pertinentes ao lado:

Figura 35 - Resumo dos perfis dos traçados

**TRAÇADO 1**

Altura mínima: 3 metros
 Altura média: 16 metros
 Altura máxima: 136 metros
 Distância X até o pico: 266 metros
 Comprimento total: 8.400 metros
 Inclinação (min / máx): -39,5% / 40,9%

TRAÇADO 2

Altura mínima: 0 metros
 Altura média: 13 metros
 Altura máxima: 53 metros
 Distância X até o pico: 1.130 metros
 Comprimento total: 11.200 metros
 Inclinação (min / máx): -23,4% / 31,9%

TRAÇADO 3

Altura mínima: 4 metros
 Altura média: 22 metros
 Altura máxima: 136 metros
 Distância X até o pico: 302 metros
 Comprimento total: 8.690 metros
 Inclinação (min / máx): -40,9% / 42,8%

TRAÇADO 4

Altura mínima: 3 metros
 Altura média: 22 metros
 Altura máxima: 141 metros
 Distância X até o pico: 209 metros
 Comprimento total: 7.490 metros
 Inclinação (min / máx): -31,3% / 45,9%

TRAÇADO 5

Altura mínima: 3 metros
 Altura média: 24 metros
 Altura máxima: 136 metros
 Distância X até o pico: 373 metros
 Comprimento total: 7.900 metros
 Inclinação (min / máx): -27,8% / 40,3%

TRAÇADO 6

Altura mínima: 2 metros
 Altura média: 21 metros
 Altura máxima: 136 metros
 Distância X até o pico: 375 metros
 Comprimento total: 7.460 metros
 Inclinação (min / máx): -27,8% / 43,0%

TRAÇADO 7

Altura mínima: 1 metros
 Altura média: 19 metros
 Altura máxima: 139 metros
 Distância X até o pico: 304 metros
 Comprimento total: 7.320 metros
 Inclinação (min / máx): -30,6% / 39,1%

Fonte: Autor.

ii. Comprimento do Traçado

O comprimento do traçado é o critério que leva em conta a distância entre o início do sistema de transporte por monotrilhos (*EagleRail*) até a chegada à linha de trem, próximo à Rodovia Cônego Domênico Rangoni. Este critério é extremamente importante dado que o comprimento do traçado acarreta grandes custos para a implantação final. Quanto mais enxuto for o traçado, mais econômico e menos investimento será necessário para construir monotrilhos (e, por conseguinte menos investimento será necessário para sua manutenção).

Nos possíveis traçados vislumbrados, o comprimento é aproximadamente igual exceto o traçado dois, que possui um comprimento muito maior devido a sua posição de inserção no continente. Assim, a tabela abaixo relaciona os sete traçados e seus respectivos comprimentos:

Tabela 14 - Tabela resumo dos comprimentos dos traçados

Alternativas	Comprimento
Traçado 1	8.400 metros
Traçado 2	11.200 metros
Traçado 3	8.690 metros
Traçado 4	7.490 metros
Traçado 5	7.900 metros
Traçado 6	7460 metros
Traçado 7	7.320 metros

Fonte: Autor.

Como exposto acima, o traçado dois apresenta o maior comprimento, de 11,2 quilômetros de extensão, enquanto o traçado mais enxuto é o traçado 7, com apenas 7,36 quilômetros. É possível observar também que excetuando o traçado dois, a diferença entre o maior e o menor traçados é de apenas 1,33 quilômetros (traçados 3 e 7) enquanto que a diferença entre o maior traçado e o segundo maior traçado (traçados 2 e 3) é de 2,51 quilômetros, ou seja, uma diferença de 104% entre elas.

Foi atribuído peso dois para este critério devido aos custos acima citados, porém este critério é menos restritivo que relevante, por exemplo, que pode inviabilizar completamente a implantação.

iii. Desapropriações

Como já é esperado em obras urbanas, os custos com desapropriações devem ser considerados e analisados de forma cautelosa. De maneira estimada, foram levadas em consideração todas as possíveis áreas de desapropriação. Para essa estimativa, analisou-se os traçados e então as possíveis áreas a serem desapropriadas. Não se entrou no mérito de valores, apenas na área propriamente dita.

A partir da análise das imagens de satélite verificou-se que quatro dos sete traçados apresentavam a mesma área de desapropriações pois passavam pelo mesmo caminho dentro dos bairros consolidados. Dos outros três traçados restantes, um apresentava uma grande área de desapropriações incluindo áreas públicas (campo de futebol da cidade) e o outro apresentava uma área consideravelmente menor de desapropriações, com possíveis adaptações para diminuir ainda mais essa área.

