

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA NAVAL

RAYANA ARANTES BARBOZA

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE OCUPAÇÃO DOS BERÇOS EM TERMINAIS
PORTUÁRIOS DE CONTÊINERES: ESTUDO COMPARATIVO DA
PRODUTIVIDADE ENTRE O CASO DO PORTO ITAPOÁ E TERMINAL DO
PORTO DE ROTTERDAM

Joinville

2022

RAYANA ARANTES BARBOZA

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE OCUPAÇÃO DOS BERÇOS EM TERMINAIS
PORTUÁRIOS DE CONTÊINERES: ESTUDO COMPARATIVO DA
PRODUTIVIDADE ENTRE O CASO DO PORTO ITAPOÁ E TERMINAL DO
PORTO DE ROTTERDAM

Trabalho apresentado como
requisito para obtenção do título de
bacharel no Curso de Graduação em
Engenharia Naval do Centro Tecnológico
de Joinville da Universidade Federal de
Santa Catarina.

Orientadora: Prof. Dra. Renata Cavion.

Joinville

2022

RAYANA ARANTES BARBOZA

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE OCUPAÇÃO DOS BERÇOS EM TERMINAIS
PORTUÁRIOS DE CONTÊINERES: ESTUDO COMPARATIVO DA
PRODUTIVIDADE ENTRE O CASO DO PORTO ITAPOÁ E TERMINAL DO PORTO
DE ROTTERDAM

Este Trabalho de Conclusão de
Curso foi julgado adequado para obtenção
do título de bacharel em Engenharia Naval,
na Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville (SC), 18 de julho de 2022.

Banca Examinadora:

Dr.(a) Renata Cavion
Orientador(a)/Presidente

Dr.(a) Viviane Lilian Soethe
Membro(a)
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr.(a) Luis Fernando Peres Calil
Membro(a)
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, em especial, ao meu pai Odinir, minha mãe Valéria e meu padrasto Juarez, que permitiram que a minha graduação acontecesse, garantindo que eu fosse amparada em Joinville e tivesse todo suporte necessário para concluir essa caminhada, sempre torcendo por mim e acreditando no meu potencial.

Agradeço a minha irmã Raissa, que compartilhou todas as minhas alegrias e tristezas, vivenciando cada minuto da minha trajetória, mesmo estando longe, fazendo sempre com que eu me sentisse amada e amparada.

Agradeço a minha irmã de coração Bruna, pelas lições de vida e pela amizade, e que juntas criamos um lar em Joinville, repleto de muito amor, carinho e parceria, o qual era sempre meu oásis de paz e tranquilidade.

Agradeço ao meu trio Mariana e Letícia, pelas intermináveis conversas, risadas e companheirismo, sendo sempre meu suporte, torcendo por mim e fazendo a minha trajetória ser muito melhor.

Agradeço as minhas meninas, Marielly e Thais, que sempre estiveram de braços e coração abertos para todos os momentos, sempre prontas para alegrar o dia e deixar o coração mais quentinho.

Agradeço ao meu namorado Paulo Henrique, que me inspirou, incentivou e me fez ser uma pessoa melhor ao longo desses 4 anos de namoro.

Agradeço aos amigos do Bolão, que junto com o meu trio, as minhas meninas e meu namorado, me fizeram entender que podemos ter mais de uma família. Obrigado pelo mais épico rolês, viagens e parceria, família! Vocês têm para sempre um lugar no meu coração e um amigo em mim.

Agradeço a minha orientadora, Professora Renata por toda sua dedicação, não medindo esforços para repassar seu conhecimento e sempre agregando muito ao trabalho, fazendo com que fosse uma experiência excepcional.

Agradeço a todos os professores que tive aula, que mesmo sem saberem, auxiliaram para o meu crescimento e amadurecimento, levarei comigo um pouco de cada um.

Por fim, dedico esse trabalho ao meu tio Cesar, dono do maior coração e do sorriso mais amigo. Você se foi, mas todo seu amor, sua generosidade e seu carinho ficarão para sempre. Fica tranquilo, a gente cuida das suas meninas e até a próxima!

“Acredite em milagres, mas não dependa deles”

Immanuel Kant

RESUMO

O crescimento do transporte marítimo de contêineres em escala mundial reforça a importância das infraestruturas que permitem a operação mais eficiente nos portos. Os berços fazem parte desse conjunto de infraestruturas que exercem grande impacto sobre a capacidade produtiva dos terminais de contêineres. Em escala nacional, o Porto Itapoá é considerado referência na operação de contêineres, enquanto que o Porto de Rotterdam é referência mundial na área. O presente estudo propõe uma análise comparativa de produtividade entre os dois portos – selecionando o Terminal Hutchison Ports Delta II (THPDII) em Rotterdam, com o objetivo de verificar se há discrepâncias em relação às suas eficiências. A análise é realizada através da comparação entre as características físicas e operacionais, utilizando a metodologia de produtividade dos berços, indicada por Ligteringen (1999), sendo utilizada para calcular a taxa de ocupação dos berços dos respectivos terminais. Os estudos realizados evidenciaram ainda que, embora a sua eficiência seja inferior ao Terminal referência, o Porto Itapoá possui uma boa taxa de ocupação de berço com promissores cenários de melhoria, apresentados ao final do trabalho.

Palavras-chave: Ocupação de Berço. Produtividade. Portos. Contêineres. Porto Itapoá. Porto de Rotterdam.

ABSTRACT

The growth of maritime container transport on a global scale reinforces the importance of infrastructure that allows for more efficient operation in ports. The berths are part of this set of infrastructures that have a great impact on the productive capacity of container terminals. On a national scale, Porto Itapoá is considered a reference in the operation of containers, while the Port of Rotterdam is a world reference in the area. The present study proposed a comparative analysis of productivity between the two ports – selecting the Terminal Hutchison Ports Delta II (THPDII) in Rotterdam, with the objective of verifying if there are discrepancies regarding its efficiencies. The analysis is performed by comparing the physical and operational characteristics, using the berth productivity methodology, indicated by Ligteringen (1999), being used to calculate the berth occupancy rate of the respective terminals. The studies carried out also showed that, although its efficiency is lower than the reference Terminal, Porto Itapoá has a high berth occupancy rate with promising improvement scenarios.

Keywords: Berth Occupancy. Productivity. Ports. Containers. Itapoá's Port. Port of Rotterdam.

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

C_b	Média anual de TEU por berço
N_b	Número de guindastes por berço
m_b	fator de ocupação de berço
t_u	Número de horas operacionais por ano
ANTAQ	Agência Nacional dos Transportes Aquaviários
IOA	Trigrama do Porto Itapoá
MPH	Movimentos por hora
RTM	Trigrama do Porto de Rotterdam
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit (unidade equivalente a um contêiner de vinte pés)
THPDII	Terminal Hutchison Ports Delta II
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
VGM	Massa Bruta Verificada (Verified Gross Mass)
f	Fator TEU
p	Produção por guindaste

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do Trabalho	16
Figura 2 - Movimentações Portuárias Semestrais do ano de 2018 a 2020	18
Figura 3 - Evolução por tipo de Navegação em toneladas no Brasil, no período de janeiro a dezembro de 2021.....	20
Figura 4 – Layout dos Setores Operacionais de um Terminal de Contêineres	22
Figura 5 - Tipos de cais e sua relação com os berços	23
Figura 6 - Píer vs Cais vs Dique.....	24
Figura 7 - Tipos de berços de um terminal de contêineres	27
Figura 8 - Vista de Perfil de um Navio Porta-contêineres.....	28
Figura 9 - Evolução dos navios porta-contêineres	29
Figura 10 - Quantidade de atracções e tamanhos máximos de navios por país no ano 2021	30
Figura 11 - Guindaste Ship-to-Shore - STS.....	31
Figura 12 - Fatores que influenciam a capacidade de um terminal	34
Figura 13 - Variação dos custos em relação ao aumento da movimentação	36
Figura 14 - Capacidade X Produtividade.....	37
Figura 15 – Imagem aérea da área atualmente ocupada pelo Porto Itapoá	44
Figura 16 - Área dos Berços do Terminal de Contêineres do Porto Itapoá	45
Figura 17 – Implantação Esquemática do Porto de Rotterdam	48
Figura 18 - Vista superior do Terminal Hutchison Ports Delta II.....	49
Figura 19 - Área dos Berços do Terminal Hutchison Ports Delta II.....	50
Figura 20 - Fator de Ocupação de Berço	56
Figura 21 - Média Anual de TEU's por berço	58
Figura 22 - Tamanho dos berços	61
Figura 23 - Produção dos Guindastes STS [MPH]	64
Figura 24 - Produtividade de berço variando a Produção dos Guindastes e Ocupação de Berço	67
Figura 25 - Produtividade de berço variando número de guindastes e ocupação de berço	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fonte dos dados obtidos do Porto Itapoá e THPDII	42
Quadro 2 - Dados da infraestrutura e operacional do Porto Itapoá	46
Quadro 3 - Terminais de Contêineres Porto de Rotterdam	48
Quadro 4 - Dados da infraestrutura e operacional do THPDII	50
Quadro 5 - Comparação das Características Físicas e Operacionais.....	51
Quadro 6 - Elementos da Equação de Produtividade	52
Quadro 7 - Dados Obtidos do Porto Itapoá	53
Quadro 8 - Dados obtidos do Terminal Hutchison Ports Delta II	54
Quadro 9 - Comparação dos dados estimados de atracação de navios maiores e menores no cenário hipotético	63
Quadro 10 - Dados referente às 6 situações propostas do Cenário 1.....	68
Quadro 11 – Dados referente às 4 situações propostas do Cenário 2.....	71

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1.	<i>OBJETIVOS.....</i>	15
1.1.1.	Objetivo Geral.....	15
1.1.2.	Objetivos Específicos	15
1.2.	<i>ESTRUTURA DO TRABALHO.....</i>	15
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1.	<i>PORTOS ESPECIALIZADOS EM CONTÊINERES</i>	17
2.1.1.	Infraestrutura de um Terminal de Contêineres.....	21
2.1.2.	Navios porta-contêineres e sua influência na produtividade dos berços	27
2.1.3.	Equipamentos e sua importância na produtividade no berço	30
2.2.	<i>CAPACIDADE VS PRODUTIVIDADE VS EFICIÊNCIA DE UM TERMINAL</i>	33
2.2.1.	Método de Ligteringen	38
3.	METODOLOGIA.....	41
3.1.	<i>ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....</i>	41
3.2.	<i>DEFINIÇÕES CONCEITUAIS UTILIZADAS.....</i>	43
4.	ESTUDOS DE CASO.....	44
4.1.	<i>PORTO ITAPOÁ.....</i>	44
4.2.	<i>PORTO DE ROTTERDAM</i>	46
4.2.1.1.	Terminal Hutchison Ports Delta II	49
4.3.	<i>COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E OPERACIONAIS.....</i>	51
5.	DIMENSIONAMENTO DA EFICIÊNCIA DOS BERÇOS	52
5.1.	<i>MEMÓRIA DE CÁLCULO.....</i>	53
5.1.1.	Porto Itapoá	53
5.1.2.	Terminal Hutchison Ports Delta II	54
6.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	56
6.1.	<i>ANÁLISE DO FATOR DE OCUPAÇÃO DE BERÇO</i>	56
6.2.	<i>ANÁLISES DAS VARIÁVEIS.....</i>	57
6.3.	<i>PONDERAÇÕES GERAIS</i>	64

6.4.	<i>ANÁLISE DE NOVOS CENÁRIOS</i>	66
7.	CONCLUSÃO	72
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
	APÊNDICE	79
	APÊNDICE A – CÓDIGO DO GRÁFICO DA FIGURA 24.....	79
	APÊNDICE B – CÓDIGO DO GRÁFICO DA FIGURA 25.....	82

1. INTRODUÇÃO

O transporte de cargas em contêineres representa 60% do comércio marítimo do planeta, totalizando mais de 4 trilhões de dólares, sendo considerado um dos meios mais importantes e necessários do transporte mundial de mercadorias (BUENO, 2022). Após os contêineres substituírem os métodos tradicionais de transporte de cargas – a partir da década de 1980 – por cargas unitárias capazes de atender à nova demanda global por fluxos mais rápidos, foi possível reduzir os custos, já que o transporte em navios passou a ser realizado com maiores volumes (SILVA, 2018). Segundo a UNCTAD (2021), a quantidade de contêineres que passaram em portos no mundo cresceu cerca 50% em um período de 10 anos, passando de 553 milhões de TEU's¹ em 2010 para 815,6 milhões de TEU's em 2020.

O crescimento do transporte marítimo de contêineres reforça a importância da infraestrutura dos portos, que precisam lidar com embarcações cada vez maiores em porte e em capacidade de transporte, e com a manipulação das cargas transportadas de modo mais ágil e seguro. Nesse sentido, a eficiência das infraestruturas do terminal de contêineres tornou-se crucial para o desenvolvimento internacional de troca de mercadorias (ZIWEI, 2021).

Vários elementos físicos do terminal de contêineres influenciam na gestão dos portos de forma a torná-lo mais – ou menos – eficientes, estando entre esses elementos a área do cais, local composto pelos berços, pelos elementos de proteção da embarcação e pelos equipamentos necessários para viabilizar a operação com as cargas. O berço, em especial, é o local em que a embarcação é atracada e onde se assegura a realização das operações de carga e descarga de mercadorias (GLOSSARY, 2021).

Um planejamento de atracações nos berços é essencial para a alocação eficiente de recursos portuários para os navios que entram e saem do porto. Ele

¹ TEU é uma medida-padrão usada para calcular o volume de carga transportada em contêineres. Um TEU é equivalente ao volume de carga de um contêiner marítimo de 20 pés (CAMBRIDGE DICTIONARY, 2022).

permite que as operações portuárias funcionem sem problemas, ao mesmo tempo que podem se tornar gargalos em operações, como, por exemplo, a atracação de múltiplas embarcações simultaneamente, sem a quantidade de equipamentos suficiente para atendê-las (MARINE INSIGHT, 2021). Segundo Ligteringen (1999), através da análise da produtividade dos berços pode-se também obter um importante indicador da eficiência de um porto de contêineres.

Nesse contexto, questionamentos sobre a produtividade de berços impulsionaram o presente estudo, que propõe a análise das características dos berços do Porto Itapoá, que ocupa a primeira posição entre os portos movimentadores de contêineres no Estado de Santa Catarina e o terceiro lugar no Brasil. Os resultados da medição de produtividade dos berços do Porto Itapoá são comparados aos resultados – também calculados – de um dos terminais de contêineres do maior porto de contêineres da Europa, o Porto de Rotterdam, chamado Terminal Hutchison Ports Delta II (THPDII).

A comparação entre o Porto Itapoá e o Terminal Hutchison é realizada a fim de verificar as condições operacionais em estruturas consideradas referências em diferentes escalas do transporte de contêineres. As áreas estudadas possuem características físicas similares (no que se refere ao comprimento do berço e proporção de comprimento do cais), o que, em tese, poderia destacar a existência de possível vantagem holandesa na gestão e operação dos contêineres, tendo em vista que, de acordo com Port of Rotterdam (2021), os terminais do Porto de Rotterdam estão entre os mais modernos do mundo, considerados modelos de gestão portuária no ramo de terminais que trabalham com contêineres.

A ideia de confrontar os dados do Porto catarinense, aos dados do Terminal holandês, foi suscitada a partir dos seguintes questionamentos iniciais:

- a) Qual é a produtividade dos berços de contêineres do Porto Itapoá?
- b) Esta produtividade pode ser considerada boa sob o aspecto da eficiência?
- c) Em comparação com o maior porto da Europa, Porto de Rotterdam, há diferenças significativas em relação à eficiência de ocupação dos berços?
- d) O Porto Itapoá está atingindo todo o seu potencial de capacidade?

A verificação da produtividade dos berços pode indicar um potencial de operação que ainda não foi alcançado pelos terminais de contêineres. De acordo com Schmalz (2017), na medida em que há uma crescente importância do transporte marítimo no comércio internacional, os terminais portuários devem estar em constante revisão para atender o aumento da demanda, bem como para aprimorar suas operações.

O cálculo da produtividade de um terminal portuário (de forma ampla) pode ser uma tarefa complicada devido à vasta existência de fatores que podem influenciar, como: fatores ambientais, estruturais, de imprevisto e de demanda. Contudo, existem pelo menos duas metodologias que propõem estimativas de elementos que afetam essa produtividade.

Uma das metodologias comumente utilizadas em estudos de eficiência portuária é a Teoria de Filas, que consiste em um sistema analítico que prevê flutuações de demandas com o intuito de reduzir o tempo de espera das embarcações para a atracação no berço. Nessa metodologia, o foco de análise está sobre a área que antecede a operação de embarque e desembarque dos contêineres.

Outra metodologia, proposta por Ligteringen (1999), estima a produtividade do terminal com base na eficiência do uso dos berços, levando em consideração a movimentação de contêineres e a infraestrutura do berço, em que os tempos de atracação e desatracação são diluídos na produtividade efetiva do cais. Esse método propõe uma estimativa inicial sobre a eficiência e aproveitamento do terminal, verificando as condições operacionais da infraestrutura portuária (LINGTERINGEN, 1999).

Sendo o foco deste trabalho a análise da infraestrutura dos berços, a metodologia proposta por Ligteringen (1999) é utilizada para realizar os cálculos de eficiência dos berços através da estimativa da taxa de ocupação de berço. Nesse contexto, o objetivo principal do estudo é analisar o Porto Itapoá em relação ao THPDII - do Porto de Rotterdam – sob a ótica da eficiência da produtividade dos berços a fim de verificar se o Porto Itapoá está atingindo seu potencial de capacidade que a sua infraestrutura permite.

1.1. OBJETIVOS

Sob a temática da eficiência da produtividade dos berços de atracação das embarcações para realizarem as operações de embarque e desembarque de contêineres no Porto Itapoá e no Terminal THPDII do Porto de Rotterdam, propõe-se os seguintes objetivos:

1.1.1. Objetivo Geral

Verificar o potencial de produtividade de berços do Porto Itapoá, utilizando como referencial a produtividade de um terminal considerado modelo de gestão portuária de contêineres.

