

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE  
CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA**

**MAYCKON MOURA**

**O COMPLEXO PORTUÁRIO DE ITAJAÍ: UMA SIMULAÇÃO PARA OPERAR UM  
NOVO TIPO DE CARGA**

Joinville

2016

**MAYCKON MOURA**

**O COMPLEXO PORTUÁRIO DE ITAJAÍ: UMA SIMULAÇÃO PARA OPERAR UM  
NOVO TIPO DE CARGA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Transportes e Logística no Curso de Engenharia de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Orientadora: Dr.<sup>a</sup> Elisete Santos da Silva Zagheni

Joinville

2016

O COMPLEXO PORTUÁRIO DE ITAJAÍ: UMA SIMULAÇÃO PARA OPERAR UM  
NOVO TIPO DE CARGA

MAYCKON MOURA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgada e aprovada para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Transporte e Logística na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville (SC), 02 de Dezembro de 2016.

Banca Examinadora:

---

Dr<sup>a</sup>. Elisete Santos da Silva Zagheni  
Presidente

---

Dr<sup>a</sup>. Janaina Renata Garcia

---

Dr<sup>a</sup>. Francielly Hedler Staudt

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por me possibilitarem estudar em outra cidade, por acreditarem em mim em momentos em que achei que não teria capacidade, e me ajudarem a superar todos os momentos difíceis encontrados. Ao meu irmão pelos ensinamentos dados, principalmente mostrando que é sempre possível alcançar objetivos distantes.

À minha orientadora Elisete que aceitou o desafio de me guiar nesse trabalho, sempre sendo muito atenciosa e prestativa com eventuais dúvidas, mesmo com tantas obrigações que o cargo que ela ocupa requer.

A minha namorada Maria Eugênia Reinke pelo companheirismo e carinho, me animando nos momentos mais exaustivos da vida acadêmica.

Ao Gabriel Campos Pires que além de um amigo dentro da sala, me concedeu informações para a realização do trabalho.

À todos que trabalharam e idealizaram a ideia de criação de uma Atlética para o nosso Campus.

Aos meus amigos da RAPEIZE que vivenciaram todos os momentos bons e ruins da vida acadêmica, infelizmente não será possível citar todos, alguns são, sem ordem de prioridade, Eduardo Festa grande irmão que me orientou nessa caminhada, e o Murilo Porto pelas horas de convívio em casa, na universidade ou na tomadas de decisões na AAACEM e o Lucas, vulgo Teko que sempre foi um grande companheiro na vida. Juan Carlos Matos e Hector Andrew pela alegria proporcionada nos piores momentos, além de conselhos relevantes que me fizeram engrandecer como pessoa. Fábio, Marcelo, Daniel Ique e William por todos os momentos vividos. Com certeza esse grupo foi a minha família na cidade, onde cada pessoa, não apenas as citadas, me influenciaram de forma positiva. Com certeza eles conseguiram tornar minha experiência acadêmica inesquecível.

## RESUMO

O objetivo desse trabalho é analisar a margem direita do complexo portuário de Itajaí – SC, desenvolvendo um estudo do cenário atual e futuro, a partir de uma simulação de operação para berço em reforma. O complexo portuário ainda não possui a infraestrutura necessária para operação de um novo tipo de carga, a carga granel. Assim, são necessários investimentos e para isso, a simulação de cenários pode prever problemas e evitar custos desnecessários. O trabalho foi desenvolvido sob a ótica de uma pesquisa exploratória e descritiva, com abordagem quantitativa a partir da utilização de dados e informações coletados para estimar matematicamente e criar parâmetros para aplicação do modelo a ser proposto no software ARENA. Os dados foram estimados a partir das operações de outros portos do Brasil para o mesmo tipo de carga. Como resultado foi possível verificar, nas condições analisadas e com base nos cenários propostos, que a operação com um novo tipo de carga torna-se viável no complexo portuário de Itajaí.

**Palavras-chave:** Portos. Simulação. Carga a granel.

## **ABSTRACT**

The goal of this work is to analyze the right bank of the Itajaí - SC complex, developing a study of the current and future scenario, based on a simulation of operation for cradle under reform. The port complex does not have the required infrastructure to operate a new type of cargo yet, the bulk cargo. Thus, investments are necessary and for this, the simulation of scenarios can predict problems and avoid unnecessary costs. The work was developed from the perspective of an exploratory and descriptive research, with a quantitative approach based on the use of data and information collected to mathematically estimate and create parameters for the application of the model to be proposed in ARENA software. The data were estimated from the operations of other ports in Brazil for the same type of cargo. As a result, it was possible to verify, under the conditions analyzed and based on the proposed scenarios, that the operation with a new type of cargo becomes viable in the port complex of Itajaí. Keywords: Ports. Simulation. Bulk upload.

**Palavras-chave:**Ports.Simulation.BulkCargo.

## Lista de Figuras

Figura 1: Número de Portos Públicos no Brasil.....	19
Figura 2: Número de TUP no Brasil .....	20
Figura 3: Distribuição da movimentação de cargas em dólares.....	21
Figura 4: Movimentações de Carga a granel no Brasil.....	22
Figura 5: Distribuição dos Tipos de Cargas Movimentadas no País .....	23
Figura 6: Shiploader de Carregamento de Navio .....	27
Figura 7: Correias Transportadoras .....	28
Figura 8: Grab acoplado em um guindaste MHC .....	28
Figura 9: Funcionamento Shipunloader .....	29
Figura 10: Descarregamento com auxílio de uma moega.....	29
Figura 11: Imagem aérea de um silo de armazenagem .....	30
Figura 12: Representação de um sistema de filas .....	32
Figura 13: Etapas da Pesquisa .....	36
Figura 14: Distribuição Industrial do Complexo .....	42
Figura 15: Localização dos Berços no Porto de Itajaí .....	43
Figura 16: Representação do Canal de Acesso do Complexo .....	44
Figura 17: Equipamentos para Operação .....	45
Figura 18: Gráfico da Movimentação de Cargas no Porto Público.....	47
Figura 19: Descarregamento de Coque .....	54
Figura 20: Movimentação de Carga em Imbituba.....	55
Figura 21: Taxa de Ocupação dos Berços .....	56
Figura 22: Descarga de Caminhões no Pátio.....	57
Figura 23: Auxílio do Grab para o carregamento .....	58
Figura 24: Fluxograma representando o modelo.....	65

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1 OBJETIVOS .....	13
<b>1.1.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>13</b>
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	13
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
2.1 PORTOS .....	15
<b>2.1.1 O Sistema Portuário Brasileiro .....</b>	<b>17</b>
2.2 OS TERMINAIS PORTUÁRIOS .....	25
<b>2.2.1 Terminal de Granel Sólido e Líquido: .....</b>	<b>26</b>
2.3 TEORIA DE FILAS E SIMULAÇÃO.....	30
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>35</b>
3.1 CLASSIFICAÇÃO PESQUISA .....	35
3.2 ETAPAS DE PESQUISA.....	36
<b>4. ESTUDO DE CASO: PORTO DE ITAJAÍ.....</b>	<b>39</b>
4.1 HISTÓRIA DO PORTO DE ITAJAÍ.....	39
4.2 O COMPLEXO PORTUÁRIO DE ITAJAÍ .....	41
4.3 OPERAÇÃO DO PORTO DE ITAJAÍ .....	45
<b>5. PORTOS QUE OPERAM GRANEL SÓLIDO .....</b>	<b>50</b>
5.1 PORTO DE MANAUS .....	51
5.2 PORTO DE CABEDELO .....	52
5.3 PORTO DE IMBITUBA.....	54
5.4 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E DADOS OPERACIONAIS DOS PORTOS DE MANAUS, CABEDELO e IMBITUBA.....	59
<b>6. ESTUDO POR SIMULAÇÃO DA OPERAÇÃO DE GRANÉIS SÓLIDOS NO</b>	

<b>PORTO DE ITAJAI .....</b>	<b>61</b>
6.1 O PROCESSO DE ATRACAÇÃO .....	61
6.2 O PROCESSO DE OPERAÇÃO .....	62
6.3 O PROCESSO DE SAÍDA DE EMBARCAÇÃO .....	64
6.3 CENÁRIOS.....	65
6.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	67
<b>6.4.1 Resultados do Cenário 1 .....</b>	<b>67</b>
<b>6.4.2 Resultados do Cenário 2 .....</b>	<b>68</b>
<b>6.4.3 Resultados do Cenário 3 .....</b>	<b>69</b>
<b>6.4.4 Resultados do Cenário 4 .....</b>	<b>69</b>
6.5 COMPARAÇÃO DE RESULTADOS .....	70
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>75</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>88</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os portos têm atribuição importante no desenvolvimento do comércio nacional e internacional dos países, hoje reforçado pela globalização, fundamental para o desenvolvimento sustentado da economia das regiões onde se inserem (GAUR, 2005).

Por um lado, desempenham papel de integrar o desenvolvimento regional e nacional, atraindo investimentos e negócios para área de influência, por outro, cumpre papel de ligação direta com outras economias mundiais a baixos custos, permitindo exportação e importação de bens.

Os terminais portuários são entidades dinâmicas que desempenham função na gestão das cadeias logísticas, não só como pontos de interconexão entre modos de transporte, mas também como elos da cadeia de fornecimento de serviços logísticos (CALDEIRINHA, 2010). Deste modo, é exigido não só a função de assegurar o movimento do navio e da carga, mas também que esse movimento seja realizado com eficiência e rapidez, de forma segura, com valor acrescentado e de acordo com as especificações da cadeia de transporte.

Na época atual, os portos são mais do que simples infraestrutura, passaram a ser elementos complexos da cadeia logística, municiados de meios humanos, organização, ligações a redes internacionais e sistemas de informação que influenciam seus resultados e o nível de competitividade, como a todos envolvidos na cadeia. (RODRIGUES, 2009).

Os portos permitem a globalização e facilitam trocas entre continentes de bens que estão em abundância em alguns locais, mas faltam em outros. Destacam-se os comerciantes de matérias primas que são os principais utilizadores do transporte marítimo de massa, sendo aquelas cargas transportadas em modos variados, como

em granéis líquidos e sólidos, ou já com alguma transformação em formato de carga geral fracionada ou mesmo dentro de contêineres (CALDEIRINHA, 2010).

O boletim portuário do primeiro trimestre de 2015 disponibilizado pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ, 2015) confirma que a movimentação portuária do país foi de 224,8 milhões de toneladas brutas, o que representou um crescimento de 2,5% em relação ao primeiro trimestre de 2014, totalizando um acréscimo de 5,5 milhões de toneladas movimentadas.

Sendo um dos modos de transportes mais importantes para a indústria e para a logística no Brasil, o transporte marítimo ainda não tem todo seu potencial devidamente utilizado. Sua importância está diretamente ligada a intermodalidade, à geração de novos empregos, ao aumento na movimentação de cargas no país e ao fortalecimento do setor de logística no mercado nacional (CECATTO, 2003).

É difícil explicar como um país cujo litoral, de 9.198 km, e que possui uma extensa rede hidroviária, ainda não desenvolva adequadamente o transporte marítimo. Certamente o investimento necessário para otimizar e modernizar este sistema é grande e a movimentação de cargas não tem a mesma velocidade do transporte aéreo ou ferroviário. Há no mínimo 16 portos com alta capacidade para atender as principais demandas do país, com destaque para os portos de Santos (SP), Itajaí (SC), Rio de Janeiro (RJ), Porto Alegre (RS), Paranaguá (PR) e Vitória (ES). Ainda, cinco grandes hidrovias para o transporte fluvial no interior do Brasil (CECATTO, 2003).

Os portos precisam de investimentos para sua expansão e modernização. O setor encontra muitas barreiras legais para sua expansão, devido às necessidades ambientais e de mão de obra, que querem manter privilégios completamente incompatíveis com a realidade do mercado atual (BARBOZA, 2014).

O sistema portuário brasileiro perde em produtividade pela falta de equipamentos necessários para movimentação de cargas. Esta defasagem está ligada ao passado recente de nossas exportações, pois o Brasil tinha como base de exportações os produtos primários, estes são transportados a granel e até 1995 o país não realizava operações de contêineres na cabotagem, processo incrementado apenas no final da década de 90 (OLIVEIRA, 2005).

Como os problemas dos portos brasileiros são vários, será destacada uma pesquisa realizada pelo Instituto Especialistas em Logística e Supply Chain - ILOS publicada em 2012, onde são abordados os principais problemas enfrentados nos portos do Brasil.

Destes problemas destacam-se dois: burocracia e infraestrutura do acesso terrestre, o quais acabam causando um efeito dominó. Por exemplo, com a demora para a liberação das cargas por causa da burocracia, os armazéns ficam saturados, dessa forma, sem possibilidades de operar novas cargas. Além disso, a morosidade das autoridades públicas é constantemente apontada como uma causa para esse atraso (ESPECIALISTA EM LOGÍSTICA E SUPPLY CHAIN - ILOS, 2012).

Com a saturação dos portos, o acesso à área portuária pelas rodovias é outro aspecto relevante e preocupante por parte dos usuários. O próprio ILOS (2012) mostra que este é um problema que está perdurando há alguns anos. Observa-se que a insuficiente disponibilidade de vias, próximas às cidades, dificulta o tráfego, gerando engarrafamentos. A deficiência e inexistência de vias exclusivas geram competição entre caminhão e ferrovia, quando as mesmas deveriam ser complementares, assim, também acaba por se tornar uma das principais reclamações.

A partir dos problemas abordados, é possível verificar a necessidade de estudos voltados para os complexos portuários nacionais. Neste trabalho, é realizada uma simulação por meio de um software, para analisar a operação de um novo tipo de carga para um berço específico no Complexo Portuário de Itajaí. O porto de Itajaí foi escolhido devido sua relevância para economia catarinense e por possuir o Berço 3 em reforma, tendo uma expectativa de começar a operar cargas à granel.

Justifica-se este trabalho sob a ótica de Castro (1977), o qual aponta três fatores que devem ser levados em conta na ocasião da escolha do tema, são eles: a originalidade, a importância e a viabilidade. A originalidade do trabalho foi identificada a partir do momento que se propôs analisar um tipo de carga específica para ser operada no complexo portuário de Itajaí, com resultados que impactarão, caso esta operação se viabilize, em vários setores locais, regionais e nacionais.

Quanto à importância, verificou-se que os portos são equipamentos imprescindíveis para o desenvolvimento da economia nacional, prova disso, é que mesmo o país inserido em uma grave crise econômica, esse setor receberá um incremento significativo. No ano de 2016 especificamente, os portos ajudarão o Brasil a tentar restaurar uma estabilidade econômica semelhante a anos anteriores.

No que se refere à viabilidade do estudo, tem-se identificação da necessidade de reforma de um dos berços do complexo portuário de Itajaí para operar com um novo tipo de carga. Os dados e informações necessários para o estudo estão disponíveis e de certa forma, acessíveis para o pesquisador. Deste modo, o complexo

portuário de Itajaí é considerado o maior do estado, logo, existe a demanda para novos estudos.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver cenários para operações de carga no berço em reforma na margem direita do Complexo Portuário de Itajaí.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Apresentar o panorama dos Portos Nacionais;
- b) Estudar a Margem Direita do Complexo Portuário de Itajaí
- c) Analisar por meio dos dados levantados no estudo os resultados obtidos na simulação referentes a operação do berço em reforma;
- d) Propor alternativas por meio de cenários para uma nova operação de carga no berço reformado.

## 1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em sete capítulos. O primeiro capítulo corresponde a introdução do trabalho, com apresentação do contexto, justificativa e objetivos do estudo. O segundo capítulo discorre sobre o referencial teórico que foi utilizado como base para discussões sobre o caso estudado. No terceiro capítulo, apresenta-se a metodologia do trabalho, com apresentação da classificação da pesquisa bem como suas etapas. No quarto capítulo está a apresentação do caso estudado com os principais dados e informações, seguido do quinto capítulo que aponta

referencias de portos no âmbito operacional, importantes para apresentação do capítulo seguintes. O sexto capítulo apresenta o estudo por simulação, a análise e os principais resultados obtidos, para posterior considerações.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse capítulo são mostrados fatos relevantes sobre os portos, desde seu início no Brasil, sua função no transporte marítimo, e portos relevantes para a economia mundial. Ainda, é realçada a relevância da movimentação portuária de carga a granel para o país, e por último são mostradas algumas abordagens de simulação.