Na foto abaixo é possível ver a área que inviabilizou a desapropriação nos traçados um, dois, cinco e seis. Essa área compreende o late Clube de Santos, importante clube e marina de barcos de luxo além da região da travessia Santos-Guarujá via balsa que causa congestionamentos frequentes e tem grande fluxo de tráfego.

Figura 36 - Interferência do traçado com o late Clube de Guarujá



Fonte: Adaptado de (GOOGLE MAPS, 2017).

Na imagem anterior, destaca-se o traçado um na cor vermelha, o traçado dois na cor azul escuro, o traçado cinco na cor azul claro e o traçado seis na cor lilás.

Abaixo, ilustra-se a região que inviabiliza as desapropriações do traçado 3, com a menor nota (nota 1), destacando-se em vermelho o Estádio Municipal do Guarujá. O traçado três é o de cor verde.

Figura 37 - Interferência do traçado com o estádio de futebol



Fonte: Adaptado de (GOOGLE MAPS, 2017).

Para o critério “desapropriações” foi atribuído peso dois devido aos custos inerentes à retirada de famílias e estabelecimentos comerciais, das possíveis indenizações e realocação dessas pessoas/serviços.

iv. Passagens em Lugares de Difícil Acesso

No critério “passagens em lugares de difícil acesso” foi levado em consideração, entre outros aspectos, construções, relevo irregular (montanhas), mangues, rios e quaisquer outros pontos que dificultassem tanto a instalação dos monotrilhos quanto a movimentação de equipamentos, máquinas, operários, etc. Nesse sentido, os traçados um, dois e seis obtiveram nota igual devido à passagem em áreas muito parecidas (ou iguais). O traçado 4 obteve a maior nota por passar em áreas de fácil acesso e o traçado 3 novamente obteve a pior nota (nota 1) por passar em regiões montanhosas ou com edificações importantes. O traçado cinco obteve nota 2.

Para este critério foi adotado peso dois devido a importância da facilidade de acesso ao longo da execução da obra, além de garantir viabilidade de implantação das soluções em campo.

v. Impactos Ambientais

A região costeira onde será implantado o sistema de transporte de carga via monotrilho abriga uma diversidade de ecossistemas de elevada relevância ambiental. Por se tratar de áreas de mangues, restingas, estuários, deltas e dunas, com grande riqueza natural, é necessário uma regulamentação e legislação no processo de ocupação, gestão e controle da costa.

Segundo a ANTAQ (Agência Nacional de Transportes Aquaviários), são considerados como impactos ambientais, alterações causadas pelo homem das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, que comprometam a qualidade de vida da população, manutenção do ecossistema, disponibilidade e qualidade dos recursos naturais e condições estéticas e sanitária do ambiente natural.

Para avaliar os impactos associados a essas obras, é necessário fazer uma análise das possíveis fontes de dispersão de resíduos, volume e local de descarte da areia retirada por dragagem, desmatamento para alocação das instalações, volume de rocha utilizado como enrocamento para obras de abrigo e emissão de poluentes derivados do transporte de materiais ao local da obra.

Com objetivo de garantir a minimização desses impactos ambientais, o instrumento usado pelo governo para avaliar a adequação ambiental da obra é o processo de licenciamento ambiental que é uma obrigação legal e prévia à instalação de qualquer empreendimento. É um procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental licencia o local, instalação e operação de atividades que utilizam recursos ambientais, com potencial de poluir ou que cause degradação ambiental. Pode ser concedido por diferentes esferas: municipal, estadual ou federal, porém deve ser solicitado em uma única esfera de ação, conforme a Resolução CONAMA nº 237/97.

A autorização e o monitoramento da obrigação de licenciamento em obras de infraestrutura portuária são compartilhados por órgãos estaduais do meio ambiente e pelo IBAMA, responsável por promover as licenças de atividades desenvolvidas em mais de um estado e daqueles cujos impactos ambientais ultrapassem os limites territoriais. A legislação em vigor define que o processo de licenciamento ambiental consiste de três etapas: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO).