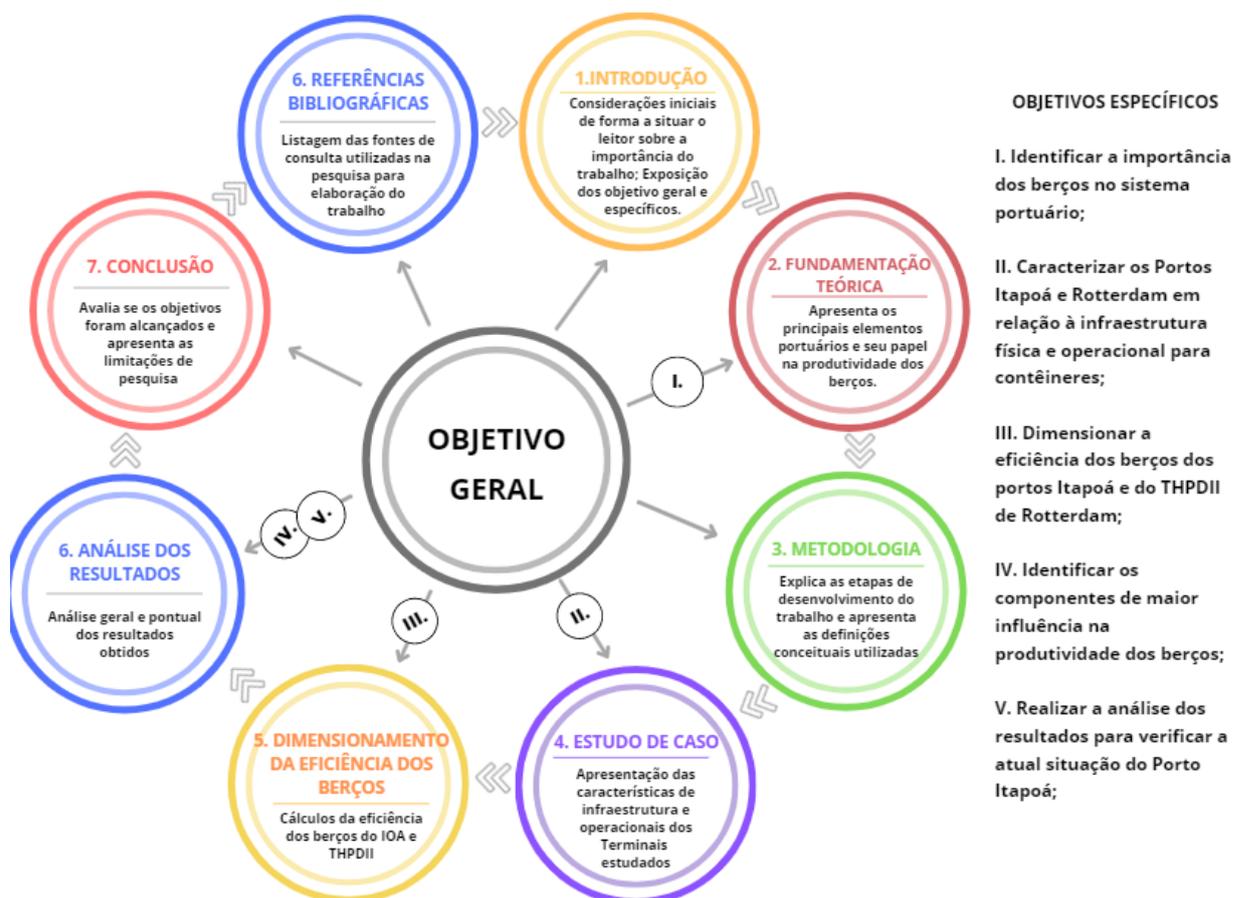
1.1.2. Objetivos Específicos

- Identificar a importância dos berços no sistema portuário;
- Caracterizar os Portos Itapoá e Rotterdam em relação à infraestrutura física e operacional para contêineres;
- Dimensionar a eficiência dos berços dos portos Itapoá e do THPDII de Rotterdam;
- Identificar os componentes de maior influência na produtividade dos berços;
- Realizar a análise dos resultados para verificar a atual situação do Porto Itapoá;
- Avaliar o potencial de aprimoramento da produtividade do Porto Itapoá.

1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi estruturado em 8 capítulos de modo que os objetivos - geral e os objetivos específicos - fossem alcançados ao longo do trabalho (Figura 1).

Figura 1 - Estrutura do Trabalho



Fonte: Autora (2022)

O trabalho propõe que o Objetivo Específico I seja alcançado no Capítulo 2, que apresenta os principais elementos portuários e a sua contribuição na produtividade dos berços. O Capítulo 4, que apresenta as características de infraestrutura e operacionais do Porto Itapoá e do Terminal Hutchison Ports Delta II, permite que o Objetivos Específico II seja alcançado. Já o Objetivo Específico III é atingido no Capítulo 5, que apresenta o dimensionamento da eficiência dos berços do IOA e THPDII. Por fim, os Objetivos Específicos IV e V são alcançados no Capítulo 6 onde são desenvolvidas a análise geral e as análises pontuais dos resultados obtidos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo visa contextualizar como o transporte marítimo foi estabelecido historicamente, apresentar o papel da containerização no setor, abordar a importância da produtividade nos portos de contêineres e dos berços e sua relação com as embarcações. Também é apresentada a metodologia que estima a produtividade portuária a partir da análise dos berços de atracação proposta por Ligteringen (1999).

2.1. PORTOS ESPECIALIZADOS EM CONTÊINERES

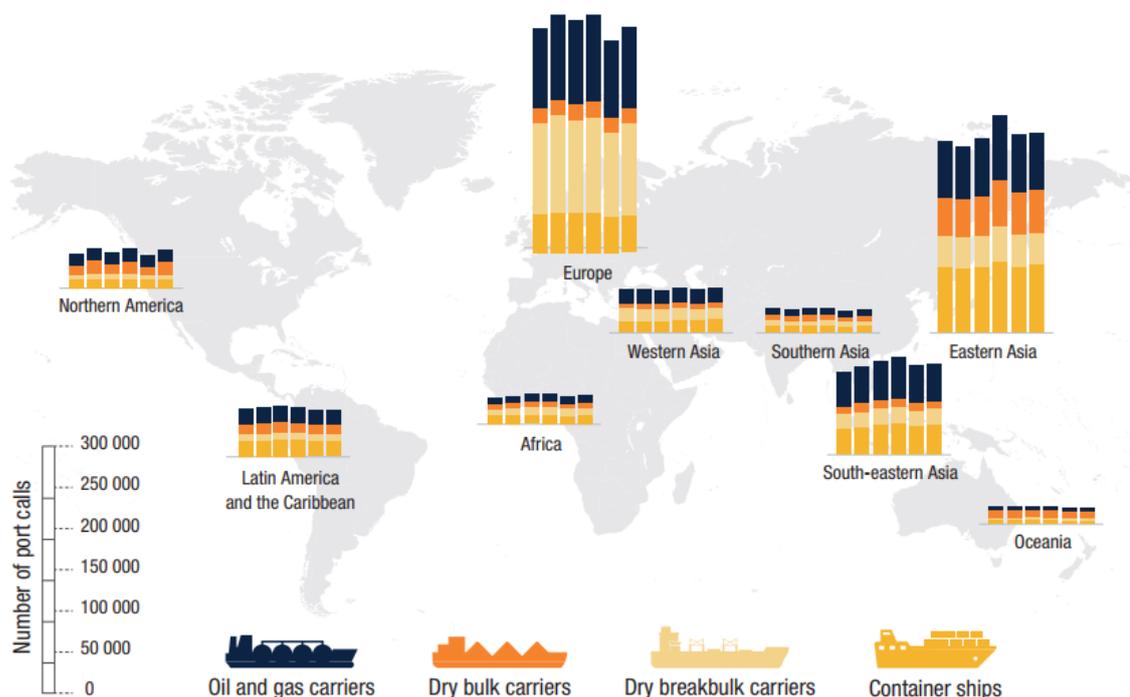
Para Lima (2009), o porto é:

Um elo modal que interliga os transportes terrestres e marítimos, principalmente de cargas. Suas instalações são compostas por um conjunto de obras de arte que abrangem as funções de abrigo, atracação, armazenagem, circulação em terra e acessos marítimos, podendo-se acrescentar a atividade de processamento ou transformação da carga, que, em função da escala, atribui-lhe o caráter industrial. A atividade industrial, se não ocorrer dentro do porto organizado, tenderá a acontecer em seu entorno (p.23).

Os portos podem ser marítimos, fluviais, ou lacustres, dependo da(s) operação(ões) que realizam. Segundo o Ministério da Infraestrutura (2015), o porto marítimo é aquele que está apto a receber linhas de navegação oceânicas, tanto internacionais como em navegação de cabotagem (domésticas). A principal função do transporte marítimo é promover a ligação entre as regiões produtoras e consumidoras de insumos e produtos.

As regiões do mundo que possuem maiores movimentações portuárias são a Ásia e a Europa, como mostra o gráfico da Figura 2. No Brasil, o setor portuário movimenta anualmente cerca de 1,2 bilhões de toneladas de carga e é responsável por cerca de 95% das exportações do país (ANTAQ, 2022).

Figura 2 - Movimentações Portuárias Semestrais do ano de 2018 a 2020



Fonte: UNCTAD (2021, p. 115).

Durante séculos o transporte marítimo de cargas foi feito manualmente, até que, com a revolução industrial e o crescimento exponencial de produção de bens de consumo, a ideia da containerização, criada na década de 1960 por Malcom McLean, alterou drasticamente as operações (MIRANDA CONTAINER, 2019). Segundo Torres (2016),

[...] a padronização do transporte de cargas, através da containerização, proporcionou muitas vantagens em diferentes esferas. No porto, os pátios de armazenamento necessitam de menos espaço e o tempo de movimentação de cargas diminuiu. O transporte de carga, de uma maneira geral, permitiu a intermodalidade entre o porto, as rodovias e as ferrovias, além de promover um transporte de carga mais seguro e eficiente em termos de tempo (p. 27).

Com a containerização, a principal modificação nos portos foi a drástica redução da quantidade de mão-de-obra necessária para o manuseio de cargas e para as operações de embarque e desembarque, além da ampliação da capacidade de armazenamento de cargas em virtude da possibilidade de empilhamento. O fato que o acondicionamento das cargas nos contêineres pode ser descentralizado (realizado na origem das mercadorias, nas fábricas, ou por meio de serviços especializados)

resultou na redução significativa do tempo de transporte das cargas dentro do porto (REVISTA DO BNDES, 2004).

Como o sistema mundial de containerização não conseguia se desenvolver economicamente e tecnicamente devido à divergência de dimensões dos contêineres, surgiu a necessidade de padronização de contêineres após o grande desenvolvimento do seu uso (SOARES, 2014).

Para essa padronização apresentam-se as seguintes instituições internacionais: a ISO – International Standard Organization – e a ASA – American Standard Association. O Brasil segue as especificações e normas técnicas da ISO, adotados pelo Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial – INMETRO, de acordo com a normativa N.B.R. 5978780 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (SOARES, 2014).

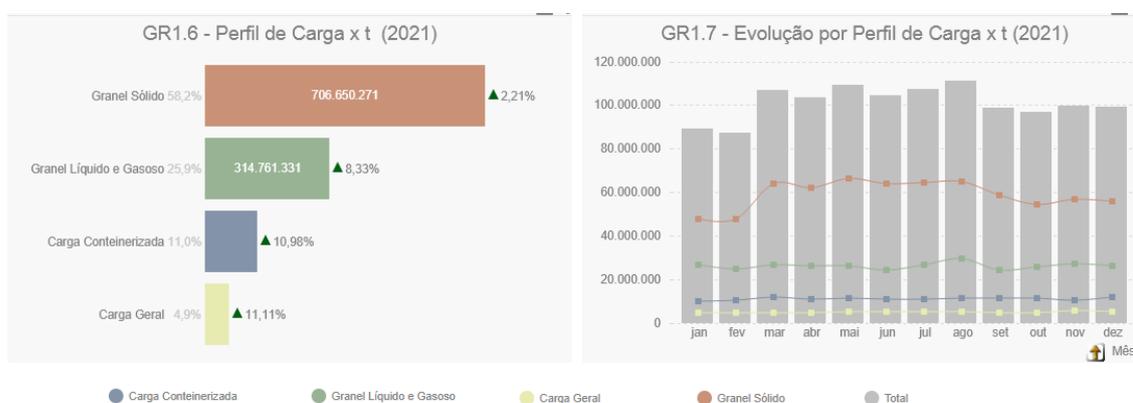
Segundo a ISO – R-668 de janeiro de 1968, a terminologia de contêiner tem as seguintes definições:

- É um artigo do equipamento de transporte;
- Tem caráter permanente de resistência para suportar o seu uso repetitivo;
- Deve ser protegido de forma a facilitar sua movimentação em uma ou mais modalidades de transporte sem necessidade de descarregar a mercadoria em pontos intermediários;
- Deve ser provido de dispositivo que assegurem facilidade na sua movimentação durante a transferência de um veículo para o outro, em uma ou mais modalidades de transporte;
- Deve ser projetado de modo a permitir seu fácil enchimento e esvaziamento, e ter o seu interior facilmente acessível à inspeção aduaneira, sem a existência de locais onde se possam ocultar mercadorias;

Com a padronização, o transporte de mercadorias utilizando contêineres foi consolidado e é amplamente utilizado no mundo todo. Atualmente, os contêineres padrão, também chamados de DRY, são a unidade de transporte mais utilizada no comércio mundial, uma vez que 90% das mercadorias enviadas por transporte marítimo modular, são carregadas em contêineres do tipo padrão de 20 ou 40 pés (ITAJAÍ CONTAINERS, 2021).

O tipo de navegação predominante de contêineres é de longo curso e vem crescendo consideravelmente nos últimos anos. No Brasil, o transporte através de contêineres teve um crescimento de aproximadamente 60% nos últimos 11 anos, como mostra a Figura 3. Só em 2021, a movimentação portuária foi de 1,2 bilhões de toneladas, sendo que 133 milhões (cerca de 11%) eram utilizando contêineres, havendo um aumento de 10,98% em relação ao ano interior (ANTAQ, 2022).

Figura 3 - Evolução por tipo de Navegação em toneladas no Brasil, no período de janeiro a dezembro de 2021.



Fonte: ANTAQ (2022).

Os portos de contêineres são aqueles que possuem pelo menos um terminal que recebe cargas em contêineres, podendo ser exclusivo desse tipo de carga. Segundo Cunha (2010), o terminal de contêineres é um terminal portuário especializado na operação de carga e descarga de navios específicos chamados de porta-contêiner e na armazenagem e serviços associados a cargas containerizadas.

Atualmente, existem cerca de 600 portos com terminais especializados em contêineres no mundo, sendo que os de maior porte podem apresentar vários terminais específicos para essa operação (ANTAQ, 2022). Esse é o caso do Porto de Xangai, que possui 19 terminais, 8 deles especializados em contêineres (SHANGHAI INTERNATIONAL PORT, 2020). Há também portos menores que são especializados apenas em contêineres com um terminal único, como são os casos do Porto Itapoá/Brasil e do Porto Savannah/Estados Unidos.

2.1.1. Infraestrutura de um Terminal de Contêineres

Notteboom (2008) afirma que, enquanto a necessidade de área em um porto convencional² não é grande, em um terminal especializado em contêineres, as atividades vão demandar grande espaço físico.

Segundo Thoresen (2014), o planejamento e análise de um terminal de contêineres pode ser uma tarefa muito complexa. O autor afirma que, para a sua construção,

[...] o projetista deve aproveitar ao máximo os recursos locais disponíveis para atender ao nível de produtividade exigido, buscando um equilíbrio entre as necessidades das autoridades portuárias, operadores portuários, empresas de estiva e transportadoras de contêineres (p. 321).

Em relação aos equipamentos e processos, Cunha (2010) afirma que em um terminal de contêineres há uma forte tendência em automação, em comparação aos portos convencionais:

[...] num porto convencional existe pouca automação e mecanização de equipamentos, havendo forte dependência de mão de obra. Já num terminal de contêineres observa-se forte mecanização e automação de atividades com o objetivo de diminuir cada vez mais a dependência de mão de obra (CUNHA, 2010, p.19).

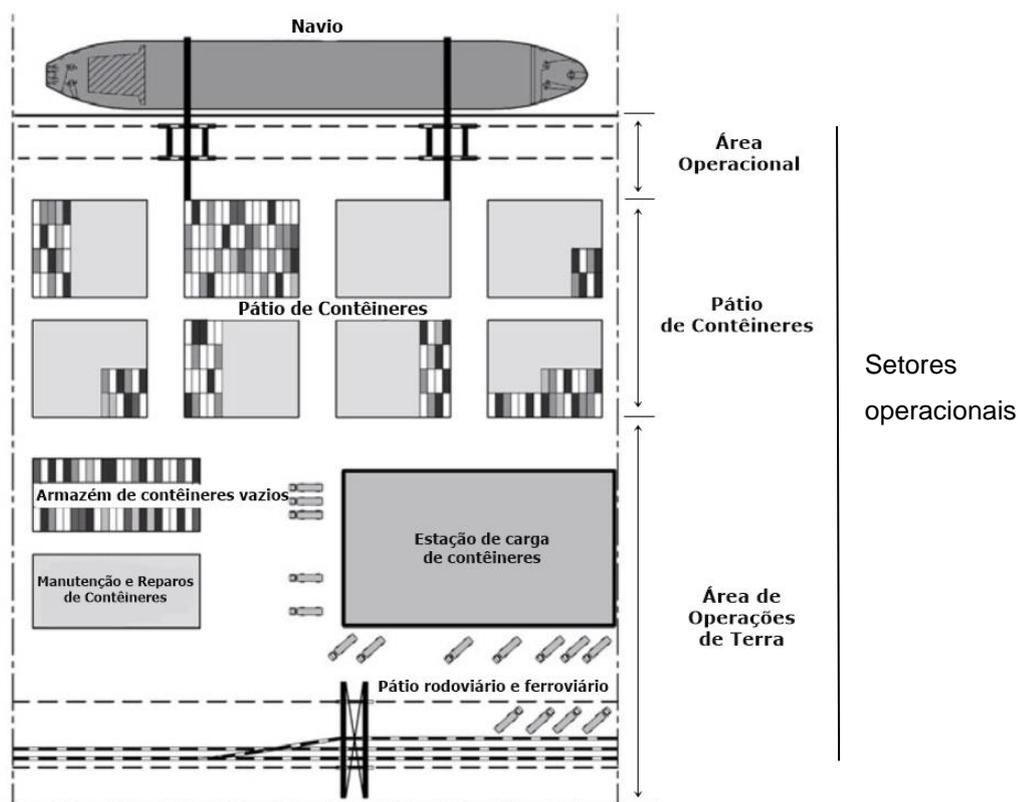
Segundo Böse (2011), o terminal de contêineres consiste em três setores operacionais (ver Figura 4):

1. Área Operacional – área entre a extremidade do berço e o pátio de contêineres.
2. Pátio de Contêineres – área do terminal onde ficam armazenados os contêineres, estação de carga e área de manutenção.
3. Área de Operações de Terra – área designada para a administração portuária e trâmites legais dos contêineres. Incluem o portão, estacionamento, prédios de escritórios, instalações alfandegárias, estação de carga de contêineres com área para estocagem e

² Que opera qualquer tipo de carga que for apresentada, tendo características predominantes de adaptação (CUNHA, 2010).

decapagem, armazenamento de contêineres vazios, área de manutenção e reparo de contêineres.

Figura 4 – Layout dos Setores Operacionais de um Terminal de Contêineres



Fonte: Adaptado de Böse (2011).

A área operacional pode ter configurações físicas diversas, como píer, cais ou dique, que, apesar de comportarem a mesma operação, possuem significativas diferenças estruturais. A área operacional também contempla a extremidade do berço, que fica em contato com os equipamentos de manipulação da carga. Essas infraestruturas são caracterizadas abaixo:

- Pier:

Segundo Suape (2017), o Píer é uma estrutura usada para carregar e descarregar embarcações, que se projeta na água, geralmente em ângulo reto com a linha da costa.