### 2.1 PORTOS

Conforme Collyer (2010) pode-se definir porto como entreposto dinâmico de mercadorias, em que se realizam atividades (aduaneiras, alfandegárias, comerciais, sanitárias, tributárias e imigratórias). É a porta de entrada e saída de mercadorias e passageiros, servindo de abrigo e ancoradouro das embarcações, além de estar munido de instalações necessárias para o embarque e desembarque de cargas e passageiros.

Já para Handabaka (1994) os portos são antes de tudo, terminais de cargas, considerados como uma das instalações físicas das estações de transporte e desempenham as seguintes funções:

- Movimentação de cargas;
- Interligação entre modos de transporte e;
- Consolidação de cargas.

As cargas nos portos podem ser classificadas em três tipos: granel sólido, granel líquido e carga geral. Alumina, carvão, minério de ferro, soja, trigo e sal são exemplos de remessas classificadas como granel sólido. Os derivados do petróleo, gases liquefeitos e produtos químicos em geral são considerados granéis líquidos. Produtos diversos, sendo frutas, produtos agrícolas e carnes são considerados como carga geral. Estes ainda têm uma subclassificação, pode ser considerada solta ou containerizada.

Segundo Branch (2008) apud Falcão (2012), os portos têm como objetivos principais:

- a) Embarque e desembarque de cargas e de passageiros;
- b) Proporcionar serviços de ancoragem e reparo para navios;
- c) Fornecer abrigo para navios em dias de tempestade;
- d) Fundamental para o desenvolvimento industrial;
- e) Fazer parte da cadeia de transporte.

Pode-se acrescentar também, objetivos de segundo grau, como a armazenagem de mercadoria, despachos aduaneiros, reconhecimento de avarias, entre outros. Essas definições, funções e deveres dos portos são seguidas por todos os portos no mundo, eventualmente, nem todos estão organizados desta forma.

O comércio internacional tem assumido proporções significativas, merecendo destaque os volumes transportados pelo modal marítimo, uma vez que uma significativa porcentagem das operações de comércio internacional é realizada com o uso desta modalidade de transporte. Portanto, os portos desempenham um papel muito importante e atua como um elo entre os modais terrestre e marítimo (VIEIRA, 2006).

Os maiores portos do mundo estão localizados no continente asiático, destaca-se o porto de Xangai China, que foi considerado o porto com maior movimentação de carga do mundo em 2014, movimentando em tornos de 35,3 milhões de Twenty-foot Equivalent Units (TEUs), ou unidades equivalentes de 20 pés. Entre os maiores, e ainda localizados na China, estão os portos de Hong Kong, Shenzhen e Guangzhou. O porto de Cingapura também possui uma das maiores movimentações de carga do mundo. No continente europeu, para onde grande parte dos graneis sólidos exportados do Brasil são destinados, o porto de Roterdã é o maior, seguido do porto de Hamburgo, ambos movimentam cargas a granel (NEGÓCIOS,2015)

O porto holandês possui mais de 100 quilômetros quadrados, e possui em torno de 40 quilômetros de extensão. É um importante centro logístico na Europa pois recebe os maiores navios do mundo, que dali transferem suas mercadorias – seja a granel ou em contêineres – para navios menores, que abastecem outras partes do mundo, ou por rios, para a Europa, ou ainda por trilhos ou estrada, para o interior europeu (COELHO, 2011).

Na América do Norte, os portos de Houston e Los Angeles localizados no Estados Unidos (EUA) são destaques por sua movimentação de carga. Já no Canadá o Porto de Vancouver se destaca, pois, é o de maior em diversidade de cargas do

Canadá. Em 2012, o Porto Metro Vancouver, atendeu mais de 3000 navios, carregando 122,5 milhões de toneladas de carga, incluindo 84,5 milhões de toneladas de carga a granel, contabilizando 75% da movimentação de carga por ano, 16 milhões de toneladas de carga geral, 21,7 milhões de toneladas de carga containerizada em 2,5 milhões de TEUs e 298,1 milhões de automóveis. (BRUNO; MARINA).

### **2.1.1 O Sistema Portuário Brasileiro**

O Sistema Portuário Brasileiro, um dos mais tradicionais segmentos da economia nacional, tem origem nos primórdios da colonização do país, dado que o transporte aquaviário era utilizado para comercializar mercadorias entre a colônia e Portugal (BRASIL, 2014).

Os diversos portos, no litoral brasileiro, surgiram a partir da ocupação e povoamento do território. No período colonial, os portos foram criados como consequência do movimento de mercadorias e em alguns casos como transporte de pessoas. Em 1822, com a Independência do Brasil, os portos passaram a ser de responsabilidade da Intendência dos Arsenais da Marinha, dentro do Ministério da Marinha. Em 1845, foi criada a Capitania dos Portos, que se tornou responsável pelo policiamento e melhoramento dos portos até 1873, quando a responsabilidade passou para o Ministério da Agricultura, Comércio e Obras Públicas (GOULARTI FILHO, 2007).

O período de 1910 a 1975 foi caracterizado pelo início da nacionalização do sistema portuário com a centralização das tomadas de decisões. Nesse período ocorreu a criação de órgãos de inspeção e regulamentação dos portos, entre eles, Departamento Nacional de Portos e Navegação em 1934, o Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis em 1963. Em 1975 foi criada a Empresa de Portos do Brasil (PORTOBRAS), empresa que administrava os portos do governo federal e auxiliava na execução da política portuária (SECRETARIA DOS PORTOS, 2015).

Esse processo permitia ao governo o máximo de controle sobre o sistema portuário, assim o estado tinha maior poder de investir e subsidiar, gerando benefícios a outros setores da economia. Em contrapartida, a eficiência e a produtividade dos portos públicos são muito baixas em relação a portos privados. Até os anos 90 foi marcante a presença do estado nos setores associados a exploração de grandes in-

fraestruturas, com diversas empresas publicas criadas para a sua administração. Porém, com a redução gradual de investimentos públicos a infraestrutura foi se deteriorando e se tornando antiquada. Nesse mesmo período, diante da incapacidade de melhorar a infraestrutura, em 1991 a PORTOBRAS foi extinta e as suas funções foram assumidas pela Companhia Docas Estadual, Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH) e pela Companhia Brasileira de Dragagem (CBD) (GOLDEBERG, 2009).

Após essa extinção, iniciou o processo de inserção da iniciativa privada, a quem o poder público recorreu diante da necessidade de restauração e de ampliação de obras e melhora da gestão e operação dos portos. Com isso ocorreram mudanças relevantes no setor portuário, desde a parte jurídica, até mesmo estimulando a concorrência para redução de custos portuários (SECRETARIA DOS PORTOS, 2015).

Em 2001, a Lei nº 10.233 do Ministério dos Transportes, cria a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), autarquia responsável pela regulação, supervisão e fiscalização das atividades de prestação de serviços de transportes aquaviários e de exploração da infraestrutura portuária e aquaviária, com a criação da ANTAQ o sistema portuário brasileiro ficou melhor organizado (BRASIL, 2014).

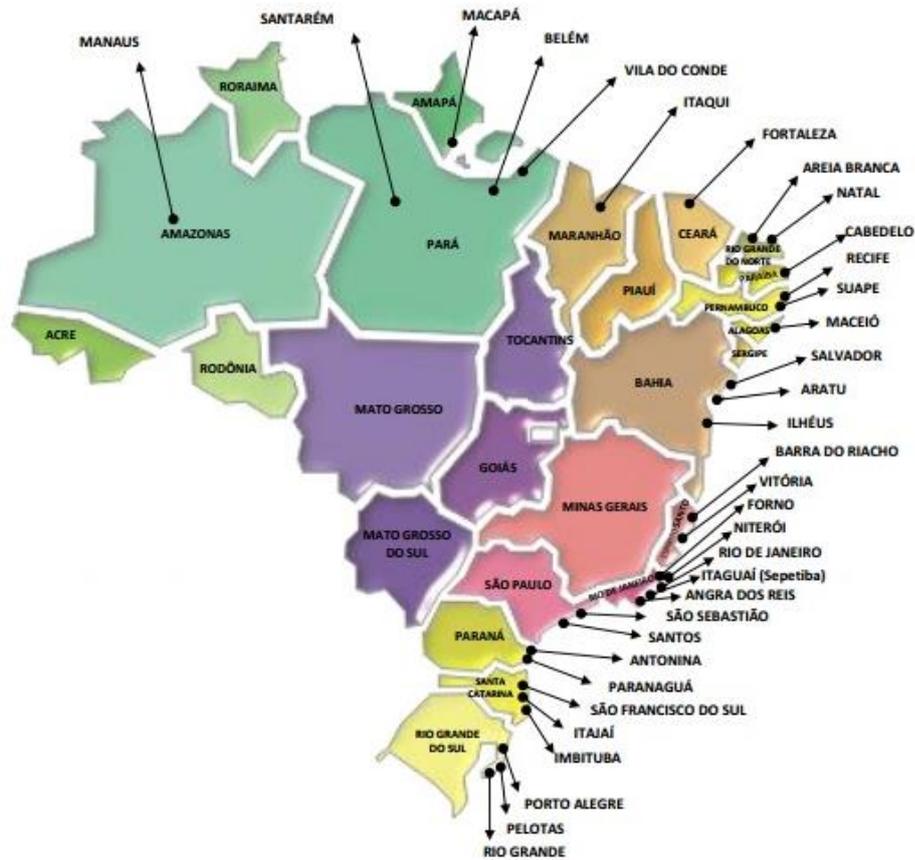
No ano de 2013 foi iniciado mais um processo de modernização dos portos, com a Lei 12.815/2013 conhecida como “A Lei dos Portos” a qual:

pretende modernizar os portos brasileiros, estabelecendo novos critérios para a exploração e arrendamentos (por de contratos ou cessão de uso) para a iniciativa privada de terminais de movimentação de carga em portos públicos. Além disso, novas regras facilitam a instalação de novos terminais privados (Entenda a Lei dos Portos, 2013).

Dessa forma o governo federal espera que amplie os investimentos no setor e que a infraestrutura portuária nacional seja mais qualificada. Essa lei aborda duas estruturas importantes no sistema portuário nacional, o Porto Organizado Público e os Terminais e Uso Privado (TUP). O Porto Organizado Público é um bem público construído e aparelhado para atender a necessidades de navegação, de movimentação de passageiros ou de movimentação e armazenagem de mercadorias, e cujo tráfego e operações portuárias estejam sob jurisdição de autoridade portuária. Os TUPs são instalações portuárias exploradas mediante autorização e localizada fora da área do porto organizado (BRASIL, 2015).

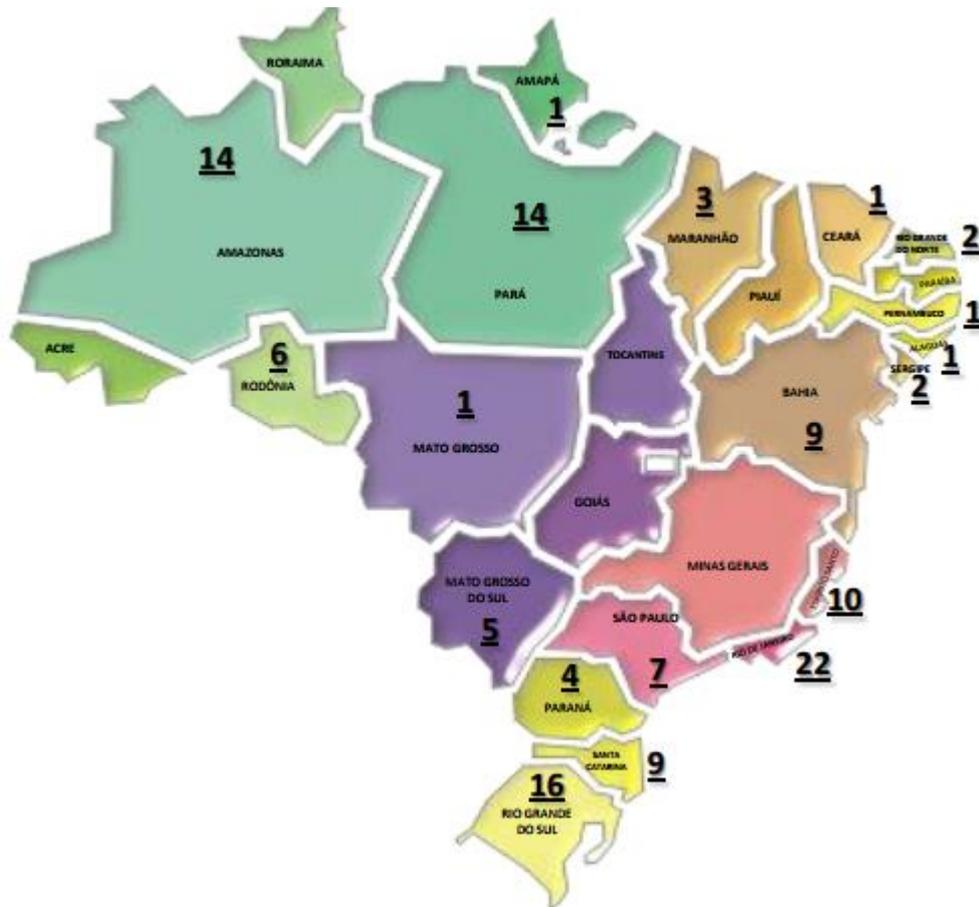
Na Audiência de Comissão de Serviços de Infraestruturas realizada em Brasília, em 2015, o diretor da ANTAQ Mário Povia afirmou que o Brasil possui 34 Portos Organizados Públicos e 128 Terminais de Uso Privado, como mostram as Figuras 1 e 2 respectivamente.

Figura 1: Número de Portos Públicos no Brasil



Fonte: Povia (2015, p.12)

Figura 2: Número de TUP no Brasil

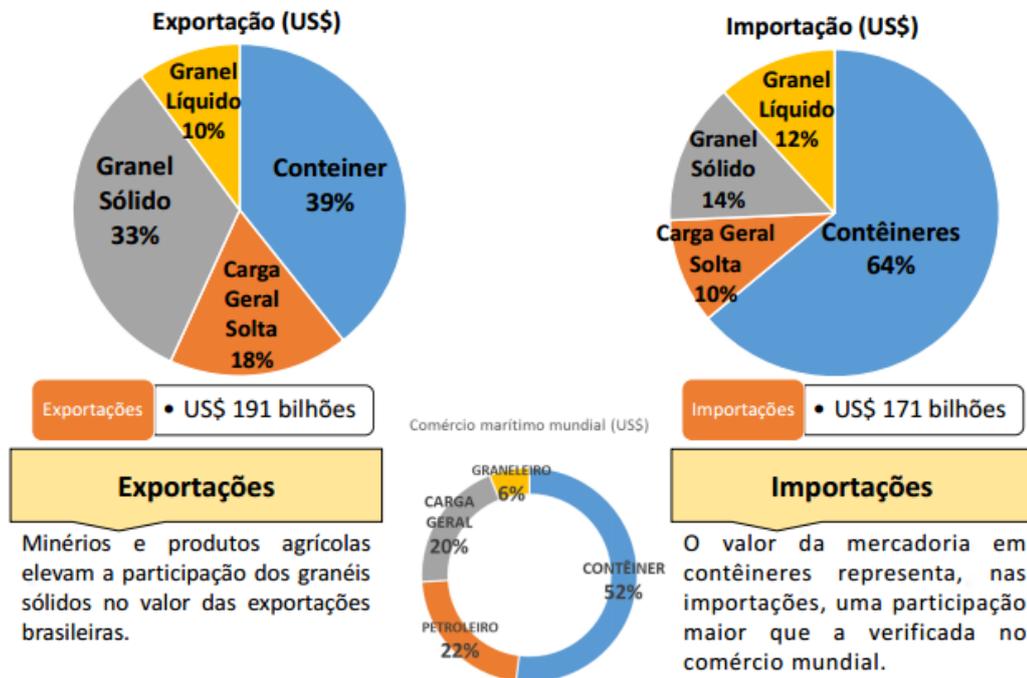


Fonte: POVIA (2015, p.19)

De acordo com as Figuras 1 e 2, é possível constatar que o Brasil possui no seu litoral uma quantidade considerável de portos. O país possui também uma quantidade de portos fluviais, porém, isso não representa qualidade nos serviços prestados, em alguns casos, o porto possui equipamentos antigos ou ausência de estruturas necessárias para sua operação.