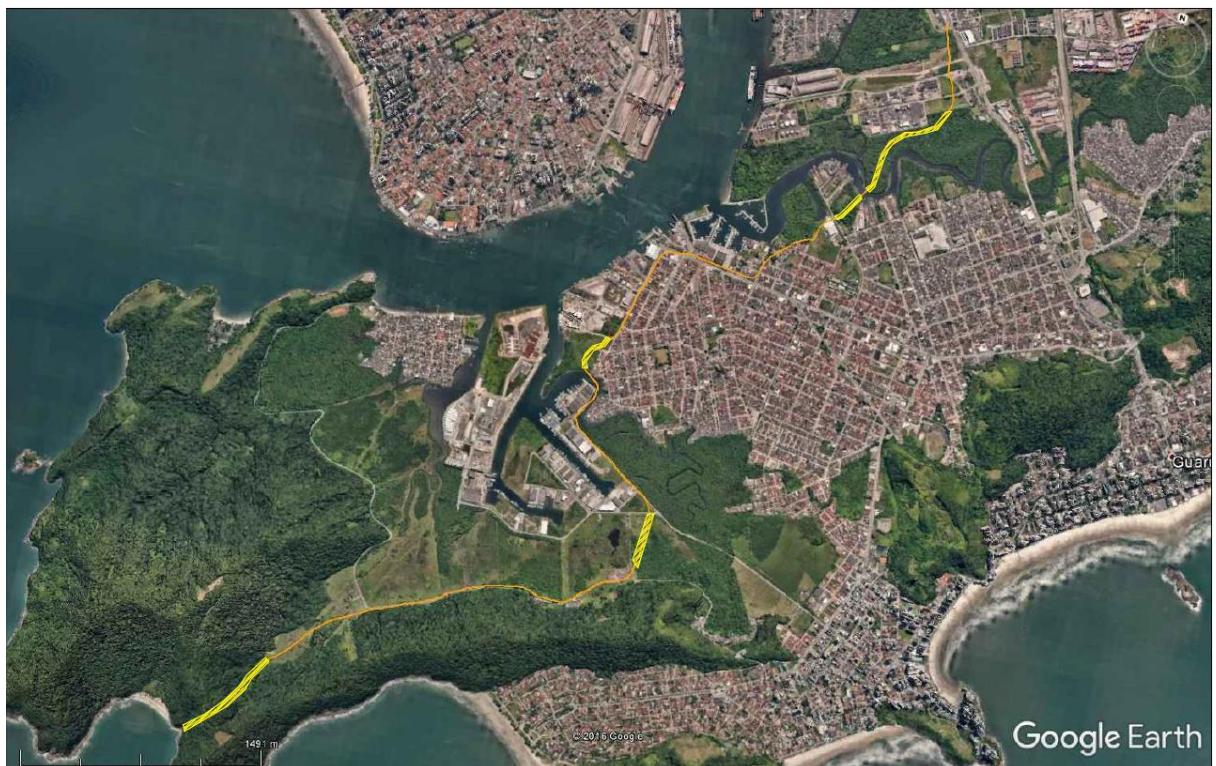
Licença Prévia (LP): Concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação, garantindo ao empreendedor a possibilidade, durante sua validade, de implantar na área solicitada, o empreendimento proposto, salvo mudanças na legislação vigente, porém não autoriza o início das obras. O prazo de validade da LP deverá ser, no mínimo, o estabelecido pelo cronograma de elaboração dos planos, programas e projetos relativos ao empreendimento ou atividade, não podendo ser superior a 5 anos,

Licença de Instalação (LI): Autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante. Esta licença autoriza o início da implantação do empreendimento. O prazo de validade da LI deverá ser, no mínimo, o do cronograma de instalação do empreendimento ou atividade, não podendo ser superior a 6 anos.

Licença de Operação (LO): Autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação. O prazo de validade da LO deverá considerar os planos de controle ambiental e será de, no mínimo, 4 anos e, no máximo, 10 anos.

Para este critério foi atribuído um peso 2 em relação aos outros critérios da matriz de decisão utilizados para avaliar a melhor alternativa de traçado. Assim, estimou-se, para cada um dos traçados, a área a ser desmatada para a instalação dos trilhos e da infraestrutura para a realização dessas obras. A seguir estão os traçados e suas respectivas áreas a serem desmatadas.

Figura 38 - Área a ser desmatada na implantação do traçado 1 (área correspondente aos polígonos desenhados em amarelo)



Fonte: Adaptado de (GOOGLE MAPS, 2017).

Figura 39 - Área a ser desmatada na implantação do traçado 2



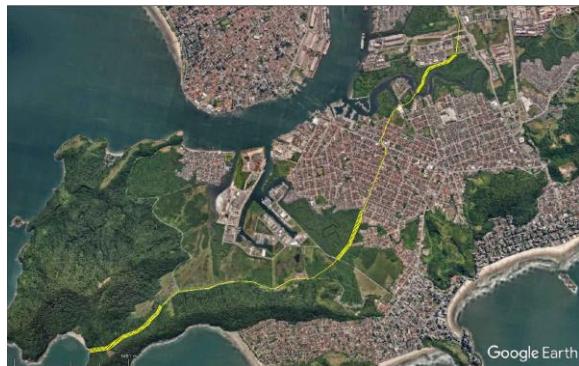
Fonte: Adaptado de (GOOGLE MAPS, 2017).