- Cais:

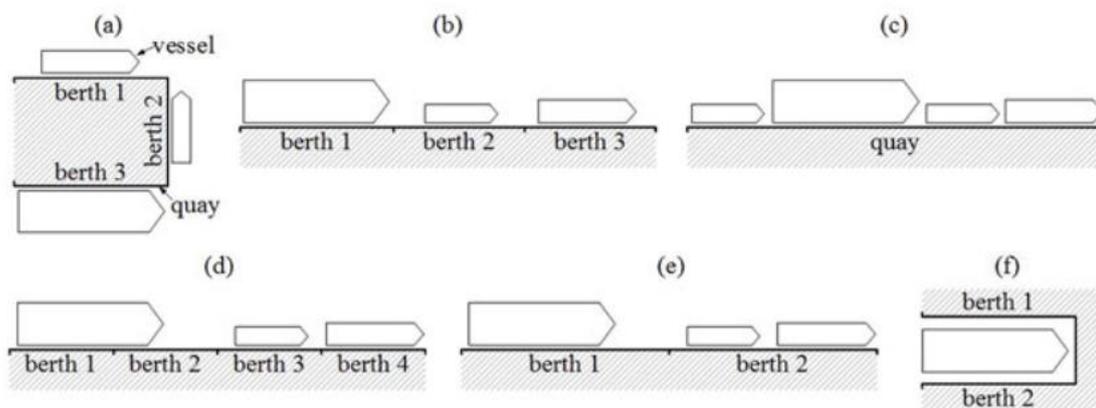
O Cais é utilizado para embarque e desembarque de cargas, paralelo à costa, tendo água em apenas um lado. A infraestrutura do cais afeta diretamente o nível de serviço oferecido pelo terminal, a capacidade de movimentação de carga e quantas embarcações irão atracar simultaneamente (CARBONARI, 2018). O layout do cais afeta diretamente a infraestrutura e operação que irá realizar, por exemplo:

[...] a utilização da capacidade de guindaste de cais fornecida em um terminal depende do número de navios atendidos simultaneamente, bem como da flexibilidade na movimentação de guindastes de um navio para outro, sendo esses dois fatores basicamente determinados pelo layout do cais (BÖSE, 2011, p.161).

De acordo com Böse (2011), distinguem-se os seguintes tipos de layout de um cais:

- a. Layout discreto - O cais é dividido em várias seções, chamadas de berços e um navio é atracado por berço de cada vez. A divisão dos berços pode ser definida de acordo com a construção do cais (Figura 5, imagem a) ou é organizacionalmente prescrito para aliviar o problema de planejamento (Figura 5, imagem b).
- b. Layout contínuo: Não há compartimentação do cais, ou seja, os navios podem atracar em posições arbitrárias dentro dos limites do cais (Figura 5, imagem c). Por mais que, para esse tipo de layout, o planejamento do berço seja mais complicado do que um layout discreto, há a vantagem de melhor utilização do espaço do cais.
- c. Layout híbrido: Como no caso discreto, o cais é dividido em berços, mas grandes navios podem ocupar mais de um berço (Figura 5, imagem d) ou pequenos os navios podem compartilhar um berço (Figura 5, imagem e). Um berço recuado ocorre se existirem dois berços opostos, que são usados para servir uma grande embarcação de ambos os lados (Figura 5, imagem f).

Figura 5 - Tipos de cais e sua relação com os berços



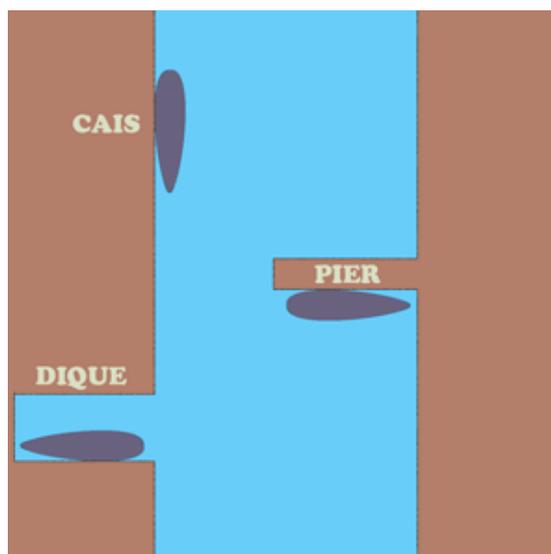
Fonte: Böse (2011).

- Dique:

O dique, ou doca, é uma obra portuária dotada de cais acostáveis para embarcações em uma área protegida, podendo ser utilizada para manutenção das embarcações.

A diferença das infraestruturas de atracação do píer, cais e dique pode ser observada na Figura 6.

Figura 6 - Píer vs Cais vs Dique



Fonte: Santos (2022).

- Berço

O berço é o espaço alocado em um cais onde a embarcação pode atracar ou ancorar, sendo o principal elemento e de mais imediata visualização do layout de um porto (CARBONARI, 2018). É no berço e no cais onde acontece o embarque, desembarque e a movimentação dos contêineres.

A instalação do berço está sujeita a disponibilidade e adequação do espaço no porto, sendo necessário ver quais são as exigências em relação ao manuseio e transporte da carga, posicionamento/movimento de equipamentos e tipo/tamanho dos navios que irão atracar na instalação.

Os berços são classificados em 8 tipos de acordo com tipo de embarcação, tipo de carga manuseada, design e tamanho (BURNS, 2015). Os tipos de berço são:

- a) *Deepwater*;
- b) Contêineres;
- c) Granéis Sólidos e Líquidos;
- d) LNG/LPG;
- e) Produtos químicos e fertilizantes;
- f) Cruzeiros;
- g) Ro-Ro;
- h) Lay-up.

Desses, dois tipos são encontrados nos terminais de contêineres, apresentados com maiores detalhes a seguir (Figura 7).

- i. Berços *Deepwater* – são berços de águas profundas que tem o objetivo de acomodar navios de tamanhos maiores (comprimento e calado). Diante dos novos navios da geração pós-Panamax, que podem chegar a 400 metros de comprimento, conforme Figura 9, os portos modernos priorizam investimentos na melhoria da capacidade técnica e comercial dos portos para acomodar esse tipo de navio. Um exemplo de berço de águas profundas (com 16 metros de profundidade) é o DP World do Porto de Southampton no Reino Unido, com 500 metros de comprimento e área de cais de 1,87 km, (ver Figura 7, imagem a.).
- ii. Berços de contêineres – têm pátios de contêineres de grande capacidade e/ou área próxima ao cais para empilhar contêineres que serão movimentados posteriormente para manutenção ou transporte. Acessibilidade e conectividade entre áreas do terminal são importantes e o equipamento de manuseio de carga deve ser selecionado para corresponder ao volume esperado da demanda. Um exemplo são os berços contínuos de contêineres do Porto de Shanghai (Figura 7, imagem b).

O layout básico de um berço de contêineres consiste na área onde o navio porta-contêiner fica atracado e a área dos trilhos, onde estão os guindastes STS, como mostra a Figura 7 (imagem c).

É essencial ter uma visão geral da frota de navios porta-contêineres que atracará no terminal hoje e possivelmente no futuro no momento de construção e ampliação do berço/terminal, para dessa forma, os berços sejam adequados a demanda.

As dimensões, equipamentos e disposição do layout do berço de contêineres determina qual será a capacidade de um terminal e conseqüentemente qual será a sua produtividade. Para maior produtividade os berços devem conseguir alocar adequadamente as embarcações atracadas, otimizar a utilização de guindastes no

carregamento/descarregamento de contêineres e manter uma ótima ocupação de berço.

Figura 7 - Tipos de berços de um terminal de contêineres



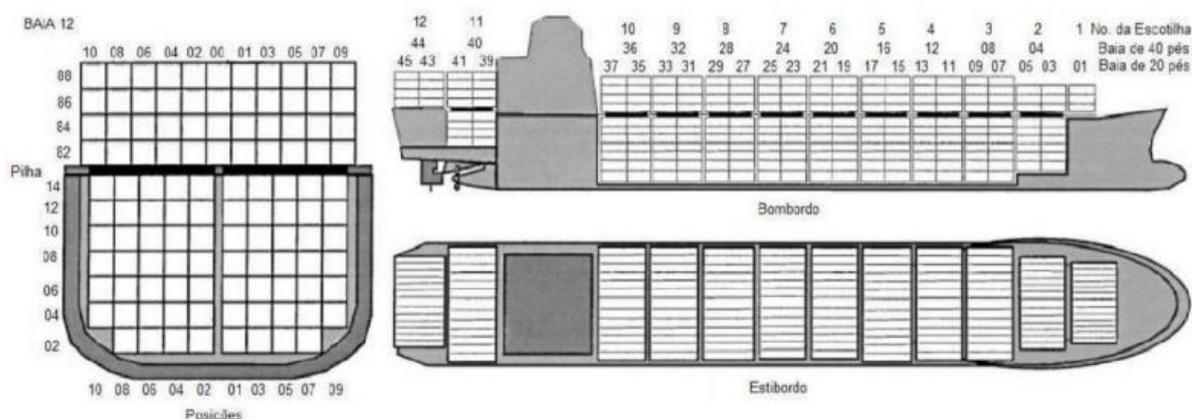
Fontes: a. Adaptado do Google Earth Pro (2022); b. Purchio (2022); c. Adaptado de Thoresen (2014);

2.1.2. Navios porta-contêineres e sua influência na produtividade dos berços

Navios são embarcações utilizadas no comércio marítimo do transporte de cargas que podem realizar navegação de longo curso, cabotagem ou de interior. Incluem alas de habitação permanente para a tripulação e são classificados de acordo com sua atividade ou com o tipo de carga que transportam (FEMAR, 2001).

Os navios porta-contêiner são projetados para transportar grandes contêineres de aço que normalmente têm 20 pés ou 40 pés de comprimento, sendo limitados a portos que possuem terminais especializados em contêineres (O MUNDO DOS NEGÓCIOS, 2019). São navios de maiores comprimentos que costumam ter menos demora no carregamento e no descarregamento em comparação com os navios de carga tradicional. A Figura 8 apresenta o layout típico de um navio porta-contêineres.

Figura 8 - Vista de Perfil de um Navio Porta-contêineres



Fonte: Soares (2014).

As embarcações especializadas no transporte de contêineres são geralmente classificadas em gerações, tendo características típicas de certas etapas no desenvolvimento de contêineres e construção naval de contêineres de cada época (UNCTAD, 1987). Segundo Thoresen (2014), o seguinte agrupamento de navios porta-contêineres é usado:

- ✓ Navios porta-contêineres Panamax com largura de até aproximadamente 32 m:
 1. primeira geração, com capacidade até cerca de 1000 equivalentes de vinte pés (TEU);
 2. segunda geração, com capacidade até cerca de 1600 TEU;
 3. terceira geração, com capacidade até cerca de 3000 TEU.

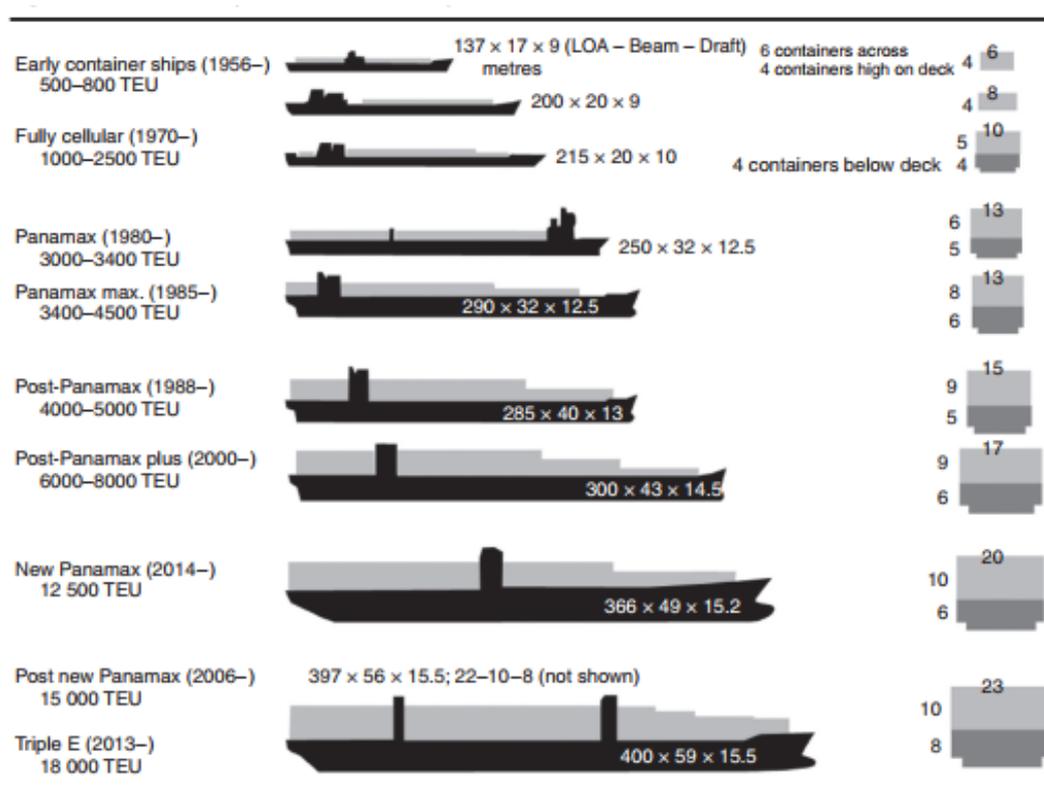
- ✓ Navios porta-contêineres de tamanho pós-Panamax:
 1. quarta geração, com capacidade até cerca de 4250 TEU;
 2. quinta geração, com capacidade até cerca de 5000 TEU;
 3. sexta geração, com capacidade até cerca de 6.000 TEU.

- ✓ Navios porta-contêineres Post-Panamax-Plus-size (PPP):
 1. sétima geração, com capacidade superior a 7000 TEU.

O termo Panamax é utilizado para navios que conseguem passar pelo canal do Panamá, que tem exigência de calado máximo de 15,24 metros.

A Figura 9 mostra o desenvolvimento do porta-contêineres desde o primeiro, Ideal-X em 1956, (um navio-tanque da Segunda Guerra Mundial convertido), até os navios atuais, apresentando suas características físicas de dimensionamento e respectivas capacidades de transportes de contêineres.

Figura 9 - Evolução dos navios porta-contêineres



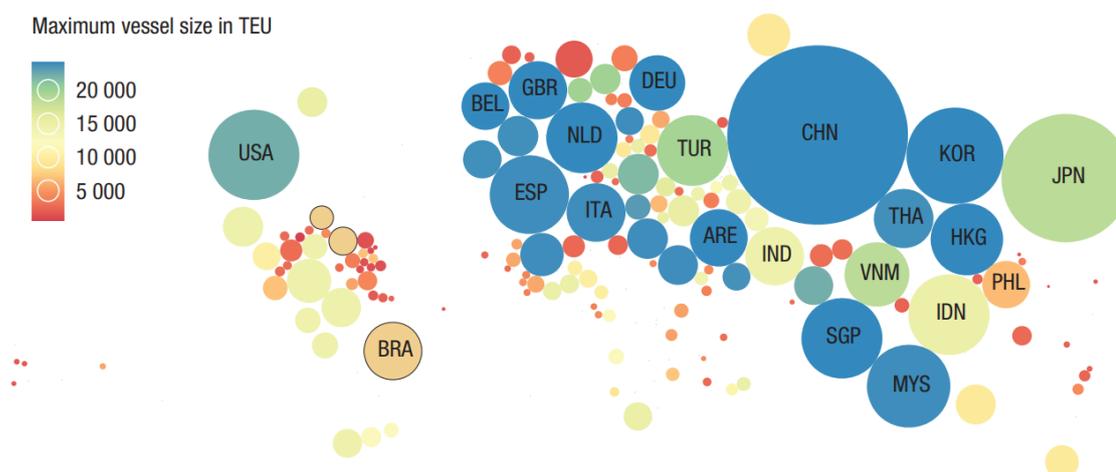
Fonte: Thoresen (2014).

Atualmente é mais comum a existência de berços para navios porta-contêineres de diferentes tamanhos, e isso se reflete na necessidade de diferentes infraestruturas complementares, como tamanhos de guindastes, profundidades do calado ao longo do berço, entre outros (THORESEN, 2014).

Como comentado anteriormente (item 2.1, pág. 14), as regiões com maiores movimentações portuárias são a Ásia e a Europa, que são as regiões que recebem os maiores navios porta-contêineres. A Figura 10 mostra a representatividade de cada

país na quantidade de atracções (tamanho do círculo) e os tamanhos máximos dos navios em TEU's (por cor).

Figura 10 - Quantidade de atracções e tamanhos máximos de navios por país no ano 2021



Fonte: UNCTAD (2021).

O tamanho do navio é um dos fatores que influenciam a produtividade do berço. Entretanto, navios maiores terão maior a produtividade, contanto que os berços estejam sendo utilizados de maneira eficiente e eficaz³ com a quantidade de equipamentos adequada e com o aproveitamento do potencial, diante do fluxo de contêineres que aquele navio exige.

2.1.3. Equipamentos e sua importância na produtividade no berço

Devido aos navios porta-contêineres estarem cada vez maiores, há a necessidade de equipamentos mais modernos, eficazes e com maior capacidade. Segundo Thoresen (2014), a escolha de um determinado método de manuseio está relacionada ao tipo de movimentação exigida no porto (como do navio para o pátio ou

³ Eficaz é o que atinge o objetivo. Eficiência é quando se executa a tarefa com competência e excelência com o mínimo de erros (JUSTIÇA FEDERAL, 2020).

do trem para o caminhão ou do caminhão para o pátio, por exemplo), ao número de contêineres a serem movimentados por hora e à distância da viagem (que depende do tamanho e do número de contêineres a serem armazenados).

Os principais equipamentos utilizados na área do berço são os guindastes Ship-to-Shore. Equipamentos como os straddle-carries e as empilhadeiras funcionam como maquinário auxiliar para transportar os contêineres já descarregados dos navios para a área de armazenagem.

O primeiro guindaste especialmente projetado para contêineres foi concluído em 1959 e o desenvolvimento do guindaste ship-to-shore (STS) foi uma evolução importante no projeto de guindastes de contêiner (THORESEN, 2014).

Segundo Soares (2014), o guindaste portuário é montado sobre uma estrutura de pórtico e é responsável pela movimentação de cargas do navio para o cais e vice-versa (Figura 11), sendo atualmente o equipamento portuário de maior representatividade na logística operacional dos terminais de contêineres.

Figura 11 - Guindaste Ship-to-Shore - STS



Fonte: Finn (2021).

De acordo com Thoresen (2014), há algumas gerações de guindastes STS, sendo que os mais tradicionais podem:

[...] ser inadequados para atender adequadamente as gerações existentes e especialmente as futuras de navios porta-contêineres com eficiência. Para aumentar a capacidade de servir os navios mais rapidamente, pode-se: geralmente aumentar a eficiência do guindaste; aumentar a taxa de guindaste elevando até 4 contêineres carregados TEU simultaneamente usando um elevador *tandem*; introduzir um sistema de cais pelo qual seja possível carregar e descarregar o navio de ambos os lados (p. 330).