No Brasil, o porto de maior destaque está localizado na cidade de Santos (SP), e a carga de contêineres no país corresponde ao tipo de carga com o maior movimentação e valor nas operações de importações e exportações, conforme o anuário da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTAQ) publicado em 2016, como mostra a Figura 3.

Figura 3: Distribuição da movimentação de cargas em dólares



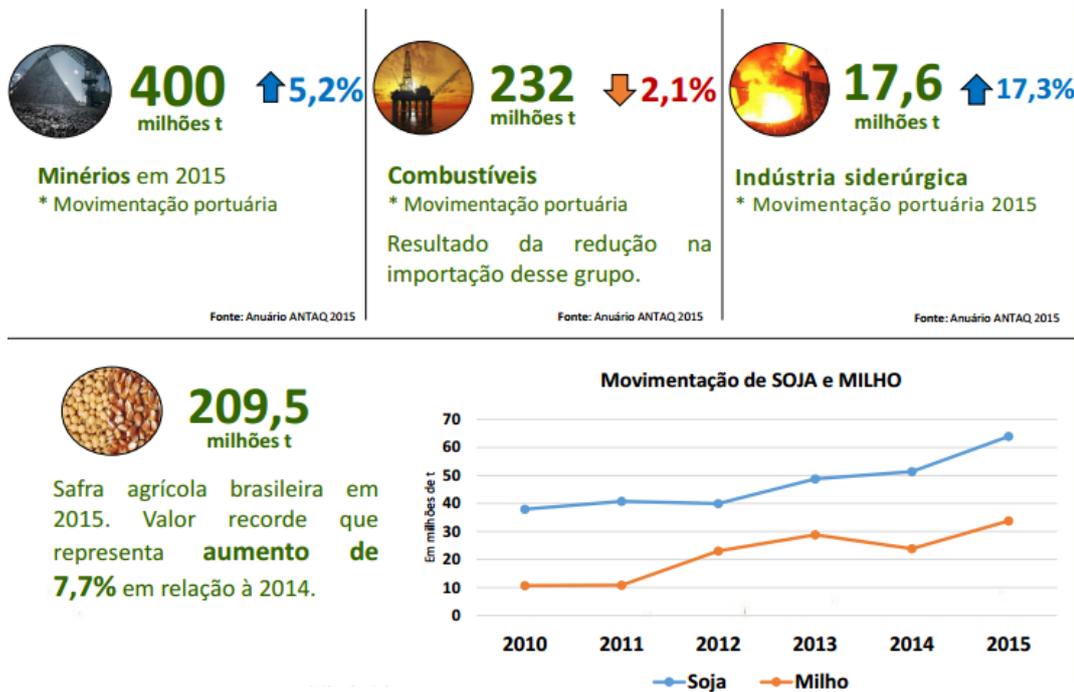
Fonte: ANTAQ (2015, p. 12).

Conforme os gráficos mostrados na Figura 3 a carga containerizada possui uma influência maior nas importações, sendo 64% de participação na matriz de cargas importadas, em âmbito nacional. Para as exportações, a movimentação de contêiner possui a maior fatia, com 39%, porém, muito próximo disto, está a exportação de granel sólido, com 33%. Quando consideradas todas as cargas granel, ou seja, sólido e líquido, estas atingem 43% do valor total das exportações, ultrapassando assim as cargas containerizadas.

A ANTAQ (2001) define carga granel ou também denominada de graneis, como aquela que não é acondicionada em qualquer tipo de embalagem. Pode ser líquida ou seca, embarcada e transportada sem acondicionamento, sem marca de identificação e sem contagem de unidades, tais como petróleo e trigo. Os graneis são cargas que necessitam ser individualizadas, subdividindo-se em graneis sólidos e graneis líquidos. São graneis sólidos, por exemplo: o minério de ferro, manganês, bauxita, carvão, sal, trigo, soja e fertilizantes. São graneis líquidos: o petróleo e seus subprodutos, óleos vegetais e outros (ANTAQ,2009).

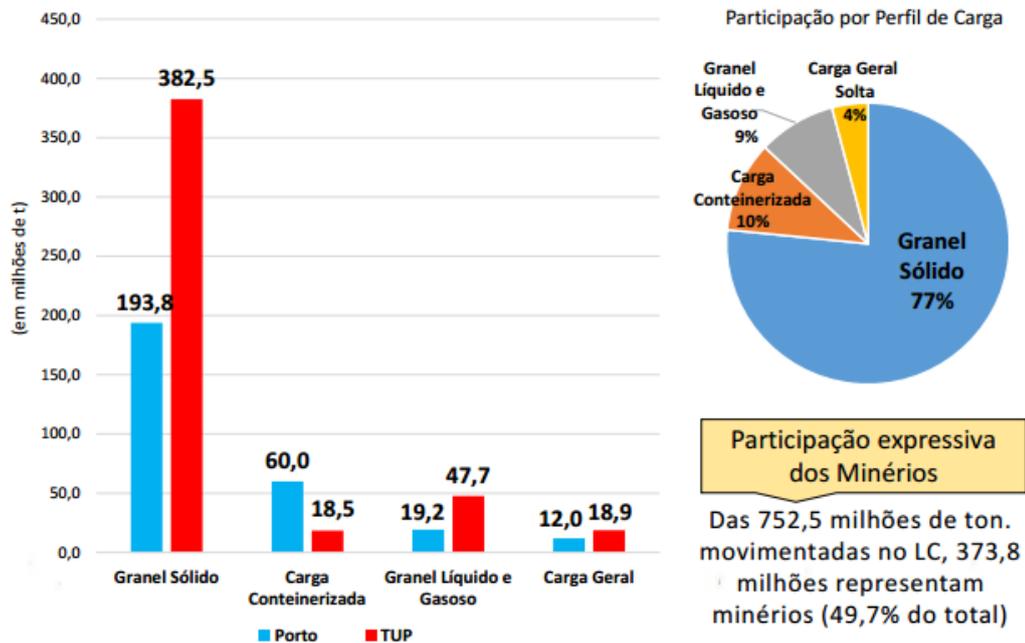
Conforme o anuário de 2015 da ANTAQ, publicado em fevereiro de 2016, a balança comercial fechou com um superávit de R\$19,7 bilhões de reais, e a movimentação de carga à granel tem uma grande relevância nesse saldo positivo. Na Figura 4, destaca-se o aumento da movimentação portuária em minérios e o aumento em 7,7% nas movimentações em relação a grãos (ANTAQ, 2015).

Figura 4: Movimentações de Carga a granel no Brasil



A figura 4 mostra também o crescimento da movimentação de soja e milho a partir do ano de 2010, consolidando-se como importantes carregamentos esses dois tipos de commodities na balança comercial. Além disso, quanto maior a quantidade de soja exportada, maior a quantidade de empregos que será gerado no país. Na Figura 5, quando a base do cálculo são toneladas movimentadas, é mostrado o grande volume das cargas de granéis.

Figura 5: Distribuição dos Tipos de Cargas Movimentadas no País



Fonte: ANTAQ (2015, p.11).

Ainda na figura 5, é possível notar que a maioria da carga exportada se dá em terminais de uso privado (TUP), devido, principalmente, à lei dos portos que proporcionou a entrada de empresas privadas nesse ramo. Por exemplo, algumas empresas que trabalham com soja como matéria prima, arrendaram o terminal para sua própria movimentação, como por exemplo, a Cargil, que opera um Terminal no Porto de Santarém, localizado no estado do Pará.

Na mesma imagem, em navegações de longo curso com base em toneladas, tem-se um volume de 77% do total para cargas a granel sólido, sendo quase 50% de minério. Grande parte dessa movimentação se dá nos chamados TUPs.

Os portos que movimentam minério, em muitos casos, possuem destaque devido a proximidade de áreas de extração de minério. Devido a isto, estes portos recebem investimentos da VALE S.A, e são eles:

- Porto do Tubarão;
- Terminal de Ilha Guaíba;
- Terminal de Ponta da Madeira;
- Terminal de Ponta UBU;
- Porto de Itaguaí;
- Porto do Sudeste.

Da mesma forma, os portos com maior movimentação de grãos, estão localizados no litoral das regiões Sul e Sudeste, devido ao estado do Mato Grosso ser o maior produtor de Soja do país, seguido do estado do Paraná (EMBRAPA, 2014). São eles:

- Porto do Tubarão;
- Porto de Paranaguá;
- Porto de Santos;
- Porto de Rio Grande;
- Porto de Itaqui.

O Porto de Paranaguá é hoje o maior porto graneleiro da América Latina e é administrado pelo Governo do Paraná. De acordo com Silva (2013) as exportações paranaenses, através do Porto de Paranaguá têm, como principal destino a comunidade europeia (40,70%), seguida pelos Estados Unidos, inclusive Porto Rico (25,50%) e pelo Mercosul (14,89%).

De acordo com a Gazeta do Povo o porto apresenta uma capacidade de 45 Milhões de Toneladas. Em entrevista a Agência de Notícias do Paraná, o superintendente da Associação dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA) afirma que, há mais de 20 anos, o Porto de Paranaguá utiliza a mesma infraestrutura para a venda de grãos, como milho e soja. Apesar disso, a movimentação de cargas cresceu quase 300% nos últimos 20 anos, passou de 12 milhões de toneladas em 1990 para 44,5 milhões de toneladas em 2012". (GAZETA DO POVO, 2013)

A expansão do porto de Paranaguá está sendo realizada e tem previsão de fim no ano de 2030.

A previsão é que, após a conclusão da obra, o porto poderá superar a marca de 83 milhões de toneladas movimentadas anualmente em 2030. A nova estrutura contará com oito carregadores de navios (Shiploaders), sendo seis deles com capacidade nominal de 2.000 toneladas por hora, e dois com capacidade nominal de 3.000 toneladas por hora. Haverá ainda oito conjuntos de correias transportadoras para alimentar os respectivos carregadores, sendo seis de 2.000 toneladas/horas e dois de 3.000 toneladas/hora (cada).  
FONTE: (GAZETA DO POVO, 2013)

Esse investimento indica a necessidade de melhorias na infraestrutura dos portos e para manter a competitividade no cenário mundial. Uma importante vantagem do porto de Paranaguá é que, quando finalizada a obra, navios de grande porte, ou seja, que embarcam 110 mil toneladas, poderão atracar em um dos berços, abrangendo um número maior de embarcações a serem operadas.

Em Santa Catarina o Porto de Imbituba movimenta este tipo de carga, tendo o berço 3 com instalações especiais para graneis sólidos, porém o Porto de São Francisco se destaca no estado, sendo que em outubro de 2013 superou a movimentação do ano anterior (SECRETARIA DOS PORTOS, 2014).

Esse aumento da movimentação do Porto de São Francisco, mostra uma demanda para os portos catarinenses começarem a movimentar granel sólido. Desta forma, o Porto de Itajaí com a reforma do berço 3 pretende oferecer esse serviço. De acordo com o atual superintendente do porto, Antônio Ayres dos Santos Júnior, afirma que a opção para a movimentação é normal, pois é necessário oferecer uma gama maior de serviços aos clientes. Portanto, oferecer um serviço de qualidade e aumentar o número de operações, irá influenciar beneficemente a economia da cidade de Itajaí. (REVISTA PORTUÁRIA, 2016).

## 2.2 OS TERMINAIS PORTUÁRIOS

Um terminal é importante pois independente da rota ou meio de transporte da carga, seja por rodovia, ferrovia ou via navegável, ele ocupa a posição central. Ou seja, todas as rotas de transporte convergem para ele e o mesmo controla, em termos amplos, a velocidade e a eficiência do transporte intermodal internacional. A variedade de cargas indica a importância das atividades que se realizam no terminal (BOTTER, 1992).

Segundo Ligteringen & Velsink (2012) é possível classificar os terminais portuários, segundo a carga movimentada, em quatro principais tipos:

- Contêiner: associado a movimentação de produtos armazenados dentro de contêineres;
- Granel sólido: produtos à granel como soja, fertilizantes, carvão e minério de ferro, entre outros;
- Granel líquido: petróleo e seus derivadas, gás na forma liquefeita, por exemplo, são produtos movimentados neste tipo de terminal;
- Carga geral e terminais multi-propósito: pode movimentar produtos dentro e fora de contêineres, por exemplo, carros. Ou ainda, conjugar atividades referentes a dois mais tipos de produtos diferentes (granel sólido ou líquido).

### 2.2.1 Terminal de Granel Sólido e Líquido:

Estes terminais movimentam exclusivamente graneis sólidos ou líquidos ocasionando ganho maior de eficiência. Geralmente as cargas movimentadas pelos terminais de graneis sólidos estão os minérios (ferro, carvão, bauxita, fosfatos, sal), grãos (trigo, milho, aveia, cevada, centeio) e outras cargas (soja, açúcar). Já os terminais de granel líquido movimentam petróleo, seus derivados, produtos químicos e outras cargas (HANDABAKA, 1994).

A maioria dos navios graneleiros é de grande porte, transportam um único tipo de produto por viagem, beneficiando-se das economias de escala. Operam, normalmente, em terminais portuários especializados e equipados para o manuseio da carga que estão transportando. Os granéis, geralmente, são carregados utilizando-se de correias transportadoras e de carregadores mecânicos (shiploaders), dotados de tubos telescópicos. Uma outra alternativa, para terminais menores são utilizadas garras (grabs) acopladas a um guindaste.

Quando utilizado esse equipamento, o carregamento ocorre a partir de uma determinada área no cais onde está a carga e, o descarregamento ocorre de maneira direta nos caminhões, em alguns casos, com auxílio de moegas - instalação portuária especialmente aparelhada para a movimentação de determinados graneis sólidos. A moega tem um formato próprio para receber e destinar graneis sólidos a correias transportadoras, vagões ou caminhões (WOOD, 1998).

As principais diferenças entre os terminais de granéis para os de contêineres ou cargas gerais soltas, do ponto de vista da operação, estão no transporte e na estocagem. Por exemplo, em terminais graneleiros não há o problema de alocação de contêineres. Desta forma, o tempo de atracação de uma embarcação está vinculada, principalmente, à capacidade de vazão dos carregadores/descarregadores (Shiplader) de navios (BARROS, 2010).

Em terminais especializados em granel, geralmente é necessário empregar equipamentos de alta capacidade de transferência para acelerar a operação e movimentação de carga, assim aumentando a rotatividade dos navios. Devido à complexidade de transferência dos graneis dos pátios para os navios, é necessário que a estocagem esteja localizada próxima ao berço (JULIÁ, 2010). Para terminais de grande

movimentação, um dos equipamentos mais importantes é o shiploader que é o responsável por carregar os navios. Alfreddini (2005) o descreve como o equipamento que carrega o navio de forma constante, através de um sistema de correias. Basicamente existem três tipos de shiploader: fixo, móvel e o móvel giratório. As taxas de carregamento podem variar entre 500 a 16000 toneladas por hora. Na outra forma de operação, neste caso, com grabs, verifica-se que sua taxa de carregamento varia conforme o tamanho das garras, e com os parâmetros do guindaste onde o grab está acoplado.

A Figura 6 apresenta a carga sendo descarregada em um navio graneleiro, a Figura 7 exhibe as correias transportadoras que alimentam o shiploader para o carregamento do navio e, a Figura 8, apresenta um grab acoplado em um guindaste com capacidade de 5 a 200 toneladas.

O processo de descarregamento tem o equipamento chamado shipunloader. Esse descarregamento ocorre com a liberação dos grãos em uma correia transportadora, que é direcionada a um armazém ou a um silo (DIAS). Também é possível o descarregamento do navio diretamente para o carregamento do caminhão, assim, a Figura 9 mostra o funcionamento de descarregador pneumático. Esse tipo de shipunloader é utilizado em portos que necessitam de mobilidade e possui baixo investimento. Ainda, a Figura 10, apresenta o descarregamento de um grab para o caminhão com o auxílio de moega.