Figura 40 - Área a ser desmatada na implantação do traçado 3



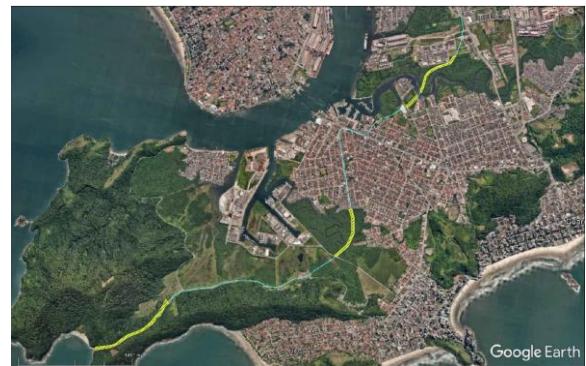
Fonte: Adaptado de (GOOGLE MAPS, 2017).

Figura 41 - Área a ser desmatada na implantação do traçado 4



Fonte: Adaptado de (GOOGLE MAPS, 2017).

Figura 42 - Área a ser desmatada na implantação do traçado 5



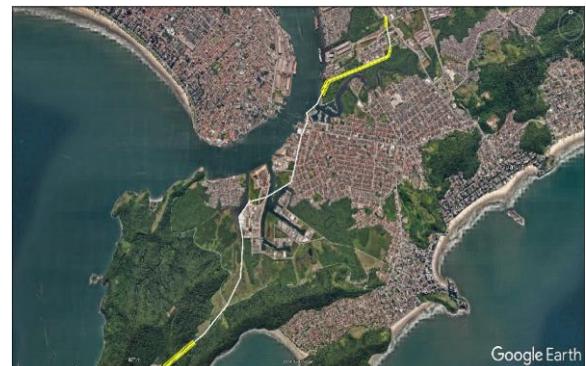
Fonte: Adaptado de (GOOGLE MAPS, 2017).

Figura 43 - Área a ser desmatada na implantação do traçado 6



Fonte: Adaptado de (GOOGLE MAPS, 2017).

Figura 44 - Área a ser desmatada na implantação do traçado 7



Fonte: Adaptado de (GOOGLE MAPS, 2017).

Tabela 15 - Área a ser desmatada em cada opção de traçado

Alternativas	Estimativa da área a ser desmatada (m ²)
Traçado 1	24643
Traçado 2	49286
Traçado 3	17192
Traçado 4	33367
Traçado 5	31875
Traçado 6	25557
Traçado 7	26104

Fonte: Autor.

Conforme a tabela anterior, verifica-se que o traçado 2 apresenta a maior área total desmatada, enquanto que o traçado 3 apresenta a menor. A partir dessa informação, atribuiu-se valores associados a cada traçado no critério de impactos ambientais da matriz de decisão.

vi. Interferência com rios

Neste critério foi levado em consideração apenas a interferência que o monotrilho poderia ter com rios e mangues. Assim, para a atribuição da nota foram analisados os trechos de cruzamento do traçado com corpos d'água (na concepção do traçado buscou-se sempre o cruzamento com rios a 90°) e, de acordo com o número de cruzamentos e da magnitude destes cruzamentos, foi estabelecida a nota de cada traçado.

Os traçados um e cinco obtiveram nota 3 devido a interferência com o mangue próximo à linha ferroviária e, no caso do traçado um, uma pequena interferência próxima à metade do comprimento. Os traçados três e quatro receberam nota 4 pois são os traçados que menos tem interferências com rios e mangues. Os traçados dois e seis, por sua vez, obtiveram nota 2 devido às grandes interferências com mangues, principalmente. O traçado seis cruza mangues por duas vezes enquanto o traçado dois possui grande extensão na água do mar pois circunda a costa.