Esses tipos de guindastes são construídos de acordo com a solicitação e demanda operacional dos terminais especializados. De acordo com Soares (2014), eles possuem três capacidades básicas: hoist, trolley e translação.

- a. Hoist – trata da capacidade de movimentação de elevação da carga ou movimento de gancho. A velocidade de hoist é definida pelo tipo de equipamento, existindo as variações de velocidades de hoist entre 30 e 180 m/min.
- b. Trolley – trata da capacidade de movimentação da carga no sentido terra-mar e vice-versa, podendo ter velocidade entre 80 e 240 m/min.
- c. Translação – trata da capacidade de movimentação de todo o conjunto do Portêiner sobre os trilhos posicionados em toda a extensão do berço.

Segundo Elebia (2018), os guindastes especializados em contêineres podem ser classificados de acordo com o tamanho:

- a. Guindastes Panamax – Atendem embarcações com dimensões até a geração de navios porta-contêineres Panamax, que possuem alcance horizontal de 13 contêineres enfileirados transversalmente. Esse tipo de guindaste pode alcançar até 30 metros horizontalmente e tem altura de elevação de 36 a 38 metros. Podem içar aproximadamente de 40 a 50 toneladas por vez, sendo até 65 toneladas em içamentos duplos. Eles têm velocidade de elevação de 50 a 125 metros por minuto.
- b. Guindastes Post Panamax – Atendem embarcações com dimensões até a geração de navios porta-contêineres Post Panamax, que alcance horizontal de 15 a 18 contêineres enfileirados transversalmente. Esse

tipo de guindaste pode atingir até 45 metros horizontalmente e tem altura de elevação de 35 metros. Também podem içar aproximadamente de 40 a 50 toneladas por vez, sendo até 65 toneladas em içamentos duplos. Eles têm velocidade de elevação de 60 a 150 metros por minuto.

- c. Guindastes Super Post Panamax ou Post New Panamax - Atendem embarcações com dimensões até a geração de navios porta-contêineres Super Post Panamax, que possuem alcance horizontal de 22 contêineres enfileirados transversalmente. Esse tipo de guindaste pode atingir até 53 metros horizontalmente e tem altura de elevação de 40 metros. Têm capacidade de carga de 110 toneladas por vez. Eles têm velocidade de elevação de 70 a 175 metros por minuto.

Muitos portos ao redor do mundo estão aprimorando seus guindastes para os do tipo Super Post Panamax para operações melhores e mais rápidas, considerando que possuem maiores velocidades e conseguem atender tanto embarcações menores quanto as maiores (ELEBIA, 2018).

Os guindastes são elementos fundamentais para a produtividade e eficiência do berço. Dependendo de sua capacidade e velocidade, o tempo de atracação do navio pode ser alterado e com isso também a taxa de ocupação de berço.

2.2. CAPACIDADE VS PRODUTIVIDADE VS EFICIÊNCIA DE UM TERMINAL

Além da capacidade e produtividade permitidas pelos equipamentos, o uso adequado da infraestrutura permite explorar o potencial existente do terminal portuário. Neste contexto, devem ser considerados os conceitos de capacidade, de produtividade e de eficiência.

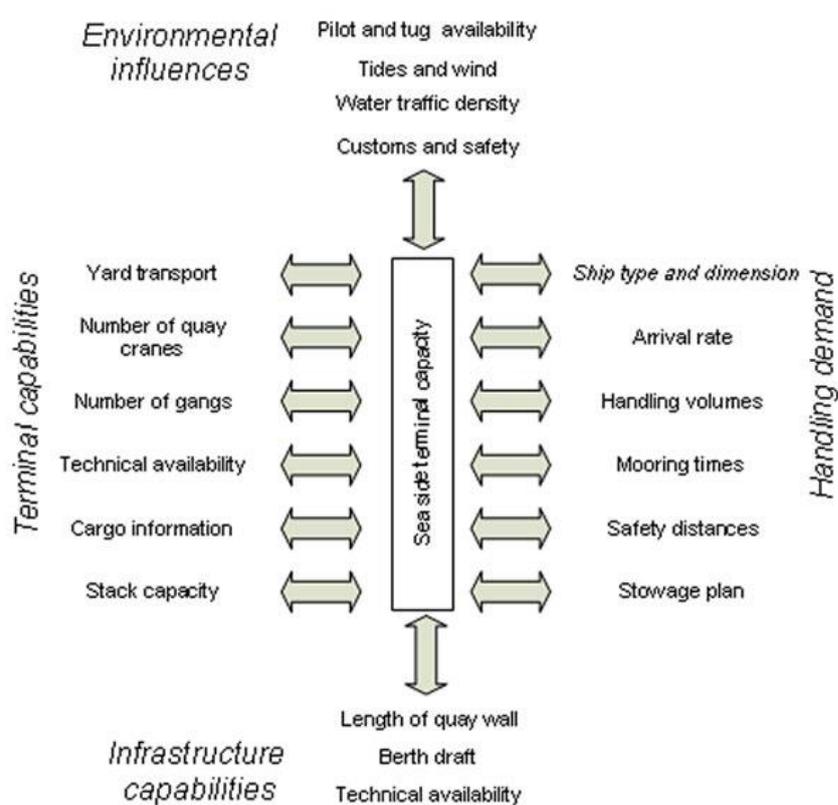
A capacidade do terminal é um termo frequentemente utilizado no planejamento do terminal, entretanto, não existe uma definição precisa deste termo.

De acordo com Böse (2011), o termo capacidade geralmente se refere ao rendimento máximo do cais por ano, no caso de um terminal de contêineres: o número máximo de contêineres (ou TEU's) que podem ser descarregados e carregados em navios por ano. Já de acordo com Carbonari (2018), a capacidade, em termos de

movimentação de carga, é a medida dos volumes movimentados a um dado nível de serviço. UNCTAD (1987) afirma que a capacidade fornece a ligação entre o nível de serviço oferecido e três fatores: a demanda das instalações portuárias, a capacidade fornecida e o desempenho que pode ser esperado.

Böse (2011) destaca que elementos de infraestrutura, como tamanho do cais, quantidade de guindastes e recursos para transporte e empilhamento, influenciam na capacidade. Além disso, fatores externos, como amplitude de maré e horários de navios, também precisam ser considerados.

Figura 12 - Fatores que influenciam a capacidade de um terminal



Fonte: Böse (2011).

Como mostrado na Figura 12, a quantidade e diversidade de fatores influenciadores é o que torna a estimativa da capacidade de processamento de um terminal uma tarefa altamente complexa. Concomitante a isso, a falta de dados atualizados, confiáveis, coletados de forma adequada e disponíveis ao público dificulta ainda mais na determinação da capacidade.

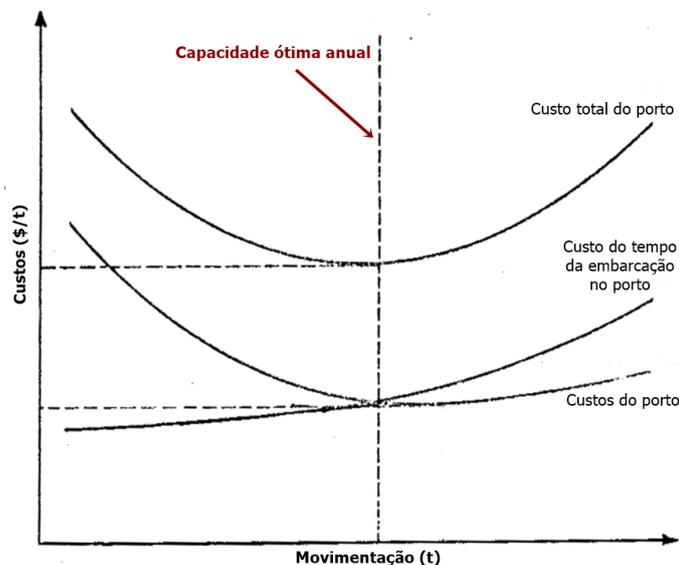
Ligteringen (1999) afirma que há três níveis de capacidade: a capacidade máxima instantânea, capacidade máxima anual e capacidade anual ótima.

De acordo com autor, a capacidade máxima instantânea pode ser obtida em um curto período de tempo com condições ótimas de carregamento, com produtividade máxima dos equipamentos, trabalhadores descansados e embarcação atracada com carregamento máximo. É pouco útil para fins de planejamento portuário, sendo de interesse de designers de equipamentos e sistemas, pois todos os equipamentos devem ter pelo menos a mesma capacidade de pico para evitar sobrecargas ou mal funcionamento.

A capacidade máxima anual é a capacidade média por hora multiplicada pelas horas do ano, considerando 100% de ocupação dos berços e uma ampla amostra de dados. Também é considerada pouco útil para o planejamento, pois tal índice de ocupação acarretaria em tempos de espera excedente, o que não é interessante para o porto e para o armador.

A capacidade anual ótima é a mais relevante para fins de planejamento portuário, pois está relacionada a um bom aproveitamento do potencial das suas infraestruturas, sendo um índice que equilibra a alta ocupação de berço (custo do porto) com o tempo de espera das embarcações para atracar (custos do armador). A Figura 13 ilustra essa capacidade.

Figura 13 - Variação dos custos em relação ao aumento da movimentação



Fonte: Adaptado de UNCTAD (1987).

Ainda segundo Ligteringen (1999):

[...] a capacidade anual ótima é o tipo de capacidade com a qual o planejador portuário tem que lidar. Infelizmente, 'ótimo', novamente, pode ser definido de diferentes maneiras. Se 'ótimo' significa 'ótimo econômico', geralmente é aquela capacidade - ou melhor, movimentação de carga - para a qual os custos totais do porto por tonelada de carga atingem um mínimo. Os custos totais portuários incluem todos os custos fixos e variáveis do terminal e todos os custos relacionados à embarcação durante o período de serviço, bem como o período de espera, incluindo todas as taxas portuárias (p.135).

O autor também afirma que a capacidade ótima pode ser relacionada ao nível de serviço, não se referindo, necessariamente, à custos econômicos diretos (como é evidenciado no caso de terminais de contêineres onde são estabelecidos tempos máximos de espera e atendimento das embarcações a serem respeitados para determinado percentual de embarcações que visitam o terminal).

A definição de capacidade, no caso de um terminal de contêineres, apresentada por Thoresen (2014) afirma que enquanto a capacidade de um porto é comumente expressa como a quantidade de movimentação de carga (medida em toneladas ou TEU's), a sua eficiência é geralmente expressa como sua capacidade de movimentar cargas a um custo mínimo.

Para Thoresen (2014), a definição de capacidade de um terminal de contêineres se refere a quantidade de movimentação de carga, já a definição de eficiência é geralmente expressa como sua capacidade de movimentar cargas a um

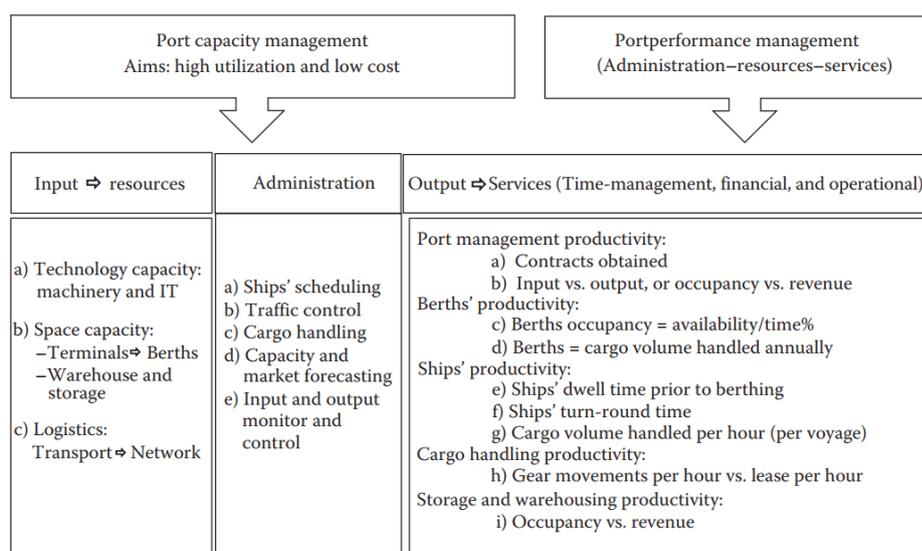
custo mínimo. Ou seja, capacidade refere-se a um parâmetro quantitativo enquanto a eficiência é uma medida financeira. Em contrapartida, segundo Pearson (1993), a eficiência é a medida de proximidade entre o que foi produzido e a quantidade de referência.

Devido a quantidade de parâmetros envolvidos, há uma grande dificuldade na análise da produtividade, entretanto algumas metodologias buscam aprimorar a produtividade de um terminal através de estimativas de certas áreas das atividades do terminal que sejam “possíveis gargalos” e que tenham espaço para serem otimizadas.

Burns (2015) apresenta a diferença entre capacidade do porto e produtividade (ver Figura 14) que ilustra que a capacidade de um porto envolve as capacidades teóricas da infraestrutura e processos enquanto a produtividade envolve o desempenho real do porto analisado em um período de tempo.

Já a produtividade é medida por meio de uma estimativa de tráfego por ano ou rendimento por ano, ou seja, a produtividade de um navio é estimada em termos de carga movimentada por hora; a produtividade de um berço é medida em termos de carga movimentada por mês ou ano; e a produtividade dos equipamentos de movimentação de carga é medida em termos de movimentos por hora (BURNS, 2015).

Figura 14 - Capacidade X Produtividade



Fonte: Burns (2015).

Ligteringen (1999) afirma que a produtividade de um porto/terminal de contêineres pode ser analisada através do cálculo da produtividade dos berços,

envolvendo o tempo atracado das embarcações e a capacidade e quantidade dos guindastes em operação.

O Método de Ligteringen permite a estimativa da produtividade de um berço com base infraestrutura do cais e utilização dos equipamentos, sendo possível a análise comparativa entre a produtividade de dois terminais diferentes. Desse modo, foi a metodologia utilizada para a realização desse trabalho.

2.2.1. Método de Ligteringen

O Método de Ligteringen utiliza o desempenho operacional do berço portuário para o cálculo da produtividade, sendo o mesmo influenciado diretamente pelo tipo e quantidade de guindastes portuários que são utilizados em cada berço, assim como o fator de ocupação de berço, que se refere a relação entre o tempo que o berço esteve ocupado por embarcação atracada e o tempo disponível do mesmo.

Nesse método não é considerado o tempo para a atracação e desatracação no berço, sendo os tempos inoperantes diluídos na produtividade efetiva do berço. O autor ainda explica que a metodologia gera:

[...] o número médio de contêineres movimentados do navio para terra e vice-versa durante o período entre a atracação concluída e a desatracação iniciada. Este período inclui todos os tipos de intervalos "improdutivos", como reposicionamento de guindastes de um porão para outro, remoção de escotilhas e sua substituição, perda de tempo entre turnos e reparos simples dos guindastes. (LIGTERINGEN, 1999, p. 16)

Segundo Ligteringen (1999), o cálculo da estimativa de produtividade de berço é resultado da multiplicação das variáveis como mostrado a Equação (1).

$$c_b = p \times f \times N_b \times t_u \times m_b \quad (1)$$

Cada elemento é de fundamental importância no resultado final da produtividade de um berço, sendo explicados em seguida.

✓ C_b : Média Anual de TEU por berço

Considerando que 1 TEU é um contêiner de 20 pés, a média anual de TEU por berço é a média da quantidade de TEU's que foram descarregados e carregados

no berço em um período de um ano. Essa média também é chamada de produtividade do berço. A sua unidade de medida é dada em TEU/ano.

✓ p : Produção por guindaste

A produção de cada guindaste STS ou Portêiner é medida em movimentos de embarque e desembarque de cargas nas embarcações em um intervalo de uma hora. A unidade de medida é dada por movimentos/hora ou MPH, variando de acordo com o tipo de guindaste e a maneira na qual é utilizado, sendo altamente afetado por imprevistos que podem ocorrer no terminal e tempos ociosos durante os períodos de carga e descarga. Em geral, o guindaste possui uma capacidade pré-definida de fábrica, mas sua produção depende da operação efetiva, que determina o real uso do equipamento.

✓ f : Fator TEU

É um fator de proporcionalidade que converte os contêineres de 20 e 40 pés para a unidade de medida de, respectivamente, 1 TEU e 2 TEU's, calculando a proporção de contêineres de 40 pés para os de 20 pés pela seguinte equação:

$$f = \frac{N_{20} + 2N_{40}}{N_{total}}$$

✓ N_b : Número de guindastes por berço

O número de guindastes por berço é um número discreto relacionado aos guindastes do tipo Ship-to-Shore – STS ou Portêiner. Os Portêineres podem ou não ser destinados a berços específicos, mas no caso de cais contínuo, geralmente o N_b pode variar. Para fins do cálculo de produtividade em cais contínuo, assume-se que os guindastes são igualmente distribuídos entre os berços.

✓ t_u : Número de horas operacionais por ano

É o número total de horas operacionais do porto durante o período de um ano, dependendo do regime de trabalho do porto. A unidade de medida é dada por horas/ano.

✓ m_b : Fator de ocupação de berço

O fator de ocupação de berço é uma taxa que expressa em porcentagem a razão entre o total de horas ocupadas no berço e o ano operacional em horas. Indica, em porcentagem, o quanto o berço está sendo utilizado, podendo também ser um fator de indicação de produtividade.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo apresenta-se a metodologia do estudo para o desenvolvimento da análise comparativa dos cálculos da eficiência da produtividade dos Portos Itapoá e do Terminal Hutchison Ports Delta II do Porto de Rotterdam.

Esse estudo é uma pesquisa quantitativa que visa dimensionar a taxa de ocupação dos berços e, através da análise dos resultados, identificar parâmetros de maior influência e para realizar a simulação de cenários de modo a aumentar a produtividade.

O presente trabalho foi realizado em quatro grandes etapas: a Etapa1, de Pesquisa e Coleta de Dados; a Etapa 2, de Dimensionamento e a Etapa 3, de Análise Comparativa.

3.1. ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

✓ ETAPA 1: PESQUISA E COLETA DE DADOS

A primeira fase consistiu na pesquisa bibliográfica sobre os aspectos teóricos relacionados ao tema de pesquisa e da coleta de dados do Porto Itapoá e do Porto de Rotterdam, a fim de caracterizar a infraestrutura física e operacional dos terminais de contêineres de ambos.

a) Pesquisa Bibliográfica - Livros;

- Trabalhos acadêmicos;
- Artigos Científicos;
- Órgãos Reguladores Governamentais;
- Instituições Privadas;
- Sites Oficiais.

A coleta de dados baseou-se em fontes secundárias, onde o Porto Itapoá forneceu dados específicos mediante solicitação (via e-mail), além de dados obtidos através de sites oficiais dos portos e memorandos oficiais. A Quadro 1 mostra os dados obtidos do Porto Itapoá e do THPDII e suas fontes.