Figura 6: Shiploader de Carregamento de Navio



Fonte: (APPA, 2011)

Figura 7: Correias Transportadoras



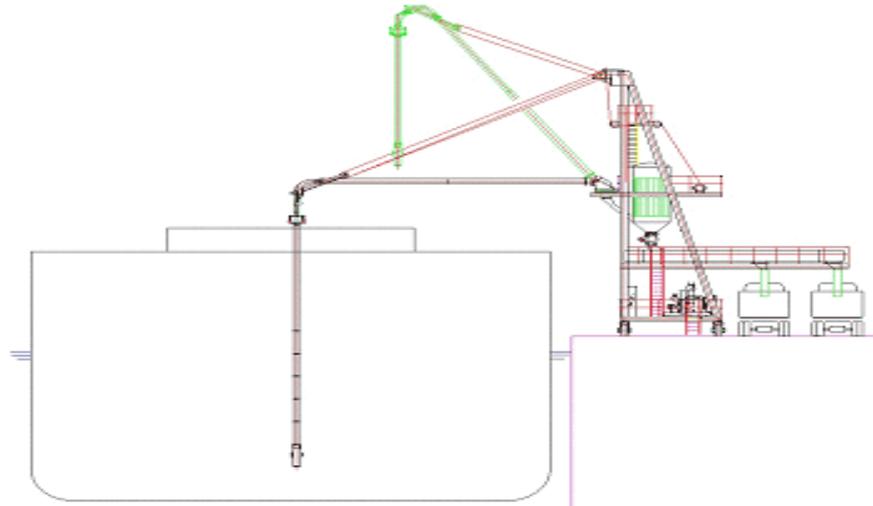
Fonte: (APPA, 2011)

Figura 8: Grab acoplado em um guindaste MHC



Fonte: (TEREX, 2014)

Figura 9: Funcionamento Shipunloader



Fonte: Condor (2011)

Figura 10: Descarregamento com auxílio de uma moega



Fonte: Oliveira (2014)

Alguns terminais possuem estruturas para estocagem de grãos, estes podem ser guardados em armazéns de grãos, ou em silos. A função do silo armazenador é permitir que o produto seja estocado, sem sofrer deterioração, a fim de que a empresa possa comercializá-lo ao longo do ano. Nos silos há a chamada rosca varredora, que facilita a retirada dos produtos do seu interior. Há também um túnel com uma

correia para o transporte do grão até o elevador e um sistema de aeração para que o ar inserido dentro do silo seja espalhado uniformemente (BELAGRÍCOLA, 2010).

Figura 11: Imagem aérea de um silo de armazenagem



Fonte: Stolsza (2016)

As embarcações que utilizam estes tipos de terminal são de grande porte, pois como o valor das mercadorias movimentadas é baixo, exigindo grandes volumes para compensar o custo de transporte. Assim se faz necessário que os terminais possuam um cais com grandes profundidades e equipamentos especializados para movimentação dos graneis, como grabs, correias transportadoras, absorvedores pneumáticos, dutos, bombas de sucção e transportadores verticais. (ARRUDA, 2008).

A operação em terminais de graneis líquidos geralmente ocorre de maneira muito similar a operação de graneis sólidos, a carga chega ao terminal e são armazenadas em tanques (silos), sendo um silo para cada tipo de líquido, após a chegada da embarcação, os líquidos são direcionados ao navio, essa operação ocorre toda por meio de dutos que movimentam os líquidos. (MATTOZO, 2006).

### 2.3 TEORIA DE FILAS E SIMULAÇÃO

A abordagem de filas teve início no ano de 1908 em Copenhague, Dinamarca, através de A. Kendall Erlang, considerado o inventor da chamada teoria das filas, ele utilizou esse método quando trabalhava em uma companhia telefônica estudando o

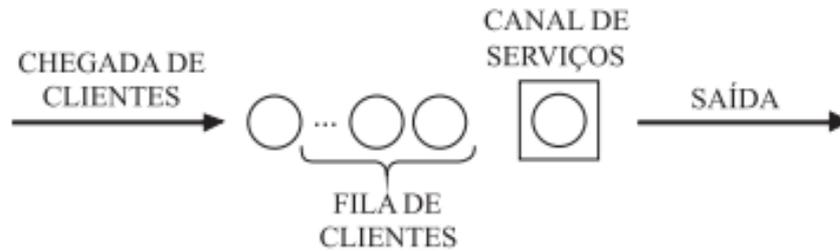
problema de redimensionamento de centrais telefônicas. Porém, foi somente a partir da segunda guerra mundial que a teoria foi aplicada a outro problema de filas (PRADO, 1999).

A partir da década de 1960 a teoria de filas começou a ser utilizada em planejamento portuário, para previsão de ocupação de berços de acordo com o tipo de carga ou frotas. Em outros modos de transportes, o sistema de filas também é utilizado, por exemplo, no modo ferroviário em que a modelagem é aplicada na minimização da movimentação de veículos vazios, na análise da quantidade e alocação de desvios em casos de linhas singelas, entre outras. É também usado no modo rodoviário, para verificar o fluxo de veículos, com isso, analisa o local para instalação de um pedágio, ou o dimensionamento de tempos em um semáforo, por exemplo. (CERQUEIRA, 1997).

Um modelo de filas possui elementos específicos, existe uma população onde dela surgem clientes a espera de algum tipo de serviço, assim, originando uma fila. O nome cliente é uma forma genérica de representar a entidade que chega para ser atendida, por exemplo, um veículo, navio ou uma peça. Da mesma forma, o atendimento é chamado de canal de serviço, e pode representar um berço, uma cabine de pedágio ou uma máquina de reparação de uma peça. Sempre que o tempo de atendimento for menor que o tempo de intervalo entre as chegadas de clientes, haverá ocorrência ou aumento da fila. (PARREIRA, 2010).

Segundo Taha (2008), os principais elementos de uma fila são o cliente e o canal de atendimento e os clientes são gerados por uma fonte. O cliente ao chegar a uma instalação de serviço imediatamente é atendido, ou espera em uma fila, se uma mesma estiver ocupada. Quando uma instalação conclui um serviço, automaticamente atende outro cliente que está à espera na fila, se houver algum. Se a fila estiver vazia, a instalação ficará ociosa até chegar um novo cliente. A Figura 11 mostra como funciona o atendimento em uma fila.

Figura 12: Representação de um sistema de filas



Fonte: Andrade (2002, p. 106).

A Figura 11 representa um sistema de filas com apenas um canal de atendimento. Prado (2004) caracteriza um sistema de filas por: clientes e tamanho da população, processo de chegada, processo de atendimento, número de servidores, disciplina da fila, tamanho médio da fila, tamanho máximo da fila, tempo médio de espera na fila.

Do ponto de vista da análise de filas, a chegada de clientes é representada pelo intervalo de tempo entre sucessivos clientes e o serviço é descrito pelo tempo de serviço (ou de atendimento) por cliente. De modo geral, os intervalos de tempo entre chegadas e os tempos de serviço podem ser probabilísticos, como no funcionamento de uma agência de correio, ou determinísticos, como na chegada de candidatos a entrevistas de emprego. O processo de atendimento é o tempo decorrido entre o início do atendimento até o término. O número de servidores é atribuído de acordo com a quantidade de canais de atendimentos (HILLIER; LIEBERMAN, 2006).

O tamanho da fila desempenha um papel importante na análise de filas e pode ser finito, como na área de segurança entre duas máquinas sucessivas, ou pode ser infinito, como em serviços de mala direta (TAHA, 2007).

De acordo com Bazzo (2002), na engenharia a simulação é uma técnica utilizada para estudar o comportamento e reações de um determinado sistema por meio de modelos, que imitam na totalidade ou de alguma forma as propriedades e comportamentos deste sistema em uma escala menor, permitindo assim sua manipulação e estudo detalhado. Ainda, de acordo com o autor, a simulação é uma excelente ferramenta para resolver problemas da área de transportes.

Os modelos são representações da estrutura de sistemas da vida real e a simulação seria um modelo estocástico, que representa sistemas reais através de símbolos, equações matemáticas e programas de computadores. Os modelos estocásticos são aqueles que contêm elementos de probabilidade (PERROS, 2003).

Na década de 1980 teve início a simulação visual, que teve grande aceitação, devido a fácil comunicação entre simulador e o operador e um nível menor de complexidade. Algumas linguagens são mundialmente conhecidas como: Arena, ProModel, Automod, Taylor, Gpss, Gasp. (PARREIRA, 2010).

As principais justificativas para o uso da simulação estão ligadas, principalmente, à inviabilidade da interferência com o sistema real e a inexistência do sistema que se pretende estudar. Na prática, a simulação é iniciada com a modelagem do problema e, em seguida, são feitas modificações nos dados e parâmetros desse modelo para observar o comportamento de alguma característica de interesse no estudo (TAHA, 2008).

De maneira geral, o uso da simulação é recomendado principalmente em dois casos: quando a solução de problemas tem um valor muito alto ou mesmo impossível através de experimentos, ou quando os problemas são muito complexos para tratamento analítico (MELLO, 2007).

Segundo Alattar (2006) a utilização da simulação possui algumas vantagens e desvantagens. Dentre as vantagens, destacam-se:

- 1) O problema complexo pode ser dividido em pequenas partes e apesar de tratados separadamente podem atingir o ótimo global;
- 2) Qualquer parâmetro pode ser alterado e os resultados podem ser obtidos em minutos;
- 3) O sistema modelado pode existir ou não;
- 4) O tempo pode ser reduzidos na simulação para que anos ou meses passem em segundos.

Dentre as desvantagens de acordo com o mesmo autor, é importante citar que cada execução de um modelo de simulação estocástica produz apenas estimativas de características verdadeiras de um modelo para um determinado conjunto de parâmetros de entrada, logo, serão necessárias repetições independentes do modelo, para cada conjunto de parâmetros de entrada a ser estudado. As simulações podem ser caras e demoradas, e se o modelo da simulação não for equivalente ao sistema de estudo, as informações indicadas não serão aplicáveis na situação real (SOUZA; DANDOLINI, 2009).

Devido à dificuldade de modelos que representem as características operacionais dos portos, a simulação vem sendo, cada vez mais, utilizada em avaliações de sistemas portuários. (CERQUEIRA, 1997).

Os terminais portuários envolvem alto grau de complexidade quando se refere aos seus processos operacionais. Murty (2005) desenvolveu um estudo sobre sistemas de apoio a decisão em terminais portuários. Nele é descrito a variedade de decisões a serem tomadas de forma a reduzir tempo de atracação, necessidade de mão-de-obra, tempos de espera de carretas, e congestionamentos de veículos dentro do porto.

Devido à complexidade das decisões em função das incertezas inerentes aos processos, destaca-se a necessidade do uso de sistemas de apoio a decisão como auxílio a uma melhor gestão do porto. Dentre as ferramentas de apoio a decisão, a simulação se mostra eficiente no que diz respeito a análises de sistemas complexos, assim a simulação é muito utilizada em modelagem de portos para realizar análises de capacidades, eficiência e filas (MOREIRA, 2015). No estudo de Uğurlu (2008), foi levado em consideração parâmetros operacionais, tais como, distintas taxas de chegada de embarcações, necessidade de praticagem e variações de condições climáticas. O objetivo do estudo era investigar as taxas de chegada, tempos de atracação e de manobra e capacidade de transporte de carga do terminal.

A simulação foi executada no software ARENA, o qual possui as características que auxiliam no processo de criação do modelo:

- a) Ambiente gráfico integrado de simulação, contendo os recursos para modelagem de processos, de animação, análise estatística e de resultados;
- b) Conecta os recursos de uma linguagem de simulação à facilidade de uso de um simulador, em um ambiente gráfico integrado;
- c) Todo o processo de criação do modelo de simulação é por fluxograma, não sendo necessário escrever códigos.

A tecnologia diferencial do ARENA é a criação de templates, ou seja, uma coleção de objetos e ferramentas de modelagem, que permitem ao usuário descrever o comportamento do processo em análise, através de respostas às perguntas pré-elaboradas, sem a necessidade de programação, e de maneira visual e interativa. (CORREA, 2015).

### 3. METODOLOGIA

Neste capítulo, apresenta-se a classificação da pesquisa bem como as etapas percorridas para o seu desenvolvimento.

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO PESQUISA

O presente trabalho pode ser classificado, de acordo com o seu objetivo, como um estudo exploratório e descritivo. Conforme Cervo e Silva (2006) uma pesquisa exploratória estabelece critérios, métodos e técnicas para a elaboração de uma pesquisa e visa oferecer informações sobre o objeto desta e orientar a formulação de hipóteses. Este tipo de pesquisa, envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas envolvidas com o problema pesquisado, bem como a análise de exemplos para a melhor compreensão do problema (GIL, 2010). No caso desse trabalho, realizou-se um levantamento bibliográfico quanto algumas das abordagens relacionadas a portos e simulação. Analisou-se também, exemplos dos principais portos nacionais que mostram características semelhantes ao porto estudado, o Porto de Itajaí.

O processo descritivo visa à identificação, registro e análise das características, fatores ou variáveis que se relacionam com o fenômeno ou processo. Esse tipo de pesquisa pode ser entendido como um estudo de caso onde, após a coleta de dados, é realizada uma análise das relações entre as variáveis para uma posterior determinação dos efeitos resultantes em uma empresa, sistema de produção ou produto (PEROVANO, 2014). Assim, nesse trabalho estudou-se o caso do Porto de Itajaí e analisou-se a margem direita do Complexo Portuário de Itajaí a fim de propor cenários a partir de uma simulação de operação para um berço em reforma, a ser denominado berço 3.

Outra classificação diz respeito a forma de abordagem do problema de pesquisa, a qual pode ser apresentada como sendo uma pesquisa qualitativa ou quantitativa. Pesquisas com caráter quantitativo consideram que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las a partir do uso de recursos e técnicas estatísticas (SILVA E MENEZES, 2005). Nesse estudo, o caráter quantitativo é percebido a partir da utilização de dados e informações coletados para estimar matematicamente e criar parâmetros para aplicação do modelo a ser proposto no software ARENA. E, o caráter qualitativo quando o pesquisador, com base no seu ponto de vista, se posicionou sobre determinados assuntos relacionados com o objeto de estudo, como por exemplo, selecionar os dados secundários (dados de operação dos portos consultados) e posteriormente primários relevantes para discussões e considerações.

De acordo com outra classificação de Menezes e Silva (2005) o estudo é caracterizado, em sua natureza, como uma pesquisa aplicada, quanto aos procedimentos técnicos é definido como um estudo de caso.

### 3.2 ETAPAS DE PESQUISA

As principais etapas da pesquisa são mostradas na Figura 18.

Figura 13: Etapas da Pesquisa



Fonte: Autor (2016)

#### a. Pesquisa Bibliográfica

A primeira etapa do trabalho é uma pesquisa bibliográfica. Esta pesquisa tem como função proporcionar uma fundamentação para o trabalho por meio de definições pertinentes sobre portos e simulação.

#### b. Análise e Levantamento de Dados

O segundo passo é uma análise do objeto de estudo, e a viabilidade da realização do trabalho. Como é realizada uma simulação de algo que irá ocorrer, neste momento foi definido onde buscar os dados que mais se assemelham com a situação do berço portuário estudado. Assim, identificou-se três portos nacionais os quais possuem características de operação semelhantes a que se propõe no estudo. São eles: os portos de Manaus - AM, Cabedelo - PB e Imbituba – SC.

#### c. Campos - Dados Primários e Secundários

Nesta etapa se buscam os dados e informações necessários para o desenvolvimento do trabalho, como por exemplo: os navios que poderão entrar no canal, a quantidade de carga para ser carregada ou descarregada, e o tempo necessário para realização dessas operações. Para isso, levantam-se dados primários (coletados pelo pesquisador) e secundários (existentes). Os dados primários foram coletados junto aos portos estudados, em forma de entrevistas não estruturadas com perguntas relevantes referentes a algumas situações de operações que já ocorrem. Quanto aos dados secundários, estes, foram identificados junto as informações disponíveis ao público em forma de relatórios, entre outros documentos.

#### d. Criação de Cenários

Os cenários foram estipulados a partir de estudos prévios sobre, as características da carga operada, medidas operacionais adotadas por outros portos para realizar a movimentação de granel sólido. Com essas informações foram criadas hipóteses, onde foram escolhidas aquelas que melhor se encaixaram no estudo de caso.

#### e. Simulação - ARENA

A etapa da simulação consiste na seleção dos dados, de modo que apenas os relevantes ao estudo são selecionados. Em seguida, eles são tratados para serem inseridos os devidos parâmetros no software.

Torna-se relevante esclarecer que a simulação tem como base um modelo de teoria de filas, o qual é um modelo probabilístico, aleatório e variável ao longo do tempo. O seu estudo consegue determinar como operar um sistema com filas de forma

mais eficiente, atuando em um equilíbrio entre custo total de serviço e o tempo de espera, conforme descrito por Hillier e Lieberman (2006).