Felizmente, apesar de se tratar de uma região com muitos mangues, não há grandes manguezais próximos à região de estudo, o que facilita tanto a implantação da solução quanto a sua execução em obra, sem contar que a interferência com os mangues pode trazer grandes problemas ambientais e ônus à obra. Devido a isso, foi atribuído peso dois a este critério.

vii. Interferência com serviços consolidados

O último critério, “Interferência com serviços consolidados”, tem relação direta com alguns dos critérios expostos anteriormente. Este reúne todas as possíveis interferências do sistema de monotrilho com qualquer obra, edificação ou serviço já implantados anteriormente. Neste caso, são contadas interferências com o sistema de travessia por balsa Santos-Guarujá, marinas e docas que existam nas proximidades, casas e edificações, estaleiros, ou seja, todas as interferências não-naturais possíveis. Dessa forma, os traçados um, dois e seis obtiveram nota 2 por

interferirem em inúmeros serviços oferecidos na região, em especial a travessia por balsa e a marina late Clube de Santos, como apresentado na imagem abaixo.

Figura 45 - late Clube de Santos



Fonte: Autor.

Os traçados três e cinco obtiveram nota 3 por interferirem em alguns serviços, embora menos do que os citados anteriormente. O traçado com melhor nota foi o quatro que interfere pouco com os serviços oferecidos na região.

Para este critério foi atribuído peso dois devido ao ônus que a implantação do sistema de monotrilhos pode trazer aos sistemas já consolidados na região e que dificilmente podem ser realocados para outras regiões (como por exemplo a travessia por balsa e o late Clube de Santos).

Baseados nos critérios acima demonstrados e explicados brevemente, montou-se então a matriz de decisão para os sete traçados pré-determinados, atribuindo-se os respectivos pesos para cada traçado. O cálculo da nota é explicado após a matriz.

Abaixo, são explicados e justificados de forma mais clara o valor de cada nota (de 1 a 5) e o que cada nota significa em cada um dos critérios para o melhor entendimento do procedimento de escolha:

Tabela 16 - Descrição dos pesos adotados na matriz de decisão

Notas						
Relevo	Comprimento do traçado	Desapropriações	Passagem em lugares de difícil acesso	Impactos ambientais	Interferência com rios	Interferência com serviços consolidados
1 (Muito acidentado)	1 (Extenso)	1 (Muita)	1 (Difícil acesso)	1 (Muito Impacto)	1 (Grande)	1 (Grande)
2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4
5 (Plano)	5 (Curto)	5 (Quase inexistente)	5 (Fácil acesso)	5 (Baixo impacto)	5 (Baixa)	5 (Baixa)

Fonte: Autor.

A seguir encontra-se a matriz de decisão que avalia cada traçado.

Tabela 17 - Matriz de decisão

Traçado	Relevo	Comprimento do traçado	Desapropriações	Passagem em lugares de difícil acesso	Impactos ambientais	Interferência com rios	Interferência com serviços consolidados	TOTAL
1	3	4	3	3	4	3	2	54
2	4	2	3	3	1	2	2	43
3	1	4	1	1	5	4	3	45
4	2	5	4	3	3	4	5	59
5	2	5	3	2	3	3	3	49
6	2	5	3	3	4	2	2	50
7	3	5	4	3	4	4	2	60
Pesos	4	2	2	2	3	2	2	17

Fonte: Autor.

Após elencados e explicados todos os critérios e notas, foram multiplicadas as notas pelos pesos e após isso foram somadas. A soma dos pesos resultou 17, porém as somas das notas não foram divididas por esse valor para expressar de forma mais clara a diferença entre as notas. Assim, foram organizados os traçados pela nota obtida, chegando-se à seguinte matriz:

Tabela 18 - Resumo das notas de cada traçado

Traçado	Soma das notas	Nota Normalizada (0-5)
7	60	3,53
4	59	3,47
1	54	3,18
6	50	2,94
5	49	2,88
3	45	2,65
2	43	2,53
Pesos	17	1

Fonte: Autor.

6. CONCLUSÃO

O desenvolvimento da pesquisa tomou por base os problemas associados ao Porto de Santos. Procurou-se, por meio de alternativas propostas por autoridades portuárias de grande relevância mundial, conceber uma solução possível e inovadora.

A pesquisa se constitui de uma revisão bibliográfica geral, subdividida em cinco partes, levando em conta a história da navegação no Brasil, os problemas atuais do Porto de Santos, que é o estudo de caso abordado neste projeto, conceitos modernos de desenvolvimento portuário como por exemplo Porto do Futuro, Porto Flexível e *hub port* (porto concentrador de carga e cabotagem), além de novas abordagens para a previsão de incertezas baseadas nos conceitos desenvolvidos na Europa, especificamente no Porto de Roterdã.