Quadro 1 - Fonte dos dados obtidos do Porto Itapoá e THPDII

PORTO ITAPOÁ	
DADOS	FONTE
Área do terminal	Site Oficial
Comprimento de cais	Site Oficial
Quantidade de berços	Site Oficial
Calado máximo permitivo	Site Oficial
Guindastes - Post Panamax -	Memorando Oficial
Boca máxima permitida	Memorando Oficial
Média anual TEU	Contato via mail
Média anual TEU por berço fornecida	Site Oficial
Produção por guindaste	Contato via mail
Número de horas operacionais por ano	Site Oficial

TERMINAL HUTCHISON PORTS DELTA II	
DADOS	FONTE
Área do terminal	Site Oficial
Comprimento de cais	Site Oficial
Quantidade de berços	Memorando Oficial
Calado máximo permitivo	Site Oficial
Guindastes - Post Panamax -	Memorando Oficial
Boca máxima permitida	Memorando Oficial
Média anual TEU	Site Oficial
Média anual TEU por berço fornecida	Site Oficial
Produção por guindaste	Memorando Oficial
Número de horas operacionais por ano	Site Oficial

Fonte: Autora (2022).

- ETAPA 2: DIMENSIONAMENTO

Essa fase consiste no agrupamento dos dados coletados na primeira etapa e no dimensionamento da ocupação de berços dos terminais através do cálculo proposto no Método de Ligteringen (1999) para o Porto Itapoá e para o Terminal THPDII.

- ETAPA 3: ANÁLISE COMPARATIVA

Com as taxas de ocupação de berço calculadas na Etapa 2, é realizada a análise comparativa entre os resultados do Porto Itapoá e do Terminal THDII de Rotterdam, avaliando suas diferenças de infraestruturas e operacionais. São simulados dois cenários alterando os fatores passíveis de fácil modificação, sob o aspecto de gestão da infraestrutura e da operação e, então, analisados os resultados finais.

3.2. DEFINIÇÕES CONCEITUAIS UTILIZADAS

- a) Para o cálculo de dimensionamento, este trabalho considera os contêineres com os seguintes tamanhos:
- Contêineres de 20 pés ou TEU – 6,10 metros de comprimento, 2,44 metros de largura e 2,60 metros de altura.
 - Contêineres de 40 pés ou 2 TEU – 12,20 metros de comprimento, 2,44 metros de largura e 2,60 metros de altura.
- b) Não foi informado pelo Porto Itapoá a quantidade de contêineres recebidos de 20 e 40 pés, sendo informado apenas as quantidades na unidade de medida TEU's. Com isso, foi considerado que, provavelmente, a conversão utilizando o Fator TEU já foi feita pelo Porto nos dados fornecidos. Dessa forma, para o dimensionamento neste trabalho, o Fator TEU do Método proposto por Ligteringen (1999) foi aproximado a 1.
- c) O nível de capacidade utilizado para realização deste trabalho foi o nível de capacidade anual ótima (item 2.2. pág. 33), não sendo avaliados os custos financeiros.
- d) A definição de eficiência utilizada neste trabalho é aquela apresentada por Pearson (item 2.2. pág. 35), o qual afirma que a eficiência é a medida de proximidade entre o que foi produzido e a quantidade de referência.
- e) É considerado uma média de uma atracação por berço para as análises dos resultados.
- f) É considerada a capacidade nominal as condições estimadas de projeto do terminal. E a capacidade operacional é aquela que apresenta a movimentação real de produtividade em um determinado período de tempo.

4. ESTUDOS DE CASO

Neste capítulo são apresentados o breve histórico e as características físicas e operacionais dos estudos de caso: Porto Itapoá e do Terminal Hutchison Ports Delta II, do Porto de Rotterdam.

4.1. PORTO ITAPOÁ

O Porto Itapoá é um Terminal de Uso Privado (TUP) localizado na cidade de Itapoá, em Santa Catarina. É administrado por dois sócios: a Portinvest Participações S.A. e a Aliança Administração de Imóveis e Participações Ltda. A Portinvest Participações S.A., formada pela Porto Sul e a LOG-Z – Logística Brasil AS, detém 70% do controle acionário do Porto Itapoá. Já a Aliança Administração de Imóveis e Participações Ltda., ligada à empresa de navegação Aliança Navegação e Logística (do Grupo Hamburg Süd/Maersk) possui o controle de 30% do terminal.

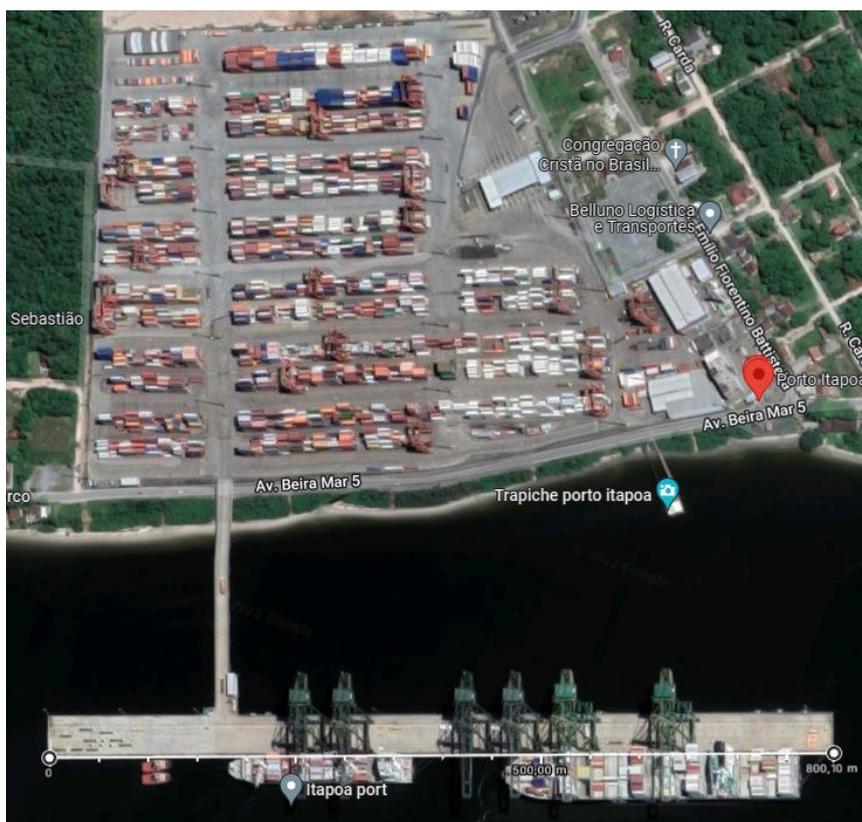
A localização na cidade de Itapoá foi escolhida em 1993 devido às condições geográficas da Baía da Babitonga, sendo construído no ano de 2007 e suas operações iniciadas em 2011 (PORTO ITAPOÁ, 2011).

O Porto Itapoá ocupa uma área de 12 milhões de metros quadrado, com ligação direta através da BR 101. Possui capacidade frigorífica com duas mil tomadas para contêineres *reefer*, 250.000 m² de pátio, 2.000 m² de armazenagem seca e uma câmara fria para carga refrigerada. Possui uma estrutura capaz de movimentar 1,2 milhões de TEU's por ano.

De acordo com Porto Itapoá (2021), se encontra em fase de expansão que aumentará sua capacidade para 2 milhões de TEU's anuais.

O Porto possui um terminal de contêineres constituído por um cais de 800 metros com 2 berços de atracção do tipo contínuo (Figura 15), com 6 portêineres Super-Post-Panamax, sendo usualmente utilizados 3 deles para cada berço (Figura 16).

Figura 15 – Imagem aérea da área atualmente ocupada pelo Porto Itapoá



Fonte: Adaptado Google Earth Pro (2022).

Figura 16 - Área dos Berços do Terminal de Contêineres do Porto Itapóá



Fonte: Adaptado do Google Earth Pro (2022).

Tem capacidade para embarcações de calado até 12,8 metros e boca de 61,57 metros. O Porto tem funcionamento de 24 horas por dia, 7 dias por semana. As embarcações típicas que utilizam o Porto são as das gerações Panamax, Post-Panamax e Post-Panamax plus, variando de 3.000 a 8.000 TEU's. As principais informações da infraestrutura e operacional do IOA são mostradas na Quadro 2.

Quadro 2 - Dados da infraestrutura e operacional do Porto Itapoá

PORTO ITAPOÁ - INFRAESTRUTURA		
Área do terminal	1.000.000	[m ²]
Comprimento de cais	1.600	[m]
Quantidade de berços	3	-
Calado máximo permitido	16,65	[m]
Guindastes - Post Panamax -	12	-
Boca máxima permitida	43	[m]
PORTO ITAPOÁ - OPERACIONAL		
Capacidade nominal de movimentação do porto	3.350.000	[TEU/ano]
Capacidade nominal de movimentação por berço	1.116.667	[TEU/ano/berço]
Movimentação no ano 2019	735.139	[TEU/ano]
Movimentação no ano 2020	712.646	[TEU/ano]
Movimentação no ano 2021	775.137	[TEU/ano]
Média de Movimentação operacional 2019/2020/2021	740.974	[TEU/ano]
Média de Movimentação operacional por berço	370.487	[TEU/ano/berço]
Produção por guindaste	37,1	[mov/hora]
Número de horas operacionais por ano	8760	[horas]

Fonte: Adaptado do Porto Itapoá (2021).

4.2. PORTO DE ROTTERDAM

O Porto de Rotterdam foi criado em 1283 em uma pequena vila de pescadores tornando-se um importante porto marítimo em 1360 após a construção do canal para o Schie, quatro vias navegáveis na área de Overschie. Com isso, foi possível o acesso às cidades maiores do Norte e à maior facilidade no transporte de cargas entre a Inglaterra e Alemanha.

Após sua segunda expansão, tornou-se o segundo porto mais importante do país, vivenciando uma grande época de expansão de navegação e comércio no século XVII com a descoberta da rota marítima para as Índias. Durante a ocupação francesa em 1795 a 1815, o porto teve uma grande redução de operação conseguindo se reerguer apenas depois da queda de Napoleão.

Durante a Segunda Guerra Mundial, quase um terço das instalações portuárias foram destruídas nos ataques da Alemanha de 1940. Depois da guerra, as instalações foram substituídas por novas e mais modernas e as partes destruídas foram reconstruídas.

Atualmente, o Porto de Rotterdam é um dos maiores e mais antigos portos marítimos da Europa, sendo considerado um importante ponto de distribuição por ser cercado pelos centros altamente populosos e industrializados como Ruhr, Paris e Londres (PORT OF ROTTERDAM, 2021). É atualmente o maior porto da Europa e o sexto maior do mundo, sendo o único porto do noroeste europeu que oferece acesso irrestrito aos navios com calados mais profundos (SHIP TECHNOLOGY, 2020). Foi o porto mais movimentado do mundo por 42 anos consecutivos, sendo ultrapassado pelo Porto de Singapura, no ano de 2004 ao ano de 2009, e, posteriormente, pelo Porto de Shanghai em 2010 ao ano de 2022 (WORLD SHIPPING COUNCIL, 2022).

Segundo Port of Rotterdam (2021, p.1),

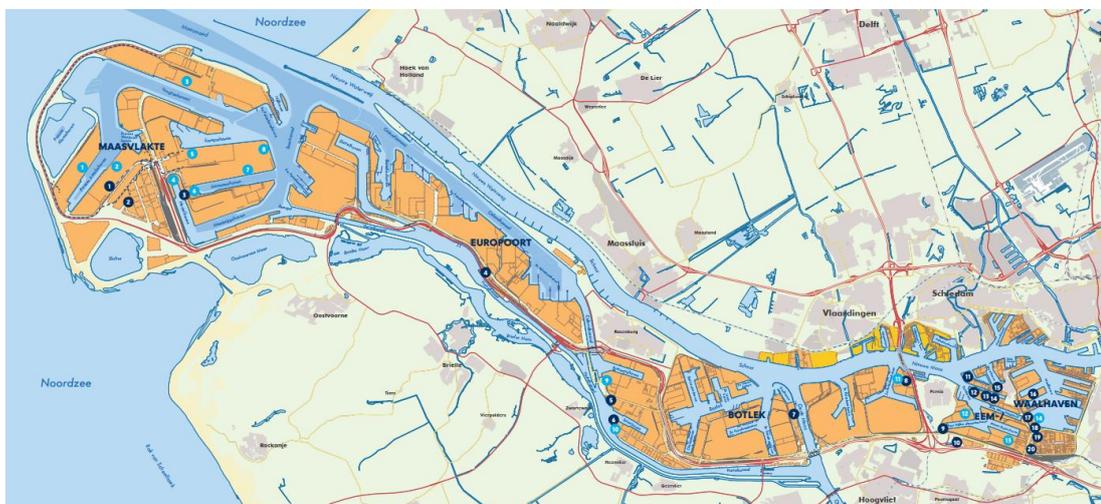
Os terminais do porto de Rotterdam estão entre os terminais mais modernos do mundo. Os terminais fornecem processamento rápido (automatizado) de cargas como contêineres, grãos sólidos, grãos líquidos, cargas fracionadas e GNL. Vários terminais têm ligações diretas para o mar profundo e feeder, short sea, RoRo, rodoviário, ferroviário e conexões de vias navegáveis interiores.

Nesse contexto, é uma referência mundial em terminais de transporte marítimo e uma referência em eficiência e modernidade.

O Porto de Rotterdam é localizado na cidade de Rotterdam, província da Holanda do Sul, na Holanda, cobrindo uma área de 105 quilômetros quadrados e se estendendo por uma distância de 40 quilômetros (Figura 17)⁴. Possui 89 quilômetros de comprimento de cais e 1500 quilômetros de dutos.

⁴ Os dados das capacidades em TEU's dos terminais 3, 6, 7 e 8 na Quadro 3 não foram fornecidos pelo Porto de Rotterdam.

Figura 17 – Implantação Esquemática do Porto de Rotterdam



Fonte: Port of Rotterdam (2021).

O Porto conta com 122 molhes, 29 rebocadores e 23 berços distribuídos em seus mais de 90 terminais. Os terminais possuem diferentes especializações sendo: 35 de granel líquido, 17 multiuso, 15 de granel sólido, 14 de contêineres, 7 roll-on/roll-off, 3 de suco, 2 de frutas, um de aço e papel, um de carros e um de cruzeiro. Também tem um hospital com regime de alojamento especial para marinheiros.

Os terminais de contêineres movimentam com uma média anual 14.349.446 TEU's (PORT OF ROTTERDAM, 2021). A Quadro 3 mostra as características físicas e operacionais de cada terminal de contêiner do Porto de Rotterdam.

Quadro 3 - Terminais de Contêineres Porto de Rotterdam

	Terminal	Comprimento [m]	Nº de guindastes	TEU capacidade	Calado [m]	Área [m ²]
1	Rotterdam World Gateway	1700	16	2.350.000	20	1.080.000
2	APM Terminals Maasvlakte II	1500	13	2.700.000	20	860.000
3	Hutchison Ports ECT Euromax	1500	16	-	17,65	840.000
4	Rotterdam Container Terminal	400	3	500.000	10	170.000
5	Hutchison Ports Delta II	1600	12	3.350.000	16,65	1.000.000
6	Delta Container Services	260	2	-	12	25.000
7	Hutchison Ports ECT Delta	3600	34	-	17,45	2.720.000
8	Hutchison Ports ECT Delta Barge Feeder Terminal	890	3	-	10,5	75.000
9	Broekman Distriport	635	8	120.000	12,65	300.000
10	Waalhaven Botlek Terminal	300	2	200.000	6,5	101.000
11	CTT Rotterdam	150	3	240.000	8	80.000
12	Matrans Rotterdam Terminal	1180	5	300.000	12	340.000
13	Rotterdam Short Sea Terminals	1800	14	1.440.000	11,65	460.000
14	Barge Center Waalhaven	225	2	200.000	9,65	64.000

Fonte: Adaptado Port of Rotterdam (2021).

O Terminal Hutchison Ports Delta II, ou THPDII, foi escolhido como terminal de referência, em razão de dois fatores: por possuir a maior capacidade anual de movimentação de TEU's entre os terminais de contêineres do Porto de Rotterdam e

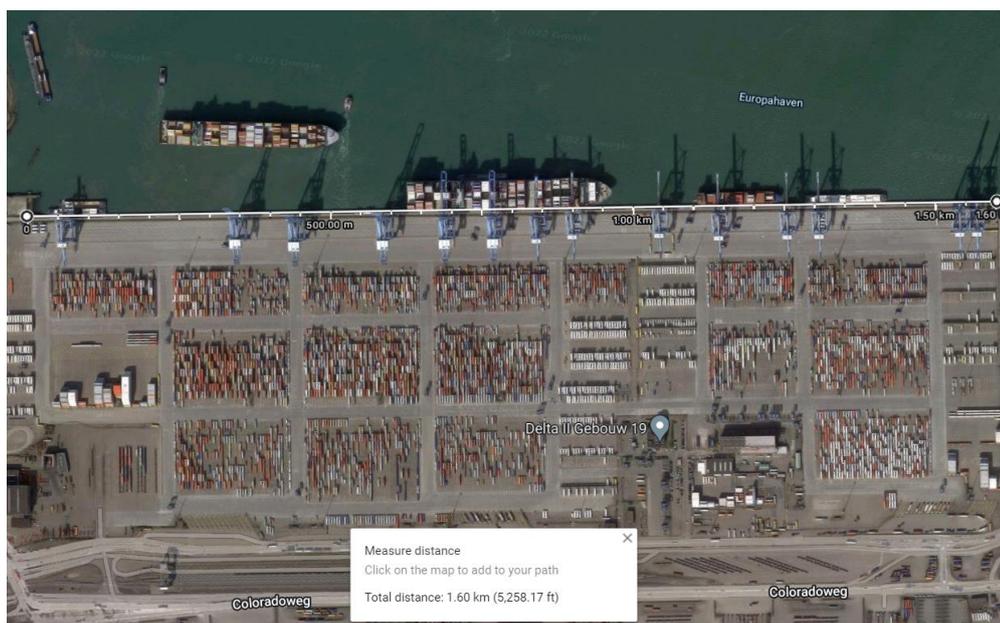
sua semelhança nas características físicas com o Porto Itapoá (no que se refere ao tamanho do berço e proporção de comprimento do cais).

4.2.1. Terminal Hutchison Ports Delta II

O Terminal foi construído e inaugurado no ano de 2000, localizado na extensão oeste Maasvlakte do Porto de Rotterdam, sendo chamado como Terminal Maersk Delta. Após dois anos, o terminal foi renomeado APM Terminals Rotterdam. Em 01 de junho de 2021 o terminal passou a ser parte da rede global de portos e terminais Hutchison Ports, sendo renomeado Hutchison Ports Delta II, consistindo em serviços de transbordo de contêineres.

A vista superior do Terminal é mostrada na Figura 18.

Figura 18 - Vista superior do Terminal Hutchison Ports Delta II



Fonte: Adaptada do Google Earth Pro (2022).

O Terminal conta com serviços de cais e Marinha, serviços frigoríficos, de armazenagem, de recheio e decapagem e VGM. O transporte dos contêineres é realizado através de transporte terrestre, ferroviário e caminhão, alcançando 320 milhões de consumidores na Europa (HUTCHISON PORTS DELTA II, 2021).