De todas as opções de simuladores, dentre eles estão PROMODEL, AUTOMOD e o ARENA, o programa escolhido para a realização do presente trabalho é o ARENA, que possui uma interface integrada com lógica e animação como instrumentos de análise. A parte lógica inclui os recursos para montagem do programa pelos comandos do programa e permite uma análise estatística e de resultados e utiliza a abordagem por processos para execução da simulação. A parte de animação consiste na introdução de desenhos e símbolos que representam as estações de trabalho e as trajetórias das entidades (clientes).

O ARENA é composto por um conjunto de blocos utilizados para descrever uma aplicação real, funcionam como comandos de uma linguagem de programação.

De acordo com Prado (1999) os elementos básicos da modelagem em ARENA são as entidades que representam as pessoas, objetos, transações, que se movem ao longo do sistema. Os canais de atendimento demonstram onde será realizado algum serviço ou transformação, e por fim, o fluxo que representa os caminhos que a entidade irá percorrer ao longo de estações.

f. Análise dos Resultados

Os resultados encontrados são analisados com base nos parâmetros inseridos, e se verifica se são aceitáveis em uma situação real.

g. Alternativas sobre o efeito dessa nova operação

Após a obtenção dos resultados é realizada uma discussão sobre a nova operação no berço portuário, e que influências esta nova operação terá no Complexo Portuário.

## 4. ESTUDO DE CASO: PORTO DE ITAJAÍ

Nesse capítulo são tratados fatos importantes do Complexo Portuário de Itajaí, localizado a beira do Rio Itajaí Açu, mas considerado um porto marítimo, desde sua construção em 1938 até os dias atuais. O capítulo engloba também a sua infraestrutura e importância econômica para a cidade.

### 4.1 HISTÓRIA DO PORTO DE ITAJAÍ

A literatura registra que os primeiros estudos técnicos sobre o Porto de Itajaí tem início em 1905 e foram realizados pela Comissão de Melhoramentos dos Portos e Rios, mas somente por volta de 1914, foram construídos 700 metros lineares do molhe Sul. Apenas em 1938, as obras começaram efetivamente, com a construção do primeiro trecho de cais e o primeiro armazém. Na década de 50, este cais foi expandido para atender a demanda da indústria madeireira, e em 1956 foi construído o primeiro armazém frigorífico do Porto de Itajaí (PORTO DE ITAJAI, 2015).

Russo (2013) afirma que no ano de 1952 o Porto de Itajaí possuía a maior movimentação de carga do estado, sendo a exportação de madeira vindas do oeste, meio oeste e planalto do estado essencial para esse fato. Em 1966 o Porto de Itajaí foi considerado um “porto organizado” quando foi estabelecida a Junta Administrativa do Porto de Itajaí para ser encarregada da gestão e operação portuária.

Durante a década de 1970 após uma redução considerável das exportações da madeira, o porto teve a necessidade de se adequar para outros tipos de cargas, se adequando também a economia catarinense. Para isso, teve que melhorar sua infraestrutura, e assim começou a operar o segmento de carga geral, como açúcar e produtos congelados. Ainda, nesse período, com a criação da Portobras o volume de carga aumentou, devido ao aperfeiçoamento da organização administrativa, logo em seguida, iniciou o processo de movimentação de carga containerizada. (ROSA, 2011).

A intensificação da circulação de cargas containerizadas ocorreu no início dos anos 90, de maneira contemporânea, ocorreu o fim da Portobras. Nesse período houve uma grande desorganização administrativa e uma leve danificação na infraestrutura, as obras foram paradas e os projetos encerrados. Dessa forma, a solução foi passar a administração para a Companhia de Docas de São Paulo (CODESP). No primeiro dia do mês de junho de 1995, o Ministério dos Transportes descentralizou a administração do porto ao município de Itajaí, por meio da Companhia de Docas Catarinense (PORTO DE ITAJAÍ, 2015).

No final do ano de 1997 a administração portuária foi delegada exclusivamente ao município de Itajaí pelo período de 25 anos renovável para mais 25 anos. De acordo com a legislação em vigência, foi promovido o arrendamento do Terminal de Containeres (TECON) à empresa de propósito específico Terminal de Containeres do Vale do Itajaí (TECONVI), e no ano de 2007 foi arrendado pela empresa APM Terminals, um seguimento do armador dinamarquês Maersk. Isso possibilitou que o porto recebesse investimentos em equipamentos e modernização (PORTO DE ITAJAÍ, 2015).

O contrato atual de concessão tem duração até o ano de 2023, e a operadora atual manifestou o interesse de renovação para mais 25 anos. Caso seja renovado, a empresa possuiu projetos de investimentos e melhoras em equipamentos. O processo de renovação seguirá a lei 12.815/2013, ou seja, a Lei dos Portos, abordada na página 17 do capítulo 2, no presente trabalho.

O Porto enfrentou algumas crises provocadas pela destruição parcial de sua estrutura, ocasionadas pelas enchentes, uma em 1983 e outra em 2008. No ano de 2011 ocorreu uma nova enchente, danificando a estrutura do berço 1 e a profundidade dos berços. Em julho de 1983, o volume de chuvas fez com que a correnteza, em direção à foz, viesse com uma vazão muito alta, assim metade do cais foi destruído. No final de novembro de 2008, quando a cidade de Itajaí e toda a região do Vale foram castigadas com chuvas intensas, que sobrecarregaram os níveis dos rios Itajaí-Açu e Itajaí-Mirim e uma grande enchente acabou derrubando grande parte do cais do Porto de Itajaí. Em 2011, o berço 1 sofreu vários danos e voltou a operar apenas no fim de 2014 e, por consequência, a profundidade dos berços foi reduzida devido a dejetos no fundo do rio (PORTO DE ITAJAÍ, 2015).

Para a recomposição do leito do rio, uma draga foi contratada no ano de 2013, com investimento da secretaria dos portos. O complexo possui uma draga que realiza

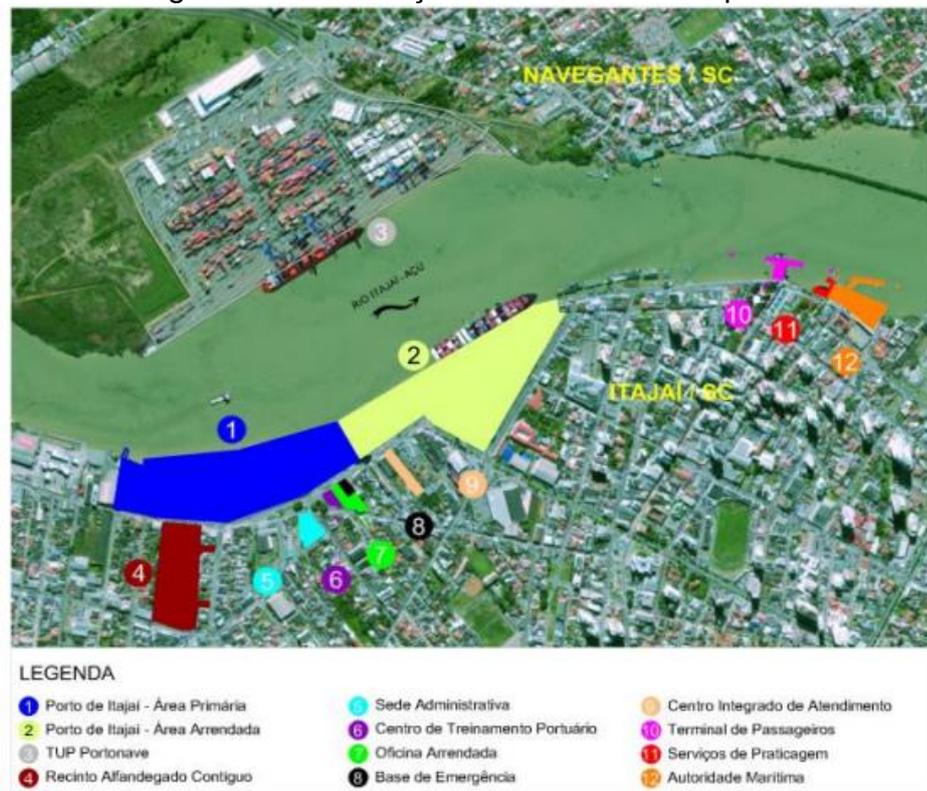
uma manutenção regular do canal, porém, devido as chuvas ocorridas em 2015, a profundidade do rio diminuiu e essa draga não é adequada para reestabelecer a profundidade. Assim precisou licitar uma operação de dragagem, esse processo ainda não está finalizado e a maneira encontrada para atender os maiores navios é realizar a atracação deles em épocas de maré cheia (SPAUTZ, 2016).

#### 4.2 O COMPLEXO PORTUÁRIO DE ITAJAÍ

Constituído pelo Porto Público de Itajaí e demais terminais portuários instalados nas margens direita e esquerda da Foz do Rio Itajaí, as instalações de apoio logístico em operações nas cidades de Itajaí e Navegantes e possuem completa infraestrutura para embarque e desembarques de contêineres e carga geral. O Complexo Portuário do Itajaí assume uma das principais opções para os exportadores e importadores do país (PORTO DE ITAJAÍ 2015).

O Complexo Portuário de Itajaí é composto pelo Porto de Itajaí (formado pelo Porto Público e APM Terminal Itajaí), Portonave S/A - Terminais Portuários de Navegantes, Terminal Portuário Braskarne, Trocadeiro Terminal Portuário, Poly Terminal S/A e Teporti Terminal Portuário Itajaí S/A. Uma rede de apoio logístico auxiliam de maneira direta o complexo, formada pelos terminais retroportuários, portos secos, empresas de apoio logístico e outras prestadoras de serviço que garantem excelentes condições operacionais (PORTO DE ITAJAI, 2015). Na figura 13 é mostrada a distribuição espacial de cada local do complexo portuário.

Figura 14: Distribuição Industrial do Complexo



Fonte: (LABTRANS, 2013)

O Porto de Itajaí, possui como estrutura de acostagem, quatro berços, dois arrendados e dois públicos e um píer turístico. Os berços 1 e 2 possuem de comprimento 285 metros e 272,3 metros, respectivamente, e são arrendados à APM Terminals. Os berços 3 e 4 compõem a parte pública, o berço 3 possui 248 metros de comprimento e o berço 4, 215 metros. Ambos os berços estão em alinhamento, dessa forma se tornarão um berço só. No próximo processo de arrendamento, esse berço também deverá ser arrendado. A Figura 14 mostra a distribuição dos berços na margem do rio, além de identificar o recinto alfandegário (PORTO DE ITAJAÍ, 2015).

Figura 15: Localização dos Berços no Porto de Itajaí



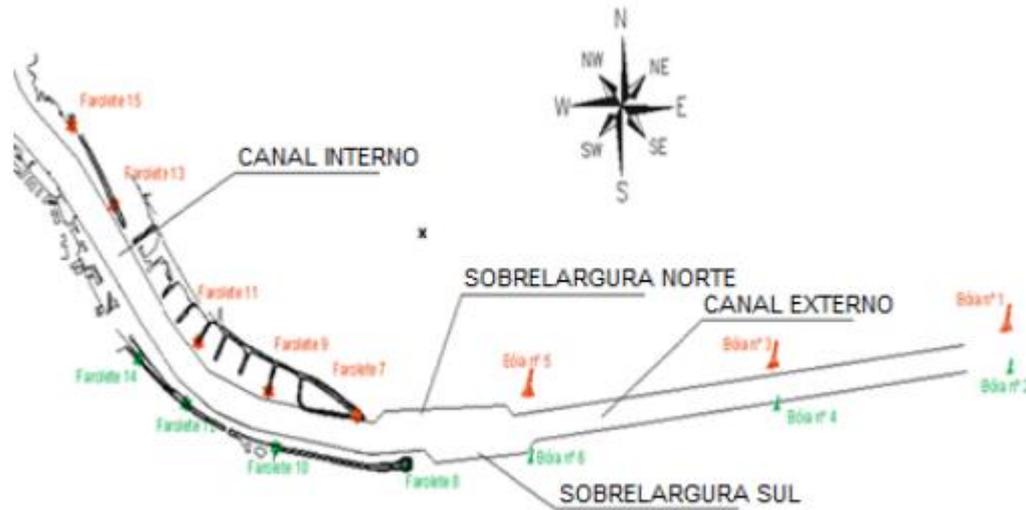
Fonte: LABTRANS (2013)

A bacia de evolução está situada à frente do TUP Portonave e possui 400 metros de diâmetro, com profundidade de 12,2 metros. Pelo fato de dois terminais estarem próximos um ao outro, existem restrições quanto a manobra da embarcação (PORTO DE ITAJAÍ, 2016).

O canal de acesso de entrada no complexo está dividido em dois trechos, um externo e um interno. Em ambos os trechos o trânsito autorizado é de mão única, sem ultrapassagens. O canal de acesso externo possui largura de 120 m e 3,3 mil metros de extensão, sem curvas. Já o canal de acesso interno tem 3,2 mil m de extensão e largura variando entre 120 e 150 m devido às sobrelarguras nas curvas, uma ao norte e outra ao sul. Existem projetos de expansão para o diâmetro e profundidade da bacia de evolução e canal de acesso, caso ocorram o Complexo terá a capacidade de receber navios de até 335 metros ao fim da primeira etapa, e para o fim de uma segunda etapa, o porto poderá receber cargueiros de até 365 metros. Hoje opera com navios de até 306 metros. (MARÍTIMO, 2016).

A Figura 15 mostra a representação do canal de acesso do complexo e suas subdivisões.

Figura 16: Representação do Canal de Acesso do Complexo



Fonte: LABTRANS (2013)

O Porto de Itajaí, localizado na margem direita, conta com uma estrutura de armazenagem em na área arrendada, com um pátio de 60 mil m<sup>2</sup> e um armazém de 1,5 mil m<sup>2</sup>. A parte pública possui um pátio de 73 mil m<sup>2</sup>, boa parte inutilizada devido as obras, e uma área de armazenamento coberta de 566 m<sup>2</sup>, a qual esta sem uso devido suas condições físicas e também pelas obras nos berços 3 e 4. Além disso, ainda contém um recinto alfandegado de aproximadamente 27 mil m<sup>2</sup> e um armazém de 4,75 mil m<sup>2</sup> localizado na área retroportuária (PORTO DE ITAJAÍ, 2016).

Para realizar as operações, o porto possui três guindastes sobre rodas com capacidade de carregamento de 100 toneladas brutas e dois portêineres pós panamax. Na retroárea, as operações são realizadas com quatorze empilhadeiras do tipo Reach-Staker, caminhões Terminal-Tractor (APM TERMINALS, 2016). Na Figura 16, é possível verificar alguns equipamentos. O equipamento a esquerda, na cor azul, é um dos portêineres em operação, e a direita na cor cinza é o guindaste em operação.

Figura 17: Equipamentos para Operação



Fonte: PORTO DE ITAJAI (2016)

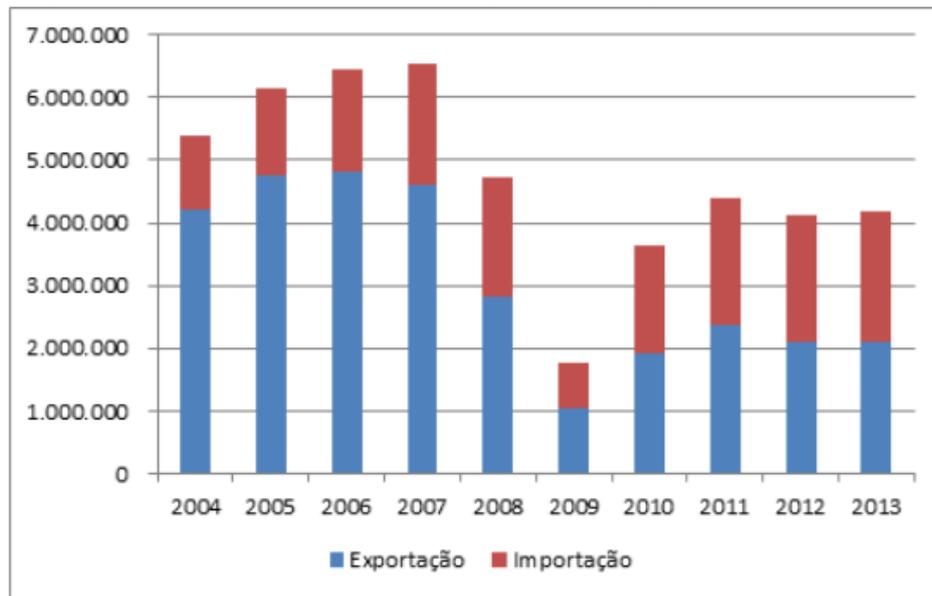
#### 4.3 OPERAÇÃO DO PORTO DE ITAJAÍ

O Complexo Portuário de Itajaí foi responsável pela movimentação de 3,7% de todas as cargas operadas no Brasil em 2015, quase toda parte desta carga movimentada é resultante da operação de cargas contêinerizadas (SECRETARIA DOS PORTOS, 2016). Analisado-se apenas esse tipo de carga, a Associação brasileira dos terminais de contêineres de uso público (ABRATEC) afirma que o complexo foi o segundo do país, movimentando 983,76 mil. TEUs. O maior volume dessa operação ocorre no TUP Portonave, localizado na margem esquerda do Rio Itajaí Açu.