O projeto foi conduzido por um método que tratou de dois enfoques: a solução para a expansão do porto e a solução sustentável e inovadora para o transporte de cargas. O primeiro enfoque tratou da elaboração de diferentes alternativas de *layouts* buscando configurações que atendessem ao critério de abrigo de ondas e profundidade natural adequada ao tipo de embarcação a ser atracada no porto. Para cada alternativa, analisou-se as possíveis falhas e eventuais alterações a serem feitas. A partir da melhor alternativa de *layout* concebida, prosseguiu-se com a determinação das áreas abrigadas e com o dimensionamento das áreas náuticas que constituem a região do porto.

Concluído o enfoque de gerenciamento portuário, determinou-se uma solução inovadora para o transporte de cargas, que consiste de monotrilhos com mecanismos de sustentação de contêineres suspensos. A idealização de tal solução para os problemas de expansão do Porto de Santos foi possível graças ao apoio da empresa *EagleRail Container Logistics*, que é responsável pelo desenvolvimento desse sistema de transporte inovador. Assim, o modelo final da solução integra os dois enfoques como um novo paradigma de porto, aliando a flexibilidade de um porto *offshore* com a praticidade, fluidez e sustentabilidade do sistema de monotrilhos no gerenciamento da carga.

Concebido como uma solução para terminais portuários, o *EagleRail* busca se apresentar como uma alternativa mais limpa do que o tradicional uso de caminhões para o transporte de containers. Todavia, pode-se imaginar um plano mais amplo,

executado em três períodos: (I) atendimento dos terminais portuários no curto-prazo, (II) interligação dos terminais em um grande sistema que permitiria a subida da Serra do Mar, conectando os terminais da Baixada Santista à uma grande plataforma logística em São Paulo e que buscara reduzir o trânsito de veículos nas rodovias do Sistema Anchieta-Imigrantes no médio-prazo, e (III) interligação final com o porto *offshore* proposto nesta pesquisa. Somado ao desenvolvimento do conceito de transporte de cargas via monotrilho, foi também discorrido sobre os possíveis traçados para esta solução na cidade de Guarujá, como foram selecionados, os critérios adotados, uma breve avaliação dos impactos ambientais gerados por cada um dos traçados, além da apresentação da matriz de decisão completa, das notas e pesos atribuídos a cada critério e, por fim, a escolha do melhor traçado. Neste capítulo também foram abordadas as limitações físicas do sistema de transporte *EagleRail*, como estas limitações podem ser superadas para o caso do Porto de Santos e se tais limitações restringem a viabilidade da solução.

Ficou evidente ao longo do desenvolvimento do projeto que existem inúmeras variáveis de difícil ponderação que devem ser incluídas para determinar a melhor solução para problemas recorrentes. Apesar de cada porto possuir características e problemas próprios, os portos estuarinos ao redor do mundo têm enfrentado desafios similares, como a dificuldade de expansão devido ao confinamento da infraestrutura dentro do estuário. Assim, não há outra alternativa senão buscar uma solução *offshore*, a exemplo dos grandes portos já muito desenvolvidos e consolidados da Europa.

Com este estudo de caso, foi desenvolvido um modelo de expansão que sirva de referência para outros portos estuarinos ao redor do mundo, expostos a desafios semelhantes aos do Porto de Santos, com o intuito de trazer um primeiro direcionamento à solução do problema, com uma visão sustentável e futurista, porém sempre passível de implantação e viável economicamente. Também buscou-se explicitar as dificuldades enfrentadas, as soluções descartadas e a razão destes descartes, a fim de formalizar um conceito geral e sólido sobre a expansão de portos estuarinos confinados em meio à cidade.

Espera-se também, com a conclusão desta pesquisa, que se incentive o desenvolvimento e a busca por novas soluções para o Porto de Santos, que está à

beira da saturação, dando a devida atenção a este que é o maior porto do Hemisfério Sul e que está longe de atingir seu limite de demanda.

Busca-se, por meio do acesso a maiores informações, estabelecer dados quantitativos referentes tanto ao transporte quanto ao enfoque de abrigo portuário capazes de indicar de maneira comparativa as vantagens e benefícios associados à solução idealizada.

Dados relacionados à eficiência logística, custos de implantação e manutenção das obras, instalações portuárias e modelos de previsões de comportamento de demandas futuras permitirão que sejam obtidos parâmetros concretos para avaliar diferentes alternativas para o modelo de expansão de portos *offshore*.

Para as próximas etapas, espera-se obter o estudo de viabilidade para implantação das soluções propostas através de um enfoque logístico, com objetivo de avaliar o congestionamento do porto na situação atual e tentar estimar a real demanda do Porto de Santos para navios de maior porte, como o *Triple E*.