Ainda segundo o autor, o Terminal Hutchison Ports Delta II tem área de 100 hectares, com comprimento de cais de 1.600 metros. Possui 3 berços de atracação

do tipo híbrido, ou seja, o berço pode ter duas embarcações atracadas simultaneamente (Figura 19). Os seus equipamentos e instalações consistem em 12 guindastes Post Panamax e as embarcações típicas que utilizam o Terminal são as das gerações: Fully Cellular e Post-Panamax plus e Post new Panamax, com capacidades de 2.500 a 15.000 TEU's.

Figura 19 - Área dos Berços do Terminal Hutchison Ports Delta II



Fonte: Adaptada do Google Earth Pro (2022).

O Terminal tem 600 trabalhadores e funciona 24 por dia, 7 dias por semana e tem média de movimentação operacional anual de 3.350.000 TEU's. A capacidade de movimentação nominal não foi fornecida pelo Terminal.

As principais informações da infraestrutura e operacional do THPDII são mostradas na Quadro abaixo.

Quadro 4 - Dados da infraestrutura e operacional do THPDII

TERMINAL HUTCHISON PORTS DELTA II - INFRAESTRUTURA		
Área do terminal	1.000.000	[m ²]
Comprimento de cais	1.600	[m]
Quantidade de berços	3	-
Calado máximo permitido	16,65	[m]
Guindastes - Post Panamax -	12	-
TERMINAL HUTCHISON PORTS DELTA II - OPERACIONAL		
Capacidade nominal de movimentação do porto	3.350.000	[TEU/ano]
Capacidade nominal de movimentação por berço	1.116.667	[TEU/ano/berço]
Produção por guindaste	37,1	[mov/hora]
Número de horas operacionais por ano	8760	[horas]

Fonte: Adaptada do Port of Rotterdam (2021).

4.3. COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E OPERACIONAIS

A comparação dos dados de infraestrutura e operacional do Porto Itapoá com o Terminal Hutchison é mostrada na Quadro 5. São observados que o comprimento de cais e a quantidade de guindastes possuem proporção de 1:2, em relação do Porto Itapoá para o Terminal Hutchison. Em contrapartida, o THPDII possui menos berços, proporcionalmente, porém com maior comprimento quando comparado com o Porto Itapoá. Há também maiores valores de produção por guindaste e de calado máximo permitido.

Quadro 5 - Comparação das Características Físicas e Operacionais

CARACTERÍSTICAS	PORTO ITAPOÁ	TERMINAL HUTCHISON
Área do terminal	250.000 m ²	1.000.000 m ²
Comprimento de cais	800 m	1.600 m
Quantidade de berços	2 berços	3 berços
Comprimento dos berços	400 m	533,33 m
Calado máximo permitivo	12,8 m	16,65 m
Tipo de Guindastes	Super Post Panamax	Post Panamax
Quantidade de Guindastes	6 guindastes	12 guindastes
Capacidade nominal de movimentação do porto	1.200.000 TEU's	-
Capacidade nominal de movimentação por berço	600,000 TEU's	-
Média de Movimentação operacional	740.974 TEU's	3.350.000 TEU's
Média de Movimentação operacional por berço	370.487 TEU's	1.116.667 TEU's
Produção por guindaste	28,36 MPH	37,1 MPH
Número de horas operacionais por ano	8760 horas	8760 horas
Embarcações típicas	Panamax Post-Panamax Post-Panamax plus	Fully Cellular Post-Panamax plus Post new Panamax

Fonte: Adaptado do Porto Itapoá (2021); adaptado do Port of Rotterdam (2021).

5. DIMENSIONAMENTO DA EFICIÊNCIA DOS BERÇOS

Este capítulo apresenta os cálculos de dimensionamento da taxa da ocupação dos berços do Terminal de contêineres do Porto Itapoá e do Terminal Hutchison Ports Delta II do Porto de Rotterdam, a partir da infraestrutura disponível dos respectivos berços e de seus indicadores.

O dimensionamento da taxa de ocupação dos berços foi realizado utilizando a equação da produtividade proposta por Ligteringen (1999), apresentada na pág. 36.

A Equação 1 e os elementos que a compõem são discriminados na Quadro 6.

$$c_b = p \times f \times N_b \times t_u \times m_b \quad (1)$$

Quadro 6 - Elementos da Equação de Produtividade

VARIÁVEIS	DESCRIÇÃO	UNIDADE DE MEDIDA
Cb'	Média de Movimentação anual nominal por berço	[TEU/ano/berço]
Cb	Média de Movimentação anual operacional por berço	[TEU/ano/berço]
p	Produção por guindaste	[movimentos/hora]
f	Fator TEU	[-]
Nb	Número de guindastes por berço	[-]
tu	Número de horas operacionais por ano	[horas/ano]
mb	fator de ocupação de berço	[-]

Fonte: Adaptado de Ligteringen (1999).

A Equação (1) tem o índice Cb como seu indicador de cálculo. Entretanto, Ligteringen (1999) afirma que o fator de ocupação de berço m_b também pode ser utilizado como um indicador por demonstrar a taxa proporcional de ocupação do berço em comparação ao tempo total de horas operacionais.

Titoneli (2015) também assume que a taxa de ocupação de berço é um indicador de eficiência da produtividade de berço capaz de avaliar a eficiência na utilização das instalações do terminal e/ou dos conjuntos de berços.

Nesse sentido, neste trabalho, a fórmula é apresentada para o cálculo da seguinte forma (Equação 2):

$$m_b = \frac{c_b}{p \times f \times N_b \times t_u} \quad (2)$$

5.1. MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nas próximas duas seções, os cálculos são apresentados de forma individualizada (por terminal), sendo que os resultados dos cálculos são comparados entre si e com os elementos que compõem a infraestrutura e operação dos terminais no Capítulo 6.

5.2. PORTO ITAPOÁ

Dos dados disponibilizados pelo Porto Itapoá (apresentado na Quadro 2, pág. 44), os que são referentes às variáveis de cálculo, são mostradas na Quadro 7.

Quadro 7 - Dados Obtidos do Porto Itapoá

PORTO DE ITAPOÁ			
Variáveis	Descrição	Quantidade	Unidade
Cb'	Média de Movimentação anual nominal por berço	600.000	[TEU/ano/berço]
Cb	Média de Movimentação anual operacional por berço	370.487	[TEU/ano/berço]
p	Produção por guindaste	28,36	[MPH]
f	Fator TEU	1	[-]
Nb	Número de guindastes por berço	3	[-]
tu	Número de horas operacionais por ano	8.760	[horas/ano]

Fonte: Autora (2022), com base nos dados do Porto Itapoá (2021).

Com isso, é calculado pelo índice m_b , como indicador de produtividade de berço, utilizando a média de movimentação anual nominal, apresentado abaixo:

$$m_b = \frac{c_b'}{p \times f \times N_b \times t_u}$$

$$m_b = \frac{600000}{28,36 \times 1 \times 3 \times 8760}$$

$$m_b = 0,8050 = 80,5\%$$

Também é calculado o fator de ocupação de berço utilizando a média de movimentação dos anos 2019, 2020 e 2021 do Porto Itapoá, apresentado abaixo:

$$m_b = \frac{c_b}{p \times f \times N_b \times t_u}$$

$$m_b = \frac{370487}{28,36 \times 1 \times 3 \times 8760}$$

$$m_b = 0,497 = 49,7\%$$

Os dois cálculos apresentados acima, que indicam que o fator de ocupação do berço levando em consideração a capacidade nominal seria de até 80,5% enquanto que a taxa de ocupação de berço real, sob os aspectos operacionais de carga, alcança apenas 49,7%. Com isso, pode-se considerar que há uma lacuna significativa entre o operado e o que possa ser alcançado idealmente.

5.2.1. Terminal Hutchison Ports Delta II

Os dados disponibilizados pelo Terminal Hutchison Ports Delta II do Porto de Rotterdam (apresentado na Quadro 4, pág. 49), os que são referentes às variáveis de cálculo, são mostradas na Quadro 8.

Quadro 8 - Dados obtidos do Terminal Hutchison Ports Delta II

TERMINAL HUTCHISON PORTS DELTA II			
Variáveis	Descrição	Quantidade	Unidade
Cb	Média de movimentação anual operacional por berço	1.116.667	[TEU/ano/berço]
p	Produção por guindaste	37,1	[MPH]
f	Fator TEU	1	[-]
Nb	Número de guindastes por berço	4	[-]
tu	Número de horas operacionais por ano	8.760	[horas/ano]

Fonte: Autora (2022), com base nos dados do Hutchison Ports Delta II (2021).

Com isso, é calculado pelo índice m_b , como indicador de produtividade de berço, apresentado abaixo:

$$m_b = \frac{c_b}{p \times f \times N_b \times t_u}$$

$$m_b = \frac{1116667}{31,10 \times 1 \times 4 \times 8760}$$

$$\mathbf{m_b = 0,8590 = 85,90\%}$$

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

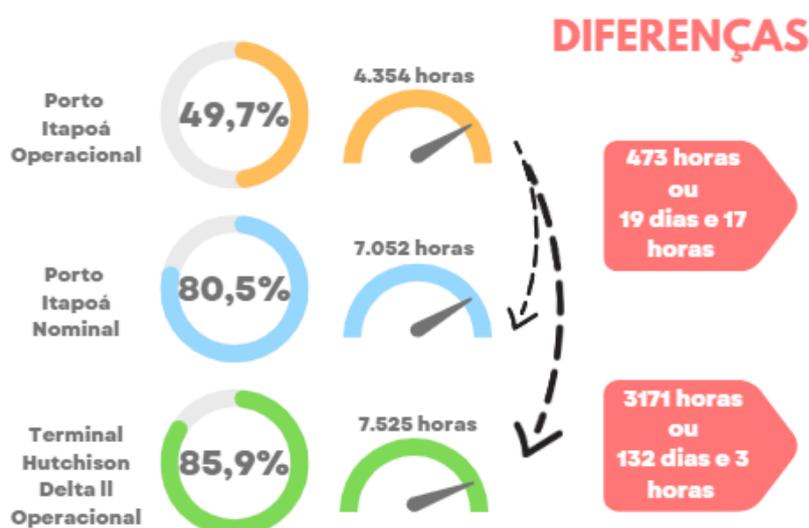
A análise dos resultados foi realizada sob quatro aspectos:

- análise do fator de ocupação do berço, com o resultado dos cálculos realizados;
- análises das variáveis, com a verificação de componentes que fazem parte da fórmula de produtividade;
- ponderações gerais, com as reflexões das análises dos resultados obtidos;
- análises de novos cenários, explora possíveis potenciais para a melhoria da produtividade do Porto Itapoá.

6.1. ANÁLISE DO FATOR DE OCUPAÇÃO DE BERÇO

Utilizando o Método de Ligteringen, obtemos os Fatores de Ocupação de Berço, considerando a capacidade nominal que resulta em 80,5% e, considerando a movimentação realizada operacional, resultando em 49,7% para o Porto Itapoá, enquanto o Terminal Hutchison Ports Delta II possui uma taxa de ocupação operacional de 85,9%.

Figura 20 - Fator de Ocupação de Berço



Fonte: Autora (2022).

Se dimensionada em horas operacionais, ou seja, calculando a diferença de 5,4% da taxa nominal e 36,2% da taxa operacional do Porto Itapoá em um total de 8.760 horas operacionais por ano, obtemos que o THPDII possui uma ocupação de berço de 473 horas, ou 19 dias e 17 horas, a mais por ano em comparação com a taxa nominal do Porto Itapoá e de 3.171 horas, ou 132 dias e 3 horas, a mais por ano em comparação com a taxa operacional do Porto Itapoá (Figura 20).

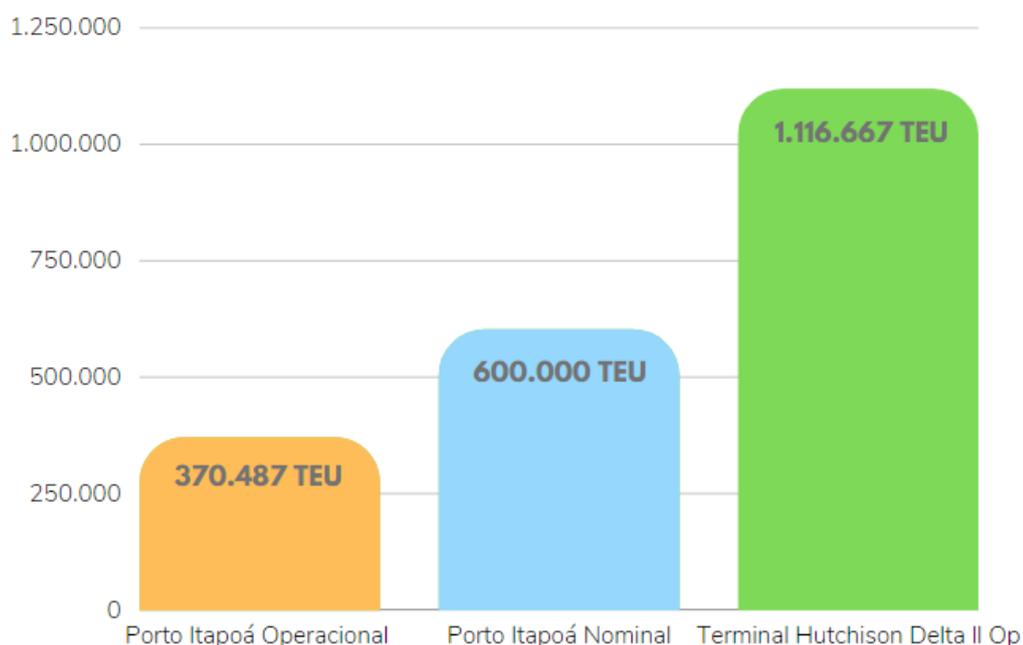
As diferenças diluídas ao longo dos meses do ano resultam em: em 1 dia e 15,4 horas a mais, em relação ao fato de ocupação de berço nominal, que existe um navio fazendo operações de carga e descarga no Terminal Hutchison por mês, enquanto que em relação ao fator operacional, são 11 dias a mais por mês.

6.2. ANÁLISES DAS VARIÁVEIS

6.2.1. Em relação à média anual de TEU por berço (C_b)

A produtividade por berço dos terminais, ou movimentação média anual por berço, é de 600 mil TEU's e 370.487 TEU's do Porto Itapoá, nominal e operacional, respectivamente, enquanto a produtividade operacional do Terminal Hutchison Ports Delta II é de 1.116 mil (Figura 21). Em comparação, é observado que a produtividade do THPDII é 86,1% maior do que a nominal do IOA, representando uma diferença de 516.667 TEU's anuais por berço e é 201,4% maior do que a operacional do IOA, havendo uma diferença de 746.180 TEU's ao ano.

Figura 21 - Média Anual de TEU's por berço



Fonte: Autora (2022).

Para fins de análise, foi considerado as duas situações hipotéticas envolvendo: produtividade nominal do IOA e a operacional do THPDII; produtividades operacionais do IOA e THPDII.

- ✓ Produtividade nominal do Porto Itapoá X Produtividade operacional Terminal Hutchison Ports Delta II

Considerando que ambos terminais movimentam 600.000 TEU's no período de 7.052 horas (situação atual operacional do Porto Itapoá) e que, a diferença de produtividade anual (516.667 TEU's) é alcançada durante as horas operacionais a mais que o Terminal Hutchison possui em relação ao Porto Itapoá (473 horas). Analisando essa produtividade hipotética, temos que:

- ✓ Até a produtividade de 600.000 TEU's, são manipulados 85,08 TEU's por hora operacional em cada berço de cada Terminal.
- ✓ A diferença de produtividade é alcançada pelo THPDII com a manipulação de 1.092,3 TEU's por hora operacional em um período de 473 horas.

Dessa maneira, pode-se observar que se os berços dos dois Terminais tivessem a mesma produtividade por hora operacional até ser alcançado o número de produtividade do Porto Itapoá, ou seja, 600.000 TEU's por ano em 7.052 horas operacionais, o Terminal Hutchison Ports Delta II precisaria "compensar" produzindo 12 vezes mais para alcançar a sua produtividade atual de 1.116.667 TEU's/ano na diferença de 473 horas de horas de ocupação de berço por ano.

A diferença de 516,667 TEU's de produtividade do THPDII é equivalente ao recebimento a mais de, aproximadamente, 64 navios porta-contêineres da geração Post-Panamax plus, com 300 metros de comprimento e capacidade de 8.000 TEU's, para o descarregamento total de contêineres no Porto no período de um ano.

- ✓ Produtividade operacional do Porto Itapoá X Produtividade operacional Terminal Hutchison Ports Delta II.

Semelhante à forma realizada na hipótese anterior, é considerando que ambos terminais movimentam 370.487 TEU's no período de 4.354 horas (situação atual operacional do Porto Itapoá) e que, a diferença de produtividade anual (746.180 TEU's) é alcançada durante as horas operacionais a mais que o Terminal Hutchison possui em relação ao Porto Itapoá (3171 horas). Analisando essa produtividade hipotética, temos que:

- ✓ Até a produtividade de 370.487 TEU's, são manipulados 85,09 TEU's por hora em cada berço de cada Terminal.
- ✓ A diferença de produtividade anual só é alcançada pelo THPDII se houver uma movimentação de 235,3 TEU's por hora de ocupação de berço em um período de 3171 horas.

Dessa maneira, pode-se observar que se os berços dos dois Terminais tivessem a mesma produtividade por hora operacional até ser alcançado o número de produtividade operacional do Porto Itapoá, ou seja, 370.487 TEU's por ano em 4354 horas, o Terminal Hutchison Ports Delta II precisaria "compensar" produzindo 3 vezes

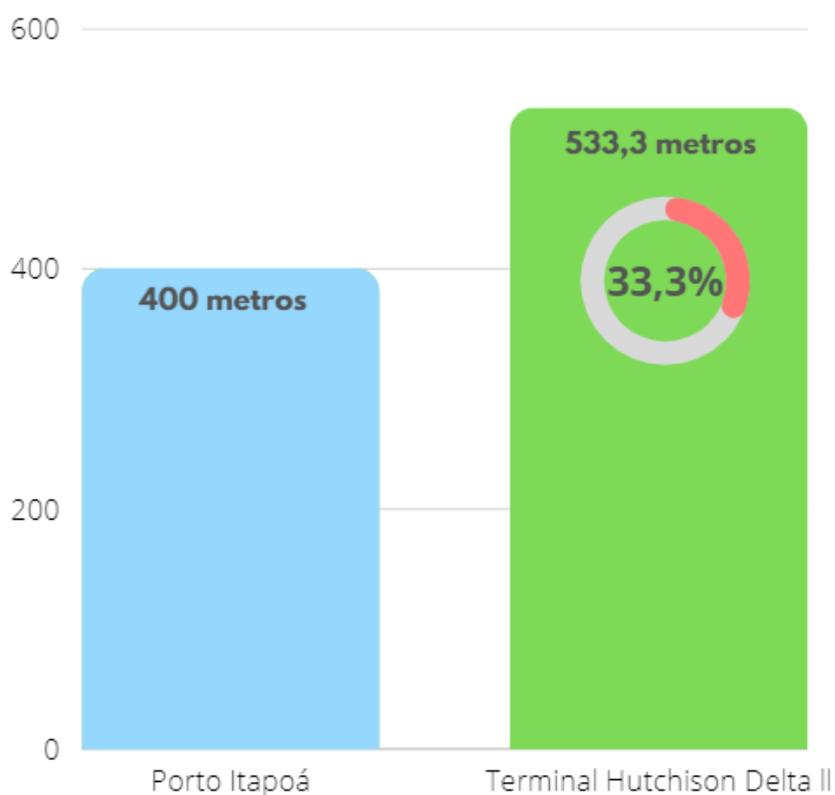
mais para alcançar a sua produtividade atual de 1.116.667 TEU's/ano na diferença de 3171 horas de ocupação de berço por ano.