Entretanto, o Complexo Portuário do Itajaí encerrou o exercício de 2015 com retração de 9% no volume de contêineres operados. Em 2014 foram registrados uma movimentação de 1,09 milhão de TEUS. Essa diminuição ocorreu, pois, em 2015, o complexo passou por alguns problemas, dentre os quais estão: entrada de novos concorrentes no mercado de contêineres e, principalmente, as chuvas sofridas na região, que provocaram o assoreamento do canal e bacia de evolução do Complexo. O estado de Santa Catarina sofreu forte influência do fenômeno El Niño, que chegou a comprometer as operações por causa do aumento significativo nos volumes de chuva, principalmente em agosto, setembro e outubro. Ao todo, 33 dias foram operados com restrições, 25 dias de impraticabilidade e 60 escalas foram canceladas (MARÍTIMO, 2016).

O maior volume de movimentação dos contêineres se deve ao TUP Portonave que iniciou a operação em outubro de 2007. O porto público sentiu a concorrência no ano de 2008, quando sofreu uma redução de operação. Além disso, no ano de 2008, a região do Vale do Itajaí sofreu com uma quantidade de chuvas intensas, que fez com que o nível do Rio Itajaí subisse muito, ocasionando uma grave enchente, essa que danificou parte do cais (LABTRANS). A Figura 17, mostra a quantidade de carga operada em toneladas, pelo porto público antes e depois da construção da TUP Portonave.

Figura 18: Gráfico da Movimentação de Cargas no Porto Público



Fonte: LABTRANS (2013)

Na Figura 17, é possível observar que antes do ano da criação da Portonave, o porto de Itajaí vinha em crescimento e operava com mais de 6 milhões de toneladas ao ano. No ano de 2008 ocorreu uma queda de movimentação devido ao alto volume de chuvas, que teve reflexo no ano de 2009 com uma queda de 27% em relação ao ano anterior. Em 2010 o porto de Itajaí voltou a melhorar sua operação onde movimentou em torno de 4 milhões de toneladas até o ano de 2013 (LABTRANS, 2015).

A partir de 2014, o Porto de Itajaí voltou a perder sucessivamente uma grande quantidade de cargas para a Portonave, segundo o portal de notícias G1 SC, em 2015 perdeu uma linha asiática de importação importante, a qual operava em Itajaí. E no primeiro semestre de 2016, foi constatada uma queda de 52% nas movimentações, em comparação ao ano anterior. O Superintendente do Porto Ayres Albuquerque justifica essa queda pela dificuldade de competir com terminais privados da região. (LINDER, 2016).

Essa queda é muito prejudicial para o município, segundo Russo (2013) o Porto atua como motor da economia local, e estimula uma variedade de outras atividades, gera emprego em diferentes áreas e cria oportunidades para a população local. A cidade e o porto não podem ser separados, estão reunidos em um projeto de desenvolvimento, pois a cidade fornece não somente infraestrutura, como também braços para o trabalho.

De acordo com a Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Emprego e Renda, em 2010 existiam 1.956 empresas abertas formalmente em Itajaí, e no ano de 2013 esse número aumentou para 2.956. É importante destacar que são empresas do ramo de alimentos, construção naval, prestação de serviços e construção civil, o Complexo Portuário de Itajaí gera em torno de 25 mil empregos para a região. (ITAJAI, 2016).

Assim, devido a importância da estrutura portuária para a região e a queda da movimentação de contêineres na margem direita, a Superintendência do Porto de Itajaí junto com a arrendatária APM Terminals observaram a necessidade de diversificar suas operações.

No fim de 2014, iniciou a reforma de alinhamento para o berço 3 e 4, para se tornar um novo berço. Os recursos para obra eram providos do Programa de Aceleração do Crescimento 2 (PAC2) e a construtora vencedora da licitação foi a Serveng Civilsan. Desta forma, o Porto poderia receber navios de maior porte e dimensão (MARÍTIMO, 2016).

A previsão era que a obra durasse em torno de 18 meses, porém atualmente ela está longe de sua finalização, principalmente por causa de atrasos nos pagamentos do governo à construtora, com essa obra a Secretaria dos Portos prepara essa área para ser arrendada para a iniciativa privada seguindo a Lei 12.814/2013 (SPAUTZ, 2016).

No início de 2016 começou a possibilidade desse novo berço operar carga a granel, soja principalmente. O atual superintendente do porto Ayres Albuquerque explica que inicialmente as operações de granéis somarão cerca de 60 mil toneladas de soja por mês. As cargas virão de caminhão pela rodovia BR 101, o qual se encaminha para um pátio de triagem a ser instalado, e depois serão acondicionadas em um pátio coberto na área portuária. Os carregamentos serão feitos com a utilização de grabs e guindastes mobile harbour crane (MHC) em navios graneleiros (PORTO DE ITAJAI, 2016).

Alguns meses depois alguns problemas começaram a aparecer. Inicialmente verificou-se que após o processo de licitação e com o início das obras, no berço 4 foi descoberto uma laje no fundo do rio que impede a passagem de estacas. A estrutura estava localizada neste ponto devido a uma queda do cais no ano de 1984, assim, como esse imprevisto não estava contemplado no projeto foi necessária uma revisão contratual. Em meados de junho de 2016 as obras pararam de vez, devido a falta de

pagamento do governo federal para a construtora. O valor da dívida gira em torno de 8 milhões de reais. No início de setembro de 2016 o governo federal repassou metade desse valor para a construtora, que já havia desmontado o canteiro de obras e demitido metade dos funcionários que trabalhavam no local. A superintendência do Porto negocia com a empreiteira o reinício das obras (SPAUTZ, 2016).

Essa obra é importante para o Porto de Itajaí que com o passar dos anos vem se tornando menos competitivo em relação aos portos da região, tanto na parte de infraestrutura quanto na parte operacional. Segundo o diretor técnico André Luiz Pimentel, Itajaí receberia, além do que já era operado nesses berços antigamente, cerca de 55 caminhões carregados de soja todos os dias, a grande parte oriunda do estado do Mato Grosso. A perda apenas em tarifas é estimada em R\$ 500 mil por mês (LINDER, 2016).

Contudo, para a operação de um novo tipo de carga no Porto de Itajaí ser analisada, torna-se necessária uma pesquisa prévia de portos que operam esse tipo de carga para dimensionar como essa operação se adequaria a este Porto.

## 5. PORTOS QUE OPERAM GRANEL SÓLIDO

Neste capítulo são abordados os Portos Nacionais que operam com carga a granel e possuem infraestrutura similar ao Porto de Itajaí na parte operacional, e em relação ao acesso ao porto. São eles: Porto de Manaus, Porto de Cabedelo e Porto de Imbituba.

É importante reforçar que o Porto de Itajaí é um porto situado no rio, mas classificado pelo Governo Federal como um porto Marítimo, essa classificação foi estabelecida pela Secretaria dos Portos (SEP) que afirma que a classificação de um porto marítimo ou fluvial ocorre de acordo com o tipo de navegação longo curso ou interior, e não por localização geográfica. Por exemplo, o Porto de Itajaí é geograficamente fluvial/rio, entretanto na classificação da SEP é considerado marítimo por receber embarcações de linhas oceânicas. (ANTAQ 2016)

Os Portos de Manaus e Cabedelo foram selecionados para análise pelo fato de serem situados em um rio. Esses portos não são classificados como marítimos, e ambos operam a carga granel sólido. Devido as variações de profundidade que ocorrem nos rios que banham estes portos, a profundidade se assemelha ao do porto de Itajaí. Outro aspecto analisado diz respeito ao processo de carregamento no porto de Cabedelo, o qual se assemelha ao procedimento que deverá ocorrer em Itajaí com a operação de um novo tipo de carga.

Outro porto selecionado para o estudo foi o porto de Imbituba, o qual possui 4 berços, assim como o Porto de Itajaí, logo, o espaço no cais em que o navio pode atracar para operar, embarcar e desembarcar as cargas se assemelha. A profundidade do seu canal de acesso é de 14 metros e tem operação de carga a granel. O berço 3, opera em um cais de 245 metros, o que limita o espaço físico, assim como no Porto de Itajaí. Para operação da carga, o berço 3 possui dois guindastes MHC com grabs e considera-se, com base nos levantamentos, como sendo o mesmo equipamento que deverá operar em Itajaí. O diâmetro da bacia de evolução, e o tamanho dos navios que atracam no porto também se assemelham as características do porto

de Itajaí, como também, o fato de entradas e saídas de embarcações não possuírem autorização para ocorrerem juntas.

## 5.1 PORTO DE MANAUS

Localizado à margem esquerda do Rio Negro distante, 13 quilômetros da confluência com o rio Solimões, o Porto de Manaus constitui a principal entrada para o Estado do Amazonas (PORTO DE MANAUS, 2016).

O Acesso Marítimo ao porto da foz do rio Amazonas, onde a profundidade é limitada a 11 metros, até o rio Negro em Manaus, é de aproximadamente 1.500 quilômetros, constituindo-se uma via navegável natural. O trecho, com aproximadamente 15 quilômetros, da embocadura do rio Negro até o porto, oferece, em suas condições mais restritivas, largura de 500 metros e profundidade de 35 metros (ANTAQ, 2016).

Do interior e de outros estados, os visitantes chegavam à cidade através de seu porto, como também era nesse espaço que era centrado, em maior medida, o comércio regional. Essa perspectiva econômica para a capital possibilitou uma nova configuração para Manaus, a de entreposto comercial, sendo através do porto a primeira conexão de Manaus com o mundo. Foi com o objetivo de atender a tais funções e as necessidades de expansão da economia da borracha que se fez necessário incrementar a cidade de Manaus com uma base portuária (SANTANA, 2006).

Em Manaus há um grande complexo portuário e naval, uma vez que são inúmeras as instalações localizadas ao longo da margem esquerda do Rio Negro, destinadas a atividades portuárias. De acordo com a ANTAQ, cerca de 12 TUPs, além do Porto Público, compõem o Complexo Portuário de Manaus. Nesta seção será abordado apenas o TUP Ogrim que opera carga de trigo, caracterizada como carga granel. Este movimento granéis sólidos é administrado pela empresa Ocrim S.A. Produtos Alimentícios. O terminal movimenta principalmente trigo e ele possui um cais flutuante capaz de receber navios de até 190 metros de comprimento. Esse berço é equipado com dois sugadores cuja capacidade nominal é de 80 toneladas/hora. A atracação e a desatracação só são feitas à luz do dia. O terminal possui, ainda, três silos com capacidade estática da ordem de 21.000 toneladas (SECRETARIA DOS PORTOS, 2016).

Em 2011 ocorreram 9 desembarques de trigo no TUP, com os lotes variando uma média de 7.448 toneladas. O tempo médio de atracação dos navios no TUP em 2011 foi de 146,9 horas e o tempo médio de operação foi de 110 horas. É importante notar a diferença de mais de 36 horas, do navio atracado sem operar. A produtividade com base no tempo de atracação foi de 61 toneladas por navio por hora, e a produtividade com base no tempo de operação foi de 70,1 toneladas/navio/hora (PLANO MESTRE PORTO DE MANAUS, 2013).

## 5.2 PORTO DE CABEDELO

O Porto de Cabedelo situa-se na margem direita do rio Paraíba do Norte, em frente à Ilha da Restinga, na parte noroeste da cidade de Cabedelo. É vizinho ao Forte de Santa Catarina e a 18 quilômetros de João Pessoa, capital do estado. O acesso por via marítima acontece na entrada do estuário do rio Paraíba do Norte, tem largura de 170 metros e profundidade de 9,5 metros. O canal de acesso possui extensão total de 6,0 quilômetros, largura de 150 metros e profundidade de 11 metros. O comprimento máximo dos navios que podem atracar no complexo é de 220 metros. Dentre os portos brasileiros, o complexo portuário de Cabedelo é o mais próximo dos continentes asiático, europeu e africano (PORTO DE CABEDELO, 2016).

A Companhia de Docas da Paraíba, por meio do Porto de Cabedelo, contribui imensamente para o desenvolvimento do Estado da Paraíba e para a cidade de Cabedelo. Por ele, passa as maiores riquezas do Estado, além de gerar emprego e renda para todos os cidadãos (TEMÓTEO, 2016).

De acordo com as estatísticas da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), no ano de 2012 o Porto de Cabedelo movimentou 1.907.438 toneladas de carga, sendo 1.102.035 toneladas de grânéis sólidos, 744.856 toneladas de grânéis líquidos e apenas 60.547 toneladas de carga geral. Destaque para os grânéis sólidos, em função principalmente dos maiores volumes de coque de petróleo (498.788 toneladas), clínquer e escória (274.090 toneladas) e trigo (227.090 toneladas) desembarcados de navios de longo curso. A operação de coque ocorre com o descarregamento sendo realizado pelos guindastes de bordo, nos quais são acoplados grabs do operador portuário. A descarga se processa para até quatro moegas

simultaneamente que carregam caminhões. De maneira geral, os caminhões são destinados a armazéns na área do retroporto. Em 2012 o lote médio de coque desembarcado em Cabedelo de navios de longo curso foi de 24.939 toneladas por navio. Ainda de acordo com a mesma fonte, as produtividades médias alcançadas foram de 360 toneladas por navio por hora de operação e 312 toneladas por navio por hora de atracação. Os tempos médios de operação e de atracação dos navios foram respectivamente de 69,4 horas por navio e 79,9 horas por navio (PLANO MESTRE PORTO DE CABEDELLO, 2013).

A operação de clínquer ocorre de maneira análoga a do coque. A descarga pode acontecer para até quatro moegas simultaneamente que carregam caminhões, estes, geralmente seguem diretamente para as indústrias de cimento. No ano de 2012, o lote médio de clínquer desembarcado, de navios de longo curso foi de 27.470 toneladas por navio. As produtividades médias observadas foram de 221 toneladas por navio por hora de operação e 190 toneladas por navio por hora de atracação. Os tempos médios de operação e de atracação dos navios foram respectivamente de 124,5 horas por navio e 144,6 horas por navio (PLANO MESTRE PORTO DE CABEDELLO, 2013).

Assim como as cargas anteriores, a operação de descarregamento do trigo é realizada com o auxílio de grabs, e para o carregamento dos caminhões com o auxílio de moegas. Estes caminhões, geralmente levam o trigo para ser armazenado nos silos que estão localizados em uma área arrendada do porto. Em 2012, houve 21 descarregamentos de trigo em Cabedelo, com lote médio de 11.355 toneladas por navio. As produtividades médias dos descarregamentos foram respectivamente de 173 toneladas por navio por hora de operação e 137 toneladas por navio por hora de atracação, de acordo com a base de dados da ANTAQ. O tempo médio de operação foi de 65,5 horas por navio e o de atracação foi de 82,8 horas por navio (PLANO MESTRE PORTO DE CABEDELLO, 2013). A Figura 18 mostra uma imagem do descarregamento de coque no Porto de Cabedelo.