7. REFERÊNCIAS

- ALFREDINI, P. et al. **The Future of Santos Harbour (brazil) Outer Acess Channel**, 2014.
- ALFREDINI, P.; ARASAKI, E. **Engenharia Portuária: a técnica aliada ao enfoque logístico**. São Paulo: [s.n.].
- ALFREDINI, P.; ARASAKI, E.; MOREIRA, A. S. **Design Tide and Wave for Santos Offshore Port (Brazil)**, 2013.
- ARAÚJO, F. H. C. B. **Sistema Portuário Brasileiro Evolução e Desafios**. Trabalho de Conclusão de Curso—Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.
- ASHAR, A.; RODRIGUE, J. P. **Evolution of Containershops**, 2012. Disponível em: <people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch3en/conc3en/containerships.html>
- AUTORIDADE PORTUÁRIA DE ROTERDÃ. **Foto apresentada pela autoridade portuária de Roterdã**, [s.d.].
- BALLOU, R. H. **Logística empresarial: Transportes, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: [s.n.].
- BARBIER, E. B. et al. **The value of estuarine and coastal ecosystem services**, 2011.
- BERNARDINO, J. C. DE M. **Abordagem experimental para avaliação de manobras de navios em modelos físicos de espaços náuticos**. Tese de Doutorado—São Paulo: [s.n.].
- BICHOU, K. **Port operations, planning and logistics**, 2014.
- BOLAM, S. G. et al. **Ecological consequences of dredged material disposal in the marine environment : A holistic assessment of activities around the England and Wales coastline**, 2006.
- BOSHEK, M. R. **Reflection and Diffraction Around Breakwaters**. Tese de Mestrado—Rotterdam: TU Delft, 2009.
- BOUBACHA, E. Association Internationale Villes et Ports (AIVP). **Ciudad y Puerto: Mutacion y Recomposition**, 1997.
- BRIENE, M. et al. **Strategie planmatige zandwinning, belangenafweging en instrumentarium**, 2011.
- CE DELFT. **Traffic noise in Europe, health effects, social costs and technical and policy options to reduce road and rail traffic noise**, 2007. Disponível em: <http://www.transportenvironment.org/sites/te/files/media/2008-02_traffic_noise_ce_delft_report.pdf>

CENTRO DE HIDROGRAFIA DA MARINHA. **Carta Náutica Porto de Santos**, 2016. Disponível em: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-cartas-raster/raster_disponiveis.html>. Acesso em: 4 maio. 2017

CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. New York: McGraw-Hill/Irwin. **Operations Management for Competitive Advantage**, 2006.

CODESP. **Resumo completo da História do Porto de Santos**. Disponível em: <<http://www.portodesantos.com.br/historia.php>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

DE NEUFVILLE, R et al. Man and Cybernetics. **The Design and Development of Next Generation Infrastructure Systems**, 2004.

DE NEUFVILLE, R. et al. Journal of the Transportation Research Board. **Real Options to Increase the Value of Intelligent Transportation Systems**, 2007.

DELTARES. **From sandy coasts to muddy waters, sediment management**, 2010. Disponível em: <http://www.deltares.nl/xmlpages/tan/files?p_file_id=14163>

DEWAR, J. A et al. **Assumption-Based Planning: A Planning Tool for Very Uncertain Times.**, 1993.

DEWAR, J. A. UK: Cambridge University Press. **Assumption-Based Planning: A tool for Reducing Avoidable Surprises**, 2002.

EGYEDI, T. **Standards enhance system flexibility**, 2002. Disponível em: <<http://www.tudelft.nl/live/binaries/0b330c26-def4-45e3-a367-43b61bf0ae45/doc/mapping.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2012

FCTH. **Rosa de Ondas**, 2016.

GOOGLE MAPS. **Mapa**, 2017.

GROOT, A. et al. **Biobouwers als onderdeel van een kansrijke waterveiligheidsstrategie voor Deltaprogramma Waddengebied**, 2014.

GULER, N. **Economic evaluation of port investments**, 2003.

HARALAMBIDES. International Journal for Maritime Economics. **Competition excess capacity and pricing of port infrastructure**, n. 4, p. 323–347, 2002.

KAMPA, M.; CASTANAS, E. **Human health effects of air pollution**, 2007.

KAMPERLAAN, E. Project Manager Magazine. **Showcase Megaproject Management: Maasvlakte 2**, p. 12–17, 2005.

KWAKKEL, J. **The treatment of uncertainty in airport strategic planning**. PhD—Rotterdam: TU Delft, 2010.