A diferença de 746.180 TEU's de produtividade do THPDII é equivalente ao recebimento a mais de, aproximadamente, 93 navios porta-contêineres da geração Post-Panamax plus, com 300 metros de comprimento e capacidade de 8.000 TEU's, para o descarregamento total de contêineres no Porto no período de um ano.

6.2.2. Em relação ao tamanho do berço

Os tamanhos de berços dos terminais são mostrados na Figura 22, onde pode ser observado que o berço do THPDII é 33,3% maior do que o do Porto Itapoá. Essa diferença de 133,3 metros permite que o Terminal Hutchison possa receber embarcações de até a última geração de porta contêineres, os Triple E com capacidade de 18.000 TEU's e comprimento de 400 metros. Enquanto isso, o Porto Itapoá se restringe a porta contêineres da geração Post-Panamax plus, com capacidade de 6000 a 8000 TEU's, comprimento de 300 metros, devido ao comprimento do berço e também ao calado do canal.

Figura 22 - Tamanho dos berços



Fonte: Autora (2022).

O tamanho do berço pode permitir o melhor aproveitamento, em razão da diminuição de tempos inoperantes relacionados aos tempos de atracação e desatracação.

Considerando o seguinte cenário hipotético, para fins de análise do tamanho do berço, são assumidos os seguintes dados:

- Média de 1,75 TEU's por movimento de guindaste;
- Movimentação média de guindaste de 30 movimentos por hora [MPH];
- 3 guindastes de mesma produtividade por berço;
- Total de movimentação de 157,5 TEU's/hora;

- e) Média de tempo inoperante⁵ de 7,3 horas para embarcações pequenas e 9,3 horas para embarcações maiores.

Com esse cenário, é possível fazer as seguintes estimativas e ponderações:

- ✓ No caso de atracação apenas com embarcações menores (navios Post-Panamax plus) - considerando a capacidade de 8.000 TEU's e que todos os contêineres serão movimentados, no cenário hipotético apresentado é possível estimar o tempo de ocupação deste tipo de embarcação é de 2,38 dias, incluindo tempos operantes e inoperantes. Durante o período de um ano com atracação apenas deste tipo de navio, é estimada uma produtividade de 1.227.456 TEU's, totalizando em 40,27 dias inoperantes e uma ocupação de berço de 88,9%.
- ✓ No caso de atracação apenas com embarcações maiores (navios Triple E) – considerando a capacidade de 18.000 TEU's e o cenário hipotético apresentado, as mesmas estimativas são realizadas, sendo obtido: tempo de ocupação de 5,15 dias, incluindo tempos operantes e inoperantes; produtividade anual de 1.275.875 TEU's; um total de 27,46 dias inoperantes por ano e ocupação de berço de 92,47%.

A comparação dos dados estimados no cenário hipotético de atracação de navios menores e navios maiores é apresentada na Quadro 9.

⁵ Carbonari (2014) considera que a média de tempo inoperante de um terminal é de 8,3 horas. Com isso, foi considerado que embarcações maiores utilizam o tempo de média acrescentado de uma hora enquanto embarcações menores utilizam o tempo de média reduzindo uma hora, baseado nos dados estimados do estudo.

Quadro 9 - Comparação dos dados estimados de atracação de navios maiores e menores no cenário hipotético

DADOS	NAVIOS MENORES	NAVIOS MAIORES
Tipo de navio	Post-Panamax plus	Triple E
Dimensão do navio (comprimento X boca X calado)	300m X 43m X 14,5m	400m X 59m X 15,5m
Capacidade do navio	8.000 TEU's	15.000 TEU's
Tempo de ocupação (horas operantes e inoperantes)	2,38 dias	5,15 dias
Produtividade em um ano	1.227.456 TEU's	1.275.875 TEU's
Dias inoperantes em um ano	40,28 dias	27,47 dias
Ocupação de berço	88,96%	92,47%

Fonte: Autora (2022), com base nos dados do Thoresen (2014).

Com isso, observa-se que ampliando o tamanho de berço (de modo a comportar navios com 100 metros a mais), é possível aumentar a taxa de ocupação de berço de 88,96% a 92,47%. Esta **diferença de 3,51%** é o equivalente a um total de 12,81 dias a mais de operação no período de um ano, considerando um total de 8.760 horas operacionais.

6.2.3. Em relação a produção dos guindastes (*p*)

Os guindastes do Porto Itapoá são do modelo Super Post Panamax, que conseguem, em teoria, atender embarcações da geração New Panamax (com comprimento de 366 metros, capacidade de 12.500 TEU's, e capacidade de 20 contêineres transversal), no entanto o Porto Itapoá não consegue receber essa geração de porta contêineres devido às suas restrições de comprimento de berço⁶ de 400 metros e do atual calado de 12,8 metros de profundidade, sendo que seria necessário um calado de 16 metros para a atracação de navios desta geração.

⁶ Recomenda-se um espaço de 25 metros depois de cada extremidade dos porta-contêineres para amarração.

No caso do Terminal Hutchison, os guindastes são do modelo Post Panamax, modelo com menor capacidade em comparação ao Porto Itapoá. Além disso, apesar do Terminal ter infraestrutura de berço (comprimento de cais e calado) que comporta as gerações mais novas de porta-contêineres, a restrição dos equipamentos diminui a capacidade de atendimento até às embarcações da geração Post-Panamax (com comprimento de 300 metros, calado de 14,5 metros, capacidade de 4.000 a 5.000 TEU's e capacidade de 15 contêineres transversal).

Além disso, o aproveitamento dos guindastes do THPDII é superior, obtendo uma produção de 37,10 movimentos por hora em comparação a 28,36 movimentos por hora do Porto Itapoá (Figura 23).

Figura 23 - Produção dos Guindastes STS [MPH]



Fonte: Autora (2022).

Isso significa que, apesar dos modelos dos Guindastes STS do Terminal Hutchison Ports Delta II serem de menor capacidade, eles têm um melhor aproveitamento em relação aos do Porto Itapoá.

6.3. PONDERAÇÕES GERAIS

A partir das análises parciais apresentadas nos tópicos anteriores e reflexão incitada pela teoria explicitada na fundamentação teórica, faz-se as seguintes ponderações gerais:

- ✓ O fator de ocupação de berço nominal do Porto Itapoá pode ser considerado competitivo em relação ao Terminal Hutchison, no entanto, o fator operacional é 30,8 pontos percentuais menor que o nominal, o que significa uma produtividade 61,9% menor que a nominal e 201,4% menor que a operacional do THPDII.
- ✓ Observa-se que a taxa de ocupação de berço nominal pode ser considerada competitiva com o THPDII, no entanto a operacional é muito inferior.
- ✓ Mesmo existindo infraestrutura de berço (comprimento e calado permitido) para receber as mais novas gerações de porta-contêineres, o Terminal Hutchison Ports Delta II não possui equipamentos com capacidade para atendê-los, se limitando ao atendimento às gerações com 1/3 da capacidade em TEU's devido a essa limitação de equipamento.
- ✓ Em contrapartida, o Porto de Itapoá possui os portêineres com maiores capacidades, no entanto a sua infraestrutura de berço (comprimento e calado permitido) e calado do canal de acesso, o impede que essas embarcações maiores sejam recebidas.
- ✓ Independentemente do equipamento com capacidade inferior, o THPDII possui produção de guindastes significativamente maior comparado ao IOA.
- ✓ Embora haja a pequena diferença de 5,4% entre ocupações de berço dos dois terminais, somado ao fato do berço ser 33,3% maior e possuir uma capacidade de guindaste 30,8% maior que o IOA, culmina em uma produtividade de berço 86,10% maior do que a do Porto Itapoá.
- ✓ Como mencionado no item 2.1.3 (pág. 29), os portêineres Post-Panamax possuem capacidade de 30 a 50 movimentos por hora, e considerando que o Porto de Itapoá obtenha a produção dos guindastes de 28,36 movimentos por hora, é observado que apesar de possuir equipamentos melhores, o Porto está com uma produtividade baixa nos guindastes.
- ✓ O Porto Itapoá possui o recorde de 170,77 MPH de produção de guindaste, sendo a atual produção 6 vezes menor.

- ✓ Não é possível comparar produtividades no caso de infraestruturas de berço diferentes, sendo necessário que sejam de tamanhos similares ou proporcionais. Em contrapartida, a eficiência de ocupação de berço pode ser comparada nesses casos, pois mede a capacidade de aproveitamento de infraestrutura e da operação existente.
- ✓ A produtividade pode ser associada também com o tamanho das embarcações que atracam. Com embarcações maiores, há a possibilidade de haver mais cargas para movimentar, o berço será ocupado por mais tempo para carga/descarga e, conseqüentemente, terá menos horas de manobras de atracação (tempo o qual o berço fica “vazio”).
- ✓ Em observações por satélite, através do software Google Earth Pro, do Terminal Hutschison Delta II no período de 10 anos, observa-se que um dos berços é frequentemente usado para a atracação simultânea de duas embarcações menores. Esse fato pode ser o contribuinte para os maiores valores de produtividade do terminal e produção por guindaste pelo fato de ser duas embarcações realizando operações de carga/descarga e otimizando a infraestrutura e a operação.
- ✓ A produção dos guindastes é de suma importância para os altos valores de produtividade, fazendo-se necessário que os portêineres atinjam a sua capacidade de projeto e, preferencialmente, sejam trocados por gerações que comportem embarcações maiores.
- ✓ O tamanho dos berços afeta indiretamente a sua eficiência, como no caso do Porto Itapoá, que a atracação de dois porta-contêineres menores em um berço de 400 metros é inviável. No entanto, se o berço for 33,33% maior, como o caso do THPDII, há a possibilidade de atracação simultânea de dois navios, aumentando a eficiência do berço.

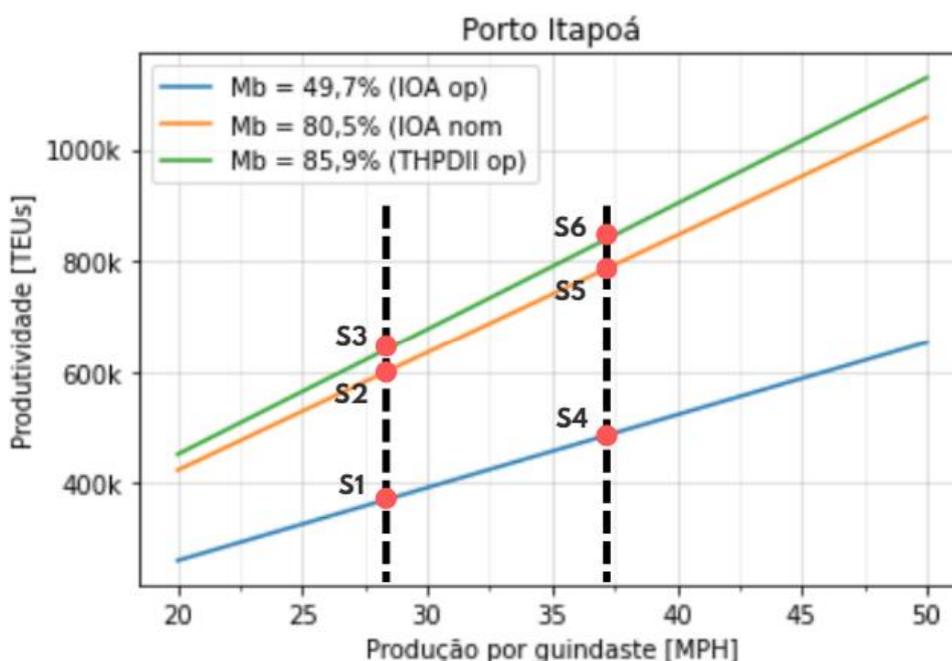
6.4. ANÁLISE DE NOVOS CENÁRIOS

A fim de explorar o potencial produtivo do Porto de Itapoá foram simulados dois cenários alterando os elementos de produtividade. Os gráficos foram feitos utilizando o programa Python devido a maior familiaridade com a linguagem.

✓ Cenário 1

No primeiro cenário, mostrado no gráfico da Figura 24, se propõe a alteração da capacidade produtiva do guindaste do Porto Itapoá no intervalo de 20 a 50 movimentos por hora em três situações: ocupação de berço operacional atual do Porto Itapoá (de 49,7%), ocupação de berço nominal do Porto Itapoá (de 80,5%) e a situação onde o Porto Itapoá atinge a taxa de ocupação de berço do terminal referência THPDII, de 85,9%.

Figura 24 - Produtividade de berço variando a Produção dos Guindastes e Ocupação de Berço



Fonte: Autora (2022).

No gráfico acima, as linhas tracejadas demarcam a produção por guindaste atual do Porto Itapoá (28,36 MPH) e a do Terminal Hutchison (37,10 MPH), da esquerda pra direita, respectivamente, sendo evidenciadas as 6 situações propostas em pontos vermelhos. As situações analisam a produtividade do berço do Porto Itapoá com a alteração dos fatores de produção por guindaste e a taxa de ocupação de berço, utilizando o Método de Ligteringen (1999) para o cálculo, sendo elas:

- a) S1 – contexto atual operacional do berço do IOA, com produção por guindaste de 28,36 MPH e ocupação de berço de 49,7% gerando uma produtividade de 370.487 TEU's por ano;
- b) S2 – situação nominal do berço do IOA, com produção por guindaste de 28,36 MPH e ocupação de berço de 80,5% gerando uma produtividade de 600.000 TEU's por ano.
- c) S3 – a produção por guindaste é mantida em 28,36 MPH, no entanto, é alterada a taxa de ocupação operacional do berço para a do THPDII, de 85,9%
- d) S4 - a produção por guindastes é alterada para 37,10 MPH (produção atual do THPDII) e a taxa de ocupação é a operacional de 49,7%;
- e) S5 – a produção por guindastes de 37,10 MPH, mantendo-se a taxa de ocupação de berço a atual nominal do IOA de 0,805;
- f) S4 – a produção por guindastes e a taxa de ocupação de berço são alteradas para os valores do Terminal Hutchison de, 37,10 MPH e 0,859, respectivamente.

Os dados referentes às situações propostas e as produtividades geradas de cada são mostrados na Quadro 10:

Quadro 10 - Dados referente às 6 situações propostas do Cenário 1

SITUAÇÕES	PRODUÇÃO POR GUINDASTE [MPH]	TAXA DE OCUPAÇÃO DE BERÇO	PRODUTIVIDADE DO BERÇO [TEU's/ano]
S1	28,36	0,497	370.487
S2	28,36	0,805	600.000
S3	28,36	0,859	640.213
S4	37,1	0,497	484.664
S5	37,1	0,805	784.908
S6	37,1	0,859	837.515

Fonte: Autora (2022).

Com isso, observa-se que alterando o fator de ocupação de berço do nominal para o operacional do Porto Itapoá (S1 para S2) já há um expressivo aumento na

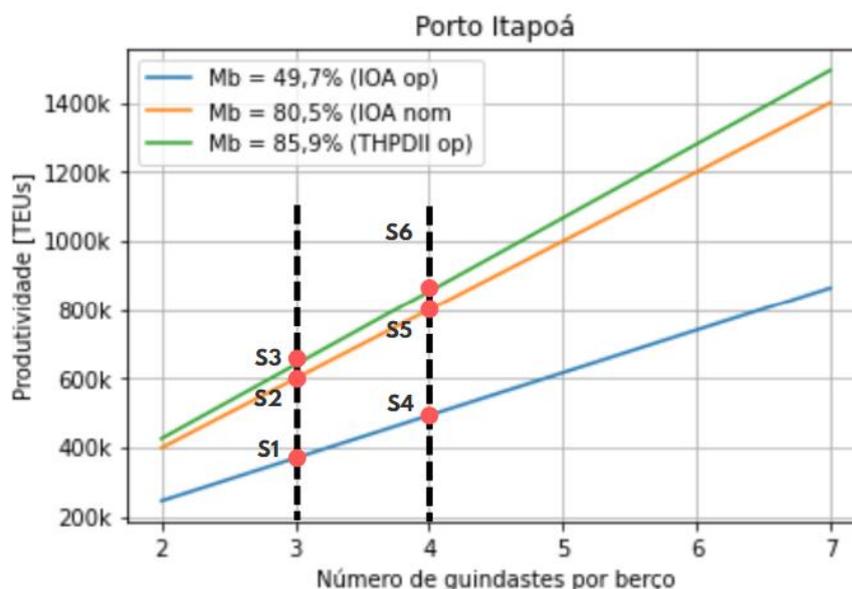
produtividade do Porto. Isso se deve ao fato que a taxa de ocupação de berço é muito inferior à capacidade de projeto (nominal). Já quando é simulado que o Porto Itapoá atinge os valores de produção de guindaste e fator de ocupação de berço do Terminal Hutchison, a produtividade aumenta em 126%.

Como estimado no cenário hipotético da pág. 59, o aumento da taxa de ocupação de berço pode ser feito com o recebimento de navios com maiores capacidades, além da contratação de mais linhas para carga e descarga de navio no Porto. Já a produção de guindastes pode ser aprimorada com manutenções preventivas, troca por gerações mais recentes e a melhor utilização dos guindastes nos navios atracados.

✓ Cenário 2

No segundo cenário, mostrado na Figura 25, é alterado o número de guindastes entre 2 e 7, nas mesmas situações de ocupação de berço citadas no gráfico anterior.

Figura 25 - Produtividade do berço variando número de guindastes e fator de ocupação de berço



Fonte: Autora (2022).

Também são propostas e evidenciadas 6 situações no gráfico acima, similar a situação do Cenário 1, sendo alterada a quantidade de guindastes e a taxa de ocupação de berço. As 6 situações propostas são:

- g) S1 – contexto atual operacional do berço do IOA, com 3 guindastes por berço e ocupação de berço de 49,7% gerando uma produtividade de 370.487 TEU's por ano;
- h) S2 – situação nominal do berço do IOA, com 3 guindastes por berço e ocupação de berço de 80,5% gerando uma produtividade de 600.000 TEU's por ano.
- i) S3 – ainda com 3 guindastes por berço, é alterada a taxa de ocupação operacional do berço para à do valor operacional do THPDII, de 85,9%
- j) S4 - a quantidade de guindastes por berço é alterada para 4 (número de guindastes por berço do THPDII) e a taxa de ocupação é a operacional (de 49,7%);
- k) S5 – quantidade de guindastes por berço de 4, mantendo-se a taxa de ocupação de berço a atual nominal do IOA de 0,805;

- l) S4 – a quantidade de guindastes por berço e a taxa de ocupação de berço são alteradas para os valores do Terminal Hutchison de, 4 unidades e 0,859, respectivamente.