Figura 19: Descarregamento de Coque



Fonte: Gusmão (2013)

### 5. 3 PORTO DE IMBITUBA

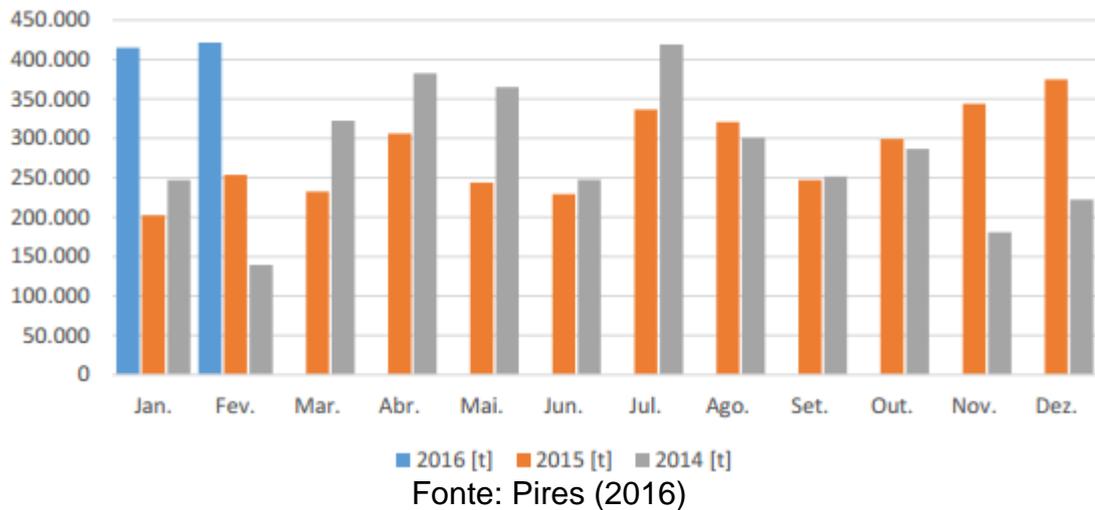
O Porto está localizado numa enseada aberta, junto à ponta de Imbituba, na cidade de mesmo nome, no litoral sul catarinense. Tem como área de influência os estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. A largura da Baía de Evolução é de 315m metros, e sua profundidade é igual a do canal de acesso, de 14,5 metros. O Porto tem condições de receber navios de até 330 metros de comprimento e é importante ressaltar que as manobras de entrada e saída do porto não podem ser realizadas simultaneamente (PORTO DE IMBITUBA, 2016).

A importância do Porto de Imbituba, que tem como autoridade portuária a SC Par Participações, braço operacional do governo do Estado de Santa Catarina, tem se destacado pelo aumento de sua movimentação, principalmente na exportação de grãos. Isto não é novidade para os exportadores e importadores da região Sul do Brasil, pois as cargas operadas têm origem de decisão nos mais diversos estados, principalmente do Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina. (PLACIDO, 2016).

O Porto de Imbituba fechou o ano de 2015 fechou com crescimento no volume de cargas movimentada. Em dezembro de 2015 foram movimentadas mais de 368 mil toneladas de cargas. Em um ano de queda nos indicadores econômicos do país, o

Porto de Imbituba registrou crescimento significativo em relação à 2014. O resultado anual ultrapassa as 3.384.830 toneladas, número que mostra o comprometimento dos portuários com o desenvolvimento do Porto de Imbituba. O Porto se destaca pela movimentação de cargas de granel sólido que ocorre no berço 3 (REVISTA PORTUÁRIA, 2016). A Figura 19 mostra o comparativo da movimentação de cargas nos últimos anos e é possível observar que na metade de 2014 o porto operou seus maiores volumes de carga por volta de 400.000 toneladas, no ano de 2015, na mesma época, teve uma diminuição em torno de 50.000 toneladas, porém nos meses finais de 2015 a operação vinha crescendo gradativamente, dessa forma, nos dois primeiros meses de 2016 o porto igualou seu recorde de carga operada.

Figura 20: Movimentação de Carga em Imbituba



Com base no gráfico acima Pires (2016), em seu estudo, encontrou a taxa de ocupação de cada berço no ano de 2015. Também é possível observar o número de atracções de cada berço no ano, o tempo total de atracção.

Figura 21: Taxa de Ocupação dos Berços

Taxa de Ocupação dos Berços em 2015					
Ocupação Anual	Tempo Total Atracação (hr)	Tempo Disponível (hr)	Taxa de Ocupação	Uso	Atracções
Berço 1	6.522	8.760	74,45%	●	89
Berço 2	2.165	8.760	24,71%	●	93
Berço 3	5.372	8.760	61,32%	●	55
<b>TOTAL</b>	<b>14.059</b>	<b>26.280</b>	<b>53,50%</b>	●	<b>237</b>

● OCIOSO - entre 0% a 50%

● IDEAL - entre 50% a 80%

● CONGESTIONADO - acima de 80%

Fonte: Pires (2016)

Pela Figura 20, nota-se que o berço 3 teve 55 atracções no ano, esse será o berço escolhida devido ao fato de não movimentar contêineres, apenas granel. O Berço 3 possui 245 m de comprimento, com instalações especiais para movimentação de granéis sólidos. A profundidade máxima do berço é de 11,5 metros. Sua destinação é, principalmente, para granéis sólidos, como o coque, óxido de ferro, clínquer, sal e outros. Cargas gerais também podem ser movimentadas neste berço. O berço conta com 1 guindastes Goltwald MHC com grabs com capacidade de 80 toneladas e um guindaste Liebherr MHC (PORTO DE IMBITUBA, 2015)

O Porto possui um Terminal de Granéis Sólidos (TGS) que é utilizado para a armazenagem. Como principal operador está a CBR, contratada pelo grupo Votorantim para a movimentação de coque de petróleo e opera em uma área de 45.000 metros quadrados. O TGS dispõe de um pátio mecanizado para movimentação de coque com capacidade de descarga de 1.500 toneladas/horas e de 120.000 toneladas de capacidade estática. O coque descarregado é levado para a armazenagem por uma correia transportadora, alimentada por funis distribuídos ao longo do cais. O coque é descarregado no berço 3 com os equipamentos que realizam a operação neste berço (PLANO MESTRE PORTO DE IMBITUBA, 2012).

O porto de Imbituba foi responsável por 99,5% das exportações brasileiras de óxido de ferro em 2011, sendo que todos os embarques no porto foram destinados à China. As exportações por Imbituba tiveram início em abril de 2011, e nesse ano

houve 8 embarques totalizando 361.927 toneladas, ou seja, o lote médio embarcado foi de 45.240 toneladas (PORTO DE IMBITUBA, 2012).

Na operação de embarque o produto é trazido por caminhões basculantes à beira do cais a partir dos depósitos que ficam a cerca de 6 quilômetros do porto. Esses caminhões são enlonados e lavados antes da partida para evitar a queda do pó vermelho pelo caminho. A cada embarque é mobilizada uma frota de cerca de 45 caminhões (PLANO MESTRE PORTO DE IMBITUBA, 2012).

A produtividade média dos carregamentos de óxido de ferro, tomando-se como base os tempos entre o início e o término da operação, foi de 350 toneladas/navio/horas, o que correspondeu a uma prancha média da ordem de 8.400 toneladas/dia. O tempo médio de atracação foi de 141,1 horas, e o tempo médio de espera para atracar foi de 121,7 horas ou 5,1 dias, e por fim, o tempo médio de operação foi 129,1 horas/navio (PLANO MESTRE PORTO DE IMBITUBA, 2012).

As imagens 21 e 21 mostram os caminhões descarregando oxido de ferro numa determinada área no cais do berço 3, e a Figura 28 mostra o carregamento do oxido para o navio pelo guindaste MHC com grabs.

Figura 22: Descarga de Caminhões no Pátio



Fonte: (PORTO DE IMBITUBA, 2012)

Figura 23: Auxílio do Grab para o carregamento



Fonte: (PORTO DE IMBITUBA, 2012)

A operação é feita sempre por grabs, que podem ser acoplados tanto a guindastes de terra como de bordo, pois todos os navios engajados no tráfego são dotados de aparelhagem de carga própria (PORTO DE IMBITUBA, 2012).

A produtividade média dos descarregamentos de sal em 2011, tomando-se como base os tempos entre o início e o término da operação, foi de 304 toneladas/navio/hora, o que correspondeu a uma prancha média da ordem de 7.300 toneladas/dia. Essa produtividade é melhor do que a verificada em 2010 em Santos (215 toneladas/navio/hora) e Rio Grande (140 toneladas/navio/hora), mas bem inferior à de Paranaguá no mesmo ano (461 toneladas/navio/hora). O tempo médio de atracação foi de 86,7 horas, e o tempo médio de espera para atracar foi de 63,0 horas ou 2,6 dias. E ainda, o tempo médio de operação foi de 80,4 horas/navio (PLANO MESTRE PORTO DE IMBITUBA, 2012).

#### 5.4 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E DADOS OPERACIONAIS DOS PORTOS DE MANAUS, CABEDELLO e IMBITUBA

A Tabela 1 apresenta um resumo dos principais levantamentos referentes a infraestrutura dos portos de Manaus, Cabedelo e Imbituba, com um comparativo com o porto de Itajaí.

Consideram-se para as tabelas apresentadas, metros representado pela letra m, horas representado pela letra h, da mesma forma, toneladas é representadas pela letra t e por fim, navio é referenciado pela letra n.

Tabela 1: Comparativo entre Portos

Características	Portos			
	Manaus	Cabedelo	Imbituba	Itajaí
Profu. do Canal de Acesso	11 m	11 m	14,5 m	12,2 m
Profundidade do Berço	15 m	11 m	11,5m	10,8 m
Comprimento do Berço	190 m	220 m	245 m	248 m
Equipamento de Operação	Shiploader	Guindaste MHC	Guindaste MHC	Guindaste MHC

Fonte: Autor (2016)

Pode-se observar que o maior canal de acesso entre os portos citados é o canal do Porto de Imbituba. Isso devido à finalização em 2015 da obra para o aumento da profundidade, a qual chega a 14,5 metros.

Os dados reunidos na Tabela 1 são importantes pois, com base nessas informações obtidas e outras pesquisadas, o embasamento dos parâmetros para a simulação se tornam mais próximos do cenário real. O canal de acesso do porto de Imbituba possui uma profundidade semelhante ao canal de acesso do Porto de Itajaí de 12,2 metros. O comprimento de 245 metros é o mais próximo do berço que se utilizará a simulação. É importante ressaltar, com exceção do Porto de Manaus, os berços dos outros portos possuem o modelo de guindaste que deve ser utilizado na operação do Porto de Itajaí, segundo noticiado pelo superintendente em uma entrevista realizada no dia 16 de fevereiro de 2016 para veículos de comunicação locais.

A Tabela 2 apresentada a seguir, apresenta as medidas operacionais referentes aos três portos, essas medidas operacionais serão relevantes para que ao final da simulação seja realizada uma comparação com os resultados encontrados.

Tabela 2: Medidas Operacionais

Dados Operacionais	Portos		
	Manaus	Cabedelo	Imbituba
Volume médio	7.448 t	24.939 t	45.240 t
Tempo Médio de Atracação	146,9 h	69,4 h	141 h
Tempo Médio de Operação	110 h	79,9 h	129,1 h
Produtividade no Tempo de Atracação	50 t/h	312 t/n/h	320,6 t/h
Produtividade no Tempo de Operação	67 t/h	360 t/h	350 t/h
Tempo Médio de Espera para Atracar			121,7 h

Fonte: Autor (2016)

Pela Tabela 2 é possível observar que o tempo de operação de ambos é parecido, pois deve-se levar em conta que o lote médio do Porto de Imbituba é quase o dobro do lote médio do Porto de Cabedelo, por isso a diferença. Quando comparado os parâmetros de produtividade torna-se visível que as operações são semelhantes. É importante ressaltar também, que essas medidas operacionais são para tipos específicos de cada carga à granel, dessa forma um porto pode estar mais habituado a movimentar um tipo de carga, assim tendo um bom tempo operacional.

## 6. ESTUDO POR SIMULAÇÃO DA OPERAÇÃO DE GRANÉIS SÓLIDOS NO PORTO DE ITAJAI

Os dados coletados e informações apresentadas nos capítulos 4 e 5, foram organizados em um banco de dados e após um exercício de seleção, foram realizadas estimativas matemáticas e criados parâmetros para aplicação do modelo a ser proposto no software ARENA. Como afirma Correa (2015) a tecnologia diferencial do ARENA é a criação de templates, ou seja, uma coleção de objetos e ferramentas de modelagem, que permitem ao usuário descrever o comportamento do processo em análise, através de respostas às perguntas pré-elaboradas, sem a necessidade de programação, e de maneira visual e interativa. Todas estas estimativas adotadas são esclarecidas e discutidas neste capítulo.

Deste modo, o modelo considerou o tempo de chegada dos navios ao largo. Após a chegada foi inserido um processo Hold (segurar) chamado Espera no Largo, esse processo gerará uma fila até que uma condição seja atendida, a condição inserida é que um navio só pode entrar no sistema quando este estiver vazio. A partir desse momento, no processo em que o navio permanecer, foram consideradas 3 etapas: o processo de atracação do navio, o processo de operação de carga ou descarga do navio e por fim o processo de manobra para saída da embarcação do porto. Essas etapas foram consideradas devido ao canal do Porto de Itajaí, só aceitar uma embarcação por vez, dessa forma, enquanto a embarcação estiver no Porto ela gerará fila. Esses processos são descritos a seguir.

### 6.1 O PROCESSO DE ATRACAÇÃO

O processo de chegada dos navios ao largo comporta-se como um modelo de chegadas aleatórias baseadas em uma exponencial com media de 192 horas. Com referência, no ano de 2015 chegaram 55 navios no berço 3 do Porto de Imbituba, ou

seja, em média um navio a cada 160 horas. Como nos dados recolhidos não constavam detalhadamente os intervalos entre as chegadas para enxergar a melhor função para esse comportamento, isto somado ao fato do Porto de Itajaí estar em estágio inicial a solução encontrada foi adicionar um tempo de 32 horas ao valor de 160 horas encontrado.

Após o processo de chegadas, foi criada uma estação para a realização do processo de atracação do navio, essa manobra é realizada por um prático. Segundo Itajai Práticos (2016) os práticos possuem grande experiência e conhecimentos técnicos de navegação e manobra de navios, bem como das particularidades locais. Dessa forma, em contato com pessoas que trabalham nessa área, foi informado que a manobra de atracação dura em torno de 20 a 30 minutos, chegando até uma hora em pequenos casos. Acima desse tempo, somente quando ocorrer algum problema específico com o navio ou com o canal de atracação. Assim, o processo manobra ocorre de acordo com uma triangular com tempo mínimo de 20 minutos (1/3hora), média de 30 minutos e máximo de 1 hora. Ao final é criado um bloco que finaliza o estágio de atracação.

## 6.2 O PROCESSO DE OPERAÇÃO

A carga a granel possui uma restrição de operação a ser considerada. A operação desta carga não pode ser realizada em períodos de chuva. Com base nos estudos portuários anteriores, estima-se que no Brasil, por aproximadamente 100 dias, os portos não operam devido a esse evento. Como o Porto opera todos os 365 dias do ano, estes 100 dias representam em torno de 28% do tempo total de operação. Logo, para a operação de carga e descarga, foi adicionado um valor de 28% em relação a esse processo. (AGROLINK, 2013)

Para o processo de operação, carregamento ou descarregamento de carga, os valores foram baseados na operação do berço 3 do Porto de Imbituba, devido as suas características serem semelhantes ao berço simulado.

Foi assumido um lote médio de carga por embarcação de 25.000 toneladas. Este valor foi adotado com base nos portos apresentados anteriormente. Entende-se que, como a operação está no seu início não é recomendado um lote grandes, devido

dificuldades de operação que podem ocorrer no caso real. As 25.000 toneladas assumidas correspondem ao lote médio do Porto de Cabedelo, e aproximadamente a metade do lote do Porto de Imbituba.

Um grab acoplado ao guindaste de operação pode realizar a operação com capacidade de carregamento entre 10 a 15 toneladas, levando-se em consideração a densidade do tipo de grão em cada manobra. O equipamento poderá realizar até 25 manobras em uma hora em condições ideais, quando a operação é realizada com a utilização de uma moega. Se a operação for realizada com duas moegas, pode-se chegar até 40 manobras, segundo informações do porto de Imbituba.

Considerando-se que o processo de operação de carga granel no Porto de Itajaí se encontra em discussões e em estágio inicial, em alguns cenários foram considerados um número de 17 manobras por hora com carregamentos de 12 toneladas, visando uma média entre as possíveis cargas operadas. Desta maneira, foi possível estimar os dados para o cenário 1, e a partir desses tempos para os próximos cenários.