MACHADO, I. S. DE. **O Porto de Santos e a Revolução dos Contêineres**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2012.

MAERSKLINE. Port Technology International. **Berth productivity will have to keep up with shippings supersized revolution**, n. 50, 2011.

MAERSKLINE. **The Worlds Largest Ship**, maio 2014. Disponível em: <<http://www.maersk.com/en/hardware/triple-e/the-hard-facts/the-worlds-largest-ship>>

MAES, F.; SCHRIJVERS, J. **Towards a Spatial Structure Plan for Sustainable Management of the Sea: Mixed actions**, 2005.

MARITIME PORT AUTHORITY OF SINGAPORE. **Port Statistics**, 2009. Disponível em: <http://www.mpa.gov.sg/sites/global_navigation/publications/port_statistics/port_statistics.page>. Acesso em: 30 jan. 2012

MCLEOD, K. L. et al. **Scientific consensus statement on marine ecosystem based management. The communication Partnership for Science and the Sea (COMPASS). Signed by 221 academic scientists and policy experts with relevant expertise**, 2005.

MORAES, I. R. DE. **Cidades portuárias sustentáveis - integração porto/cidade - veículo para sustentabilidade**. Mestrado—Santos: Universidade Católica de Santos, 2008.

MOREIRA, A. DE S. **Metodologia Aplicada para Obter um Sistema de Indicadores de Porto Concentrador de Carga**. Tese de Doutorado—São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009.

NOTTEBOOM, T.; DUCRUET, C.; DE LANGEN, P. W. **Ports in proximity: Competition and coordination among adjacent seaports**, 2009.

NOTTEBOOM, T. E.; RODRIGUE, J. P. **Port regionalization: towards a new phase in port development**, 2005.

OECD. **Competition in ports and port services**, 2011. Disponível em: <<http://www.oecd.org/regreform/sectors/48837794.pdf>>

PASSCHIER-VERMEER, W.; PASSCHIER, W. F. **Noise exposure and public health**, 2000.

PIANC. **Criteria for the (Un)loading of Container Vessels**, nov. 2012.

PIANC. **“Sustainable ports” A Guide for Port Authorities**, 2014.

PORT OF ROTTERDAM. **Fact Sheet - Rotterdam Energy Port**, [s.d.].

PORTO, M. M. **Portos e o Desenvolvimento**. São Paulo: [s.n.].

R. S. LOVE. **Maritime Exploration in the Age of Discovery, 1415-1800**, 2006.

RESSURREICAO, A. **Different cultures, different values: The role of cultural variation in public's “Willingness To Pay” for marine species conservation**, 2012.

- ROBINSON, R. Maritime Policy and Management. **Ports as Elements in Value-Driven Chains Systems: The New Paradigm**, p. 241–255, 2002.
- ROTTERDAM OFFICE FOR SUSTAINABILITY AND CLIMATE CHANGE. **Investing in sustainable growth. Rotterdam sustainability monitor**, 2011.
- SCHIPPER, C. A.; VERGOUWEN, S.; MINDERHOUD, S. **Port of the Future**, 2015.
- STRONKHORST, J. et al. **Environmental impact and recovery at two dumping sites for dredged material in the North Sea. Environmental Pollution**, 2003.
- SWANSON, D et al. Technological Forecasting and Social Change. v. 77, p. 924–939, 2010.
- TANEJA, P. et al. Maritime Policy and Management. **Implications of an uncertain future for port planning**, 2010c.
- TANEJA, P. et al. International Journal of Engineering Management and Economics. 2011b.
- TANEJA, P. **The Flexible Port**. Tese de Mestrado—Rotterdam: TU Delft, 19 mar. 2013.
- THE INTERNATIONAL BANK FOR RECONSTRUCTION AND DEVELOPMENT / THE WORLD BANK. **The evolution of ports in a competitive world**, 2007.
- TRANSPORT RESEARCH KNOWLEDGE CENTRE. **Transport and the environment. European Communities**, 2009.
- UNEP. **Taking Steps toward Marine and Coastal Ecosystem-Based Management - An Introductory Guide**, 2011.
- USACE. **Navigation data center, dredging costs**, 2014.
- VEENBOER, D. P. **The Port - City Relationship - The Success of Urban Maritime Ports**. Tese de Mestrado—Rotterdam: University Rotterdam, 2014.
- WALKER, W. E. New York: Springer. **Uncertainty in the framework of policy analysis In Public Policy Analysis: New Developments**, 2012.
- WALSH, B. **Why the future belongs to jellyfish**, 2015.
- WORLD BANK. **Philippines environmental monitor**, 2003.