Os dados referentes às situações propostas e as produtividades geradas de cada são mostrados naQuadro 11.

Quadro 11 – Dados referente às 4 situações propostas do Cenário 2

SITUAÇÕES	QUATIDADE DE GUINDASTES POR BERÇO	TAXA DE OCUPAÇÃO DE BERÇO	PRODUTIVIDADE DO BERÇO [TEU's/ano]
S1	3	0,497	370.487
S2	3	0,805	600.000
S3	3	0,859	640.213
S4	4	0,497	493.983
S5	4	0,805	800.000
S6	4	0,859	853.618

Fonte: Autora (2022).

Da mesma forma que ocorre no Cenário 1, é observado um aumento de produtividade no caso do Porto Itapoá operar com a taxa de ocupação de berço nominal. Observa-se também que o aumento da produtividade é mais expressivo com a alteração do número de guindastes para 4 do que com o aumento da produção dos mesmos para os valores do terminal referência.

7. CONCLUSÃO

A atualização constante dos portos e a identificação de gargalos se faz necessária e estudos envolvendo a produtividade e eficiência podem auxiliar os portos nesse processo.

A comparação com uma referência mundial no transporte de contêineres, como é o caso do Terminal Hutchison Ports Delta II, busca situar a posição do Porto Itapoá sobre parâmetros de produtividade e eficiência, sendo a taxa de ocupação de berço utilizada como indicador neste trabalho.

A estrutura metodológica proposta para o desenvolvimento do estudo permitiu a verificação da situação nominal e operacional do Porto Itapoá, que apresenta uma taxa de ocupação nominal de 80,5%, podendo ser considerada boa, quando comparada com o Terminal Hutchison Ports Delta (de 85,9% de ocupação de berço). No entanto, a taxa de ocupação de berço operacional do Porto (49,7%) é considerada insatisfatória por ser muito inferior à sua capacidade nominal e, conseqüentemente, não sendo competitiva com o terminal referência THPDII. Além disso, a análise dos resultados explorou 2 cenários, que podem ser tomados para a contínua melhoria da capacidade portuária.

Nos cenários são propostas alterações dos fatores passíveis de fácil modificação, sob o aspecto de gestão da infraestrutura e da operação, sendo eles a produção por guindastes, a quantidade de guindastes e a taxa de ocupação de berço. São propostas 4 situações para cada cenário, alterando os fatores para valores do Terminal referência Hutchison Ports Delta II e sendo, por fim, analisado o comportamento da produtividade de berço.

Ao decorrer do trabalho, utilizando o Método de Ligteringen e a comparação dos resultados utilizando o programa Python, fica evidente que os gargalos de eficiência de berço e, conseqüentemente, produtividade são a produção dos guindastes e os números de guindastes utilizados por berço.

Dessa forma, os objetivos específicos propostos no trabalho foram alcançados através do conjunto de etapas desenvolvidas: 1) compreensão do sistema portuário, dos terminais e berços de contêineres e dos seus elementos de produtividade e eficiência; 2) busca pelos dados do Porto Itapoá e Terminal Hutchison

Ports Delta II; 3) dimensionamento da eficiência dos berços dos Terminais estudados; análise dos resultados e propostas de cenários de aprimoramento de produtividade.

O desenvolvimento das etapas permitiu alcançar os objetivos propostos, de modo que:

- ✓ Observou-se que os principais elementos envolvendo a produtividade e eficiência de berços de um terminal de contêineres são: o tamanho do berço, a produção e quantidade de guindastes, o fator de ocupação de berço, a capacidade das embarcações recebidas pelo berço.

- ✓ Concluiu-se que o Porto Itapoá possui uma boa taxa de ocupação nominal de berço quando comparado ao Terminal Hutchison Ports Delta II, mas os números reais de operação são muito inferiores à sua capacidade de projeto.

- ✓ Considera-se abaixo das expectativas a produção por guindaste atual (28,36 MPH), considerando que o recorde de produção de guindastes do Porto é atualmente de 170,77 MPH.

- ✓ Atestou-se que o Porto Itapoá possui condições nominais de infraestrutura e operacional para ser competitivo com o Terminal Hutchison do Porto de Rotterdam.

- ✓ Constatou-se que há significativas divergências, em ambos terminais estudados, quanto à capacidade dos equipamentos do berço em comparação à capacidade da infraestrutura dos berços.

- ✓ Atestou-se que a alteração de ocupação de berço afeta expressivamente a produtividade, no entanto, a influência da quantidade de guindastes e a sua produção são significativamente mais expressivas.

- ✓ Constatou-se que a capacidade das embarcações recebidas pelo berço afeta, diretamente, fatores de produtividade como: a taxa de ocupação de berço e a produção de guindaste.

Após atender todos os objetivos do trabalho, concluiu-se que a metodologia utilizada no estudo é válida para a análise da eficiência de ocupação dos berços em terminais portuários de contêineres e da produtividade dos mesmos.

A respeito das dificuldades encontradas, não houve retorno do Terminal Hutchison Ports Delta II, sendo necessário a confiança em dados apresentados em memorandos do Site Oficial.

Para os futuros trabalhos, sugere-se o aprofundamento, em termos financeiros, da diferença entre os cenários propostos, a fim de, comparar e compreender a dimensionar as situações e como elas afetariam economicamente o Porto Itapoá e região. Também se sugere estudos sobre os motivos da produtividade nominal e operacional do Porto Itapoá serem tão divergentes entre si.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTAQ - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. 2013. **Manual do usuário**. Brasília: Presidência da República.

ANTAQ - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Capacidade utilizada da frota de porta-contêineres na cabotagem atingiu 76,2%**. jan. 2020. Disponível em: <http://portal.antaq.gov.br/index.php/2020/01/08/capacidade-utilizada-da-frota-de-porta-containers-na-cabotagem-atingiu-762-diz-antaq/>. Acesso em: 22 ago. 2021.

ANTAQ - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Estatístico Aquaviário 2.1.4**. 2022. Disponível em: <http://ea.antaq.gov.br/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=painel%5Cantaq%20-%20anu%C3%A1rio%202014%20-%20v0.9.3.qvw&lang=pt-BR&host=QVS%40graneleiro&anonymous=true>. Acesso em: 21 jun. 2022.

BÖSE, J. W. 1ª Ed. 2011. **Handbook of Terminal Planning**. Operations Research/Computer Science Interfaces Series. doi:10.1007/978-1-4419-8408. **Box Logistics and Global Supply Chains: The Integration of Ports and Liner**.

BUENO, S. **A história do Container**. 2022. Disponível em: <https://www.fazcomex.com.br/comex/a-historia-do-container/>. Acesso em: 4 ago. 2022.

BURNS, Maria G. **Port Management and Operations**. New York: Crc Press, 2015. 390 p.

CAMBRIDGE DICTIONARY. **TEU**. 2022. Disponível em: <https://dictionary.cambridge.org/pt/dicionario/ingles/teu>. Acesso em: 2 ago. 2022.

CARBONARI, N. I. **Infraestrutura e Operações: Um Estudo Da Capacidade De Um Terminal Portuário De Contêineres**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

CHOICE LOGISTICS. **MERCADO GLOBAL DE CONTÊNERES: CRESCIMENTO, TENDÊNCIAS E PREVISÕES PARA 2023**. 2021. Disponível em: <https://choicelogistics.com.br/mercado-global-de-containers-crescimento-tendencias-e-previsoes-para-2023/>. Acesso em: 03 jun. 2022.

CUNHA, Luis Felipe Combacau Carneiro da. **ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO PORTO DE ITAGUAÍ COMO HUB PORT PARA CONCENTRAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE CONTÊNERES NO BRASIL**. 2010. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - Puc-Rio, Rio de Janeiro, 2010. Cap. 2. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/17136/17136_3.PDF. Acesso em: 21 jun. 2022.

ELEBIA. **Different Types of Port Cranes**. 5 jul. 2018. Disponível em: <https://elebia.com/types-of-cranes-used-in-ports/>. Acesso em: 6 jul. 2022.

FEMAR - FUNDAÇÃO ESTUDOS DO MAR (Brasil). **Curso Básico de Arrumação e Estivagem Técnica**. Rio de Janeiro: Diretoria de Portos e Costas - Dpc, 2001.

FINN, R. **Container Terminal St. Petersburg orders 2 STS cranes from Konecranes**. Jun. 2021. Disponível em: <<https://logistics-manager.com/container-terminal-st-petersburg-orders-2-sts-cranes-from-konecranes/>>. Acesso em: 24 jun. 2022.

GLOSSARY of port and shipping terms. **Public-private infrastructure advisory facility**. 2021. Disponível em: <https://ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/documents/toolkits/Portoolkit/Toolkit/glossary.htm>. Acesso em: 17 set. 2021.

HUTCHISON PORTS DELTA II. **Het Grootste Havennetwerk Ter Wereld**. 2021. Disponível em: <https://www.hutchisonportsdelta2.com/>. Acesso em: 02 mar. 2022.

ITAJAÍ CONTAINERS. **6 tipos de containers mais utilizados na logística internacional**. 29 jun. 2021. Itajaí Containers. 29 jun. 2021. Disponível em: <https://www.itajaicontainers.com.br/blog/6-tipos-de-containers-mais-utilizados-na-logistica-internacional/>. Acesso em: 18 jul. 2022

JUSTIÇA FEDERAL. **Eficaz / eficiente / efetivo**. 21 set. 2020. Disponível em: <https://www.trf3.jus.br/emag/emagconecta/conexaoemag-lingua-portuguesa/eficaz-eficiente-efetivo>. Acesso em: 18 jul. 2022.

LIGTERINGEN, H. **Ports and terminals**. Delft: Delft Academic Press, 1999. p. 246–288.

LIMA, M. P. **O desenvolvimento sustentável da cidade portuária na perspectiva do processo de globalização**: Cabedelo - PB e o seu porto. 2009. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2009.

MARINE INSIGHT. **What are berthing plans – everything you need to know**. Jun. 2021. Disponível em: <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/berthing-plans/>. Acesso em: 18 ago. 2021.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Sistema Portuário Nacional**. 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte-aquaviario/sistema-portuario>. Acesso em: 12 jan. 2022.

MIRANDA CONTAINER. **A história completa dos containers**. mar. 2019. Disponível em: <https://mirandacontainer.com.br/historia-completa-containers/>. Acesso em: 22 ago. 2021.

NOTTEBOOM, Theo; RODRIGUE, Jean-Paul. The geography of containerization: half a century of revolution, adaptation and diffusion. **GeoJournal**, v. 74, n. 1, p. 1-5, 16 out. 2008. Springer Science and Business Media LLC.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10708-008-9210-4>.

O MUNDO DOS NEGÓCIOS. **Tipos de Navios**. jul. 2019. Disponível em:
<https://www.omdn.com.br/comexpedia/tipos-de-navios/>. Acesso em: 24 jun. 2022.

PEARSON, K. **Data Envelopment Analysis: an explanation**. Working Paper n. 83, Bureau of Industry Economics, 93. Canberra, 1993.

PORT OF ROTTERDAM. Port Of Rotterdam Authority. Port Of Rotterdam (org.). **Container Terminals and Depots in Rotterdam Port Area**. 2021. Disponível em:
<https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/2021-06/containers-facts-figures-2020-port-of-rotterdam.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2021.

PORTO ITAPOÁ. **Infraestrutura**. 01 out. 2021. Disponível em:
<https://www.portoitapoa.com/infraestrutura/>. Acesso em: 7 jul. 2022.

PORTO ITAPOÁ. **Linha do tempo**. Brasil. 2011. Disponível em:
<http://www.portoitapoa.com.br/institucional/69>. Acesso em: 04 jun. 2022.

PURCHIO, L. Mais inflação no radar: ômicron provoca atrasos em portos chineses. 2022. **VEJA**, 13 jan. 2022.

REVISTA DO BNDES. Rio de Janeiro: Produção Bndes, v. 11, n. 22, dez. 2004. Mensal. P. 215-243. Disponível em:
https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/8462/2/RB%2022%20Navega%C3%A7%C3%A3o%20e%20Portos%20no%20Transporte%20de%20Cont%C3%AAneres_P.pdf. Acesso em: 20 jun. 2022.

SAATY, Thomas L. **Elements of Queueing Theory**. McGraw-Hill Book Company: Nova Iorque-EUA, 1961. 423 p.

SANTOS, A. A. R. **Metodologias, Execução (Soluções Construtivas) e Fiscalização de Obras Marítimas Portuárias Aplicação a casos de estudo da Região Antónoma da Madeira (RAM)**. Universidade da Madeira, 2018.

SANTOS, Jefferson. **Afinal, o que está acontecendo na licitação da Prainha?** 2020. Disponível em: <https://www.mesorregional.com.br/afinal-o-que-esta-acontecendo-na-licitacao-da-prainha/>. Acesso em: 19 jun. 2022.

SCHMALZ, A. A. **Análise dos processos operacionais: Um Estudo de Caso em um Depósito de Contêineres Vazios**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Naval) – Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal De Santa Catarina, Joinville, 2017.

SHANGHAI INTERNATIONAL PORT. **Our Services Terminal Handling**. 2020. Disponível em: <<https://en.portshanghai.com.cn/OurServices/index.jhtml?index=0>>. Acesso em: 21 jun. 2022.

SHIP TECHNOLOGY. **The world's 10 biggest ports**. Jan. 2020. Disponível em: <https://www.ship-technology.com/features/feature-the-worlds-10-biggest-ports/>. Acesso em: 18 set. 2021.

Shipping Networks. Maritime Economics & Logistics, v. 10, 152-174. 2008.

SILVA, A. C.; VASCONCELOS, F. N. Um estudo do desempenho operacional dos portos organizados brasileiros que operam com contêineres de 2012 a 2014. **Revista Eletrônica de Estratégia Negócios**, v. 11, n. 27, p. 62-79, 2018.

SOARES, Lucas de Araújo. **Logística Do Contêiner**. 2014. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Formação de Oficiais de Náutica da Marinha Mercante, Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Rio de Janeiro, 2014.

SUAPE PE (org.). **Glossário Portuário**. 2017. Disponível em: https://www.suape.pe.gov.br/images/glossario_portuario/suape-glossario-portuario_01_2017.pdf. Acesso em: 15 dez. 2021.

THORESEN, Carl A. **Port Designer's Handbook**. 3. ed. London: Ice, 2014. 607 p.

TITONELI, Leticia do Carmo. **MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS DO SISTEMA LOGÍSTICO DE UM TERMINAL PORTUÁRIO COM IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS GERADOS POR INEFICIÊNCIA DOS PROCESSOS OPERACIONAIS**. 2015. 80 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - Puc-Rio, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=24694@1>. Acesso em: 10 jul. 2022.

TORRES, A. M. **A influência da contêinerização na relação porto-cidade: Uma análise nos terminais de contêineres do Porto do Rio de Janeiro**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

UNCTAD - UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. **Review of Maritime Transport 2021**. 21 dez. 2021. Disponível em: https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2021_en_0.pdf. Acesso em: 22 fev. 2022.

UNCTAD - UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. **Measuring and Evaluating Port Performance and Productivity**. Monographs on Port Management – Monograph no. 6. 1987. Disponível em: http://unctad.org/en/Docs/ship4946_en.pdf. Acesso em: 19 jun. 2022.

WORLD SHIPPING COUNCIL. **Top 50 Ports — World Shipping Council**. 2022. Disponível em: <https://www.worldshipping.org/top-50-ports>. Acesso em: 25 jun. 2022.

ZIWEI, X. U. N. Comparative study on port efficiency in the Bohai Rim Region. In: **Proceedings of the 2019 International Conference on Economic Management and Model Engineering**, p. 317–320, 2019. Disponível em: <https://scihub.se/10.1109/icemme49371.2019.00069>. Acesso em: 22 ago. 2021.

APÊNDICE

APÊNDICE A – CÓDIGO DO GRÁFICO DA FIGURA 24

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Spyder Editor
This is a temporary script file.
"""

import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import matplotlib.ticker as ticker

def milhares(x, pos):
    return '{:1.0f}k'.format(x*1e-3)

ng= 3
h = 8760
n = 100

mb0=0.497
mb1=0.805
mb2= 0.859

p = np.linspace(20,50,31*n)
c0 = np.zeros(31*n)
c1 = np.zeros(31*n)
c2 = np.zeros(31*n)

for j in range (0,31*n):
    c0[j] = p[j]*ng*h*mb0
    c1[j] = p[j]*ng*h*mb1
    c2[j] = p[j]*ng*h*mb2
```

```
fig, ax = plt.subplots()
# Atribuindo uma legenda
plt.plot(p, c0, label = 'Mb = 49,7% (IOA op)')
plt.plot(p, c1, label = 'Mb = 80,5% (IOA nom)')
plt.plot(p, c2, label = 'Mb = 85,9% (THPDII op)')

plt.plot(37.1, 784865.3, 'r.')
plt.plot(28.36, 600000, 'k.')

ax.yaxis.set_major_formatter(milhares)

major_ticks = np.arange(20, 51, 5)
minor_ticks = np.arange(20, 51, 2.5)

ax.set_xticks(major_ticks)
ax.set_xticks(minor_ticks, minor=True)

# Atribuindo um título ao gráfico
plt.title('Porto Itapoá')
plt.xlabel('Produção por guindaste [MPH]')
plt.ylabel('Produtividade [TEUs]')

plt.legend()

ax.grid(which='both')
ax.grid(which='minor', alpha=0.2)
ax.grid(which='major', alpha=0.5)

# Exibindo o gráfico gerado
plt.show()
```

APÊNDICE B – CÓDIGO DO GRÁFICO DA FIGURA 25

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Tue Aug 2 14:55:40 2022
@author: rayana
"""

import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import matplotlib.ticker as ticker

def milhares(x, pos):
    return '{:1.0f}k'.format(x*1e-3)

ng= 28.36
h = 8760
n = 100

mb0=0.497
mb1=0.805
mb2= 0.859

p = np.linspace(2,7,6*n)
c0 = np.zeros(6*n)
c1 = np.zeros(6*n)
c2 = np.zeros(6*n)

for j in range (0,6*n):
    c0[j] = p[j]*ng*h*mb0
    c1[j] = p[j]*ng*h*mb1
    c2[j] = p[j]*ng*h*mb2
```

```
fig, ax = plt.subplots()
# Atribuindo uma legenda
plt.plot(p, c0, label = 'Mb = 49,7% (IOA op)')
plt.plot(p, c1, label = 'Mb = 80,5% (IOA nom)')
plt.plot(p, c2, label = 'Mb = 85,9% (THPDII op)')

ax.yaxis.set_major_formatter(milhares)

major_ticks = np.arange(2, 8, 1)
minor_ticks = np.arange(2, 8, 1)

ax.set_xticks(major_ticks)
ax.set_xticks(minor_ticks, minor=True)

# Atribuindo um título ao gráfico
plt.title('Porto Itapoá')
plt.xlabel('Número de guindastes por berço')
plt.ylabel('Produtividade [TEUs]')

plt.legend()

ax.grid(which='both')
ax.grid(which='minor', alpha=10)
ax.grid(which='major', alpha=15)

# Exibindo o gráfico gerado
plt.show()
```