Nessa fase foi criado o estágio navio em operação, onde ocorre uma espera de 1 hora, que representa o tempo de espera do navio atracado até o início da operação. Dentro desse estágio existem três comandos que representam a operação:

a) o bloco com nome Operacao, que mostra que o navio irá ocupar o recurso Berço 3;

b) o bloco com nome Tempo de Operacao, que contém os tempos de utilização do recurso. Dentro desse valor foi adicionado um tempo representando o tempo do navio atracado até o início da operação e;

c) o bloco com nome Fim da Operacao, o qual confirma que a operação está finalizada e o recurso está liberado. Dessa forma, em caso do guindaste ser móvel, ele poderá ser destinado para operação em outro berço a partir do momento que o processo de operação estiver finalizado.

No fim existe um bloco Navio Descarregado que representa o fim de todo o processo de operação. O modelo desse estágio pode ser visualizado no Apêndice A.

### 6.3 O PROCESSO DE SAÍDA DE EMBARCAÇÃO

A última etapa criada foi a operação da saída da embarcação do Porto, que ocorre de forma análoga ao processo de entrada da embarcação, dessa forma seus tempos de operação são os mesmos comentados anteriormente.

A partir desse modelo, serão aplicados os dados referentes a cada cenário de operação, e analisado os resultados para as informações a seguir:

- a) Tempo total no sistema: tempo entre a chegada do navio ao largo até sua saída do porto;
- b) Tempo de operação: duração da operação de carregamento ou descarregamento da carga granel no berço;
- c) Tempo de espera: soma do tempo da chegada do navio ao largo até o momento do início da sua movimentação para o berço;
- d) Tamanho da fila: quantidade média de navios em fila aguardando a disponibilidade dos terminais;
- e) Utilização dos Recursos: relação entre o tempo necessário para a operação do navio e o tempo total da simulação;

Segundo Prado (2003), a simulação de um processo de operação de um terminal é contínuo, dessa forma, as estatísticas e condições iniciais do sistema não são zeradas a cada replicação. Para garantir os resultados com 95% de confiança e erro máximo de 10%, se faz necessário replicar 100 vezes a simulação do modelo. Mediante essa afirmação para todos os cenários o modelo foi aplicado 100 vezes visando um intervalo de confiança de 95%. A seguir, a Figura 29 apresenta o conceito utilizado para a criação do modelo. O modelo aplicado no software ARENA pode ser visualizado no Apêndice A.

Figura 24: Fluxograma representando o modelo



Fonte: Autor (2016)

### 6.3 CENÁRIOS

A partir do modelo de simulação e dos dados citados anteriormente, esta seção aborda quais foram os parâmetros inseridos e como foram calculados em cada fase da simulação.

São apresentados 4 cenários. O cenário 1 e cenário 3 os quais consideram uma carga com alta densidade, apenas com variações da quantidade de manobras por hora. Os cenários 2 e 4, nos quais é adotada uma carga de baixa densidade e, da mesma forma que os cenários anteriores, apenas com variação do número de manobras por hora. Dessa forma pode ser analisada uma melhora operacional sem grandes investimentos.

Para todos os cenários os processos de atracação (manobra de entrada no Porto) e desatracação (manobra de saída do Porto) ocorrem de acordo com o apresentado, logo, as alterações ocorrerão apenas no processo de operação. O tempo de operação ocorre conforme uma distribuição triangular com tempo mínimo, médio e máximo e as funções para encontrar esses valores são apresentadas a seguir. Todos os cenários foram simulados durante o período de um ano (8760 horas), 24 horas por dia.

Quadro 1: Equações utilizadas no modelo

<i>Tempo Mínimo de Operação</i>	$\left( \frac{\text{Lote Médio}}{\text{Capacidade de Carregamento do Grab por manobra}} \right)$
<i>Tempo Médio de Operação</i>	$\frac{N^{\circ} \text{ de Manobras do Grab por Hora}}{\text{Tempo Mínimo de Operação} + \text{Taxa adicional da Chuva (1,28)}}$
<i>Tempo Máximo de Operação</i>	$\frac{\text{Tempo Médio de Operação} + \text{Taxa de Segurança (24 horas)}}{\text{Tempo Mínimo de Operação} + \text{Taxa adicional da Chuva (1,28)}}$

Fonte: Autor (2016)

O primeiro cenário ocorre em condições normais de operação, ou seja, com base nas informações coletadas. De acordo com informações recolhidas no em uma entrevista do Superintendente do Porto dada ao site, para o início das operações, haverá apenas um guindaste MHC para realizar a operação, desta forma teria uma equipe para auxiliar na operação. Com base no lote de 25.000 toneladas, o guindaste realizando 17 manobras por hora e com 12 toneladas cada carregamento, foi inserido que a operação ocorre com uma distribuição triangular com um tempo mínimo de operação de 122 horas, adicionando 28% relativo a chuva, assim, foi encontrada um tempo médio de operação de 156 horas. O tempo máximo estimado foi de 190 horas, pois levou-se em consideração a impossibilidade do grab não conseguir coletar realizar 17 movimentos em uma hora por algum motivo, dessa forma o tempo de operação irá aumentar.

No segundo cenário é simulado uma operação com uma carga de baixa densidade. As cargas que se enquandram com essa característica podem ser, como exemplo: sal e açúcar. Este tipo de carga possibilita o grab realizar maiores carregamentos precisando assim de menos tempo para realizar a operação. A mudança em relação ao cenário anterior irá ocorrer apenas no bloco Tempo de Operacao. Considerou-se o lote médio de 25.000 toneladas, com capacidade de carregamento do grab de 15 toneladas por manobra, e ainda considerando as mesmas 17 manobras por hora. A operação ocorre com uma distribuição triangular com mínimo de 98 horas, média de 125 e máxima de 149 horas. O tempo médio foi encontrado adicionando o fator da chuva ao tempo mínimo, já o tempo máximo é considerado caso algum atraso ocorra na operação.

As simulações do terceiro e quarto cenários ocorrem de forma semelhante aos cenários anteriores, ou seja, com tempo de operação seguindo uma distribuição triangular, porém estes cenários analisam a operação de uma forma otimista. Com os

dados informados como respostas no questionário realizado, foi verificado que o grab pode realizar até 25 manobras por hora, nesse cenário será adotado um número de 23 manobras, um aumento de 6 manobras por hora em relação ao cenário 1. Esse aumento pode ocorrer devido a experiência com a operação, ou com um bom treinamento para equipe que trabalha na operação. Dessa forma, procura-se confirmar uma melhora no serviço prestado sem grandes investimentos, visto que um valor de capacitação de equipe é menor em comparação a aquisição de um novo guindaste.

Para o cenário 3, o tempo de operação inserido no modelo, segue uma distribuição triangular com mínimo de 90,58 horas, média de 116 horas e tempo máximo de 140 horas.

Para o cenário 4, com base na análise sobre cargas de baixa densidade, os valores inseridos também seguem uma distribuição triangular com um mínimo de 72,46 horas, média de 92,75 horas e tempo máximo de 117 horas. Os parâmetros inseridos em cada cenário, podem ser visualizados no Apêndice B.

## 6.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para todos os cenários foram realizadas 100 replicações com intervalo de confiança de 95%. O software gera como resultado as médias dessas replicações, valores máximos e mínimos de cada informação. Os arquivos com todos os resultados dos cenários simulados podem ser visualizados no Apêndice C.

### 6.4.1 Resultados do Cenário 1

A Tabela 3 a seguir apresenta os resultados encontrados na simulação do cenário 1, nesse cenário foram atendidos em média 42 navios com um tempo de manobra total médio, atracação e desatracação, de 1,2 horas. O tempo médio do navio em operação foi de 155,84 horas (6,5 dias), um valor razoavelmente alto comparado a outros portos. O menor tempo de operação foi de 122,64 horas (5,11 dias).

Tabela 3: Resultados do Cenário 1

	Média	Minimo	Maximo
Navios Atendidos	42		
Tempo de Manobras	1,2 horas	0,69 horas	1,91 horas
Tempo de Atracação	155,84 horas	122,64 horas	189,15 horas
Tamanho da Fila	1,12		
Tempo de Fila	205,14 horas		
Utilização do Berço	77%		
Tempo Total no Sistema	360,61 horas	124,73 horas	1610,27 horas

Fonte: Autor (2016)

O tamanho médio da fila encontrado foi de 1,1 navios, isso quer dizer que em quase todas as replicações teve um navio esperando para atracar, apenas em algumas possuíam mais navios aguardando. O tempo médio de espera encontrado foi de 205,14 horas.

#### 6.4.2 Resultados do Cenário 2

A Tabela 4 mostra os principais resultados obtidos na análise do cenário 2. Verificou-se que os resultados estão próximos aos que ocorrem em outros portos como o de Imbituba e Cabedelo. Para a simulação no período de um ano, chegaram em média 43 navios, um a mais que o cenário anterior, o tempo de manobras permaneceu o mesmo e o tempo de operação médio encontrado foi de 124 horas com um valor mínimo de 98,33 horas.

Tabela 4 – Resultado do Cenário 2

	Média	Minimo	Maximo
Navios Atendidos	43		
Tempo de Manobras	1,2	0,69	1,92
Tempo de Atracação	123,97 horas	98,33 horas	148,44 horas
Tamanho da Fila	0,49		
Tempo de Fila	90,07 horas		
Utilização do Berço	66%		
Tempo Total no Sistema	225,96 horas	222,6 horas	754,21 horas

Fonte: Autor (2016)

O tamanho de fila médio encontrado foi de 0,49 navios, com tempo médio de espera de 90,07 horas. A taxa de utilização do berço de 66%. Em média os navios permaneceram 225,96 horas no sistema.

#### 6.4.3 Resultados do Cenário 3

A Tabela 5 mostra os resultados obtidos no cenário 3, no qual considerou-se um número maior de manobras por hora. Resultou em uma atracação de 44 navios em média, dois navios a mais em comparação ao cenário 1. Os tempos de manobras se mantiveram os mesmos e o tempo de atracação médio encontrado foi de 115,42 horas, com um mínimo 91,05 horas.

Tabela 5 – Resultado do Cenário 3

	Média	Minimo	Maximo
Navios Atendidos	44		
Tempo de Manobras	1,2 horas	0,68 horas	1,9 horas
Tempo de Atracação	115,42 horas	91,05 horas	139,39 horas
Tamanho da Fila	0,4		
Tempo de Fila	73,45 horas		
Utilização do Berço	59%		
Tempo Total no Sistema	190 horas	92,54 horas	828,27

Fonte: Autor (2016)

O tamanho médio de fila encontrado foi de 0,4 como não é possível ter um valor decimal de embarcações, esse valor representa que em alguns momentos possui um navio na fila para atracar com um tempo médio de espera de 73,45 horas. A taxa de utilização do berço 3 foi de 59%.

#### 6.4.4 Resultados do Cenário 4

A Tabela 6 mostra a última simulação realizada. No período de um ano foi encontrado que atracarão 44 navios; os tempos totais de manobra permaneceram os mesmos dos cenários anteriores; o tempo de operação médio dos navios foi de 94 horas, com tempo mínimo de 72,86 horas. O tamanho médio de fila encontrado foi de 0,22 navios com tempo de espera de 41, 22 horas. A taxa de utilização do berço ficou em torno de 48%.

Tabela 6 – Resultado do Cenário 4

	Média	Minimo	Maximo
Navios Atendidos	44		
Tempo de Manobras	1,2 horas	0,68 horas	1,9 horas
Tempo de Atracação	94 horas	72,86 horas	488,84 horas
Tamanho da Fila	0,2224		
Tempo de Fila	41,22 horas		
Utilização do Berço	48%		
Tempo Total no Sistema	136,2 horas	74,25 horas	586,1 horas

Fonte: Autor (2016)

## 6.5 COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

A Tabela 7 mostra uma comparação entre os cenários 1,3 obtidos anteriormente, que simulam uma operação com as cargas de mesma densidade com variações das quantidades de manobras, com a operação no berço 3 do Porto de Imbituba. Também é realizada a comparação entre os cenários 2 e 4, estas simulações foram baseadas para uma carga de menor densidade.

Tabela 7 - Comparação entre os cenários

	Cenário 1	Cenário 3	Imbituba
Volume médio	25.000 t	25.000 t	45.240 t
Tempo Médio de Atracação	155,84 h	115,42 h	141 h
Produtividade no Tempo de Atracação	160,42 t/h	216,6 t/h	320,6 t/navio
Taxa de Utilização do Berço	77%	59%	61,32%
Tempo Médio de Espera para Atracar	205,14 h	73,45 h	121,7 h

Fonte: Autor (2016)

As medidas operacionais dos cenários 1 e 3 simulados ficaram inferiores comparada ao Porto de Imbituba, mesmo levando-se em consideração o fato da simulação ser realizada para um valor acima da metade do volume de carga movimentado no Porto de Imbituba. A partir do que foi verificado, o melhor cenário foi o 3, o qual considera 23 manobras por hora, e que obteve uma produtividade de 216,6 toneladas por hora, 100 toneladas a menos em relação ao Porto em comparação. O tempo de espera de 73,45 horas foi considerado satisfatório. De acordo com a figura 26, taxa de

ocupação dos berços, localizada na seção 5.3, todos os berços estão com sua taxa de utilização dentro do intervalo que é considerado ideal (50 a 80%), porém tanto o Porto de Imbituba quanto o Porto de Itajaí, considerando-se apenas a simulação do cenário 3, possuem espaço para o aumento de volume para operação.

É importante ressaltar que a operação analisada no Porto de Imbituba foi com uma carga considerada de baixa densidade, em comparação com a soja, por exemplo. Para uma melhor análise, apresenta-se na Tabela 8 uma comparação com os cenários simulados para cargas de menor densidade.

Tabela 8 – Comparação entre os cenários

	Cenário 2	Cenário 4	Imbituba
Volume médio	25.000 t	25.000 t	45.240 t
Tempo Médio de Atracação	123,97 h	94 h	141 h
Produtividade no Tempo de Atracação	201,6 t/h	265 t/h	320,6 t/h
Taxa de Utilização do Berço	66%	48%	61,32%
Tempo Médio de Espera para Atracar	90,07 h	41,22 h	121,7 h

Fonte: Autor (2016)

Para essa comparação destaca-se o tempo médio de atracação do cenário 4, de 94 horas. Desse modo, a operação pode ocorrer de forma rápida e eficiente, a produtividade encontrada nesse cenário foi de 265 toneladas por hora, 55 toneladas a menos que visto no Porto de Imbituba, e 64 toneladas a mais em comparação com o cenário 2. O tempo médio de espera para atracação para os cenários 2 e 4 são satisfatórios, ambos são inferiores ao valor encontrado no Porto de Imbituba. A taxa de utilização de 48% do berço no cenário 4 é considerada ociosa, ou seja, para esse tempo de operação devem chegar mais embarcações ou atender embarcações com um lote maior do que os lotes simulados.

A seguir é apresentada a Tabela 9, nela é mostrada a comparação entre todos os cenários com o Porto de Imbituba. É importante ressaltar que a comparação foi realizada apenas com esse porto, pois dentre os portos citados no capítulo 5, é o que possui as melhores características operacionais, logo, quando próximo desses valores as medidas operacionais de outros portos são alcançadas.

Tabela 9: Comparação entre todos os cenários

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Porto Imbituba
Volume médio	25.000 t	25.000 t	25.000 t	25.000 t	45.240 t
Tempo Médio de Atracação	155,84 h	123,97 h	115,42 h	94 h	141 h/n
Produt. no Tempo de Atracação	160,42 t/h	201,6 t/h	216,6 t/h	265 t/h	320,6 t/h
Taxa de Utilização do Berço	77%	66%	59%	48%	61,32%
Tempo Médio de Espera para Atracar	205,14 h	90,07 h	73,45 h	41,22 h	121,7 h

Fonte: Autor (2016)

Por fim, na tabela 9, onde são apresentados o comparativo com os resultados de todos os cenários é possível observar que, com exceção do cenário 1, todos os outros cenários possuem o tempo de espera para atracar menor do que o encontrado no porto de Imbituba. O cenário 4 é o que possui os melhores tempos operacionais, possuindo o o tempo de produtividade mais próximo do operado no porto de Imbituba, no mesmo cenário destaca-se o fato da taxa de utilização do berço ser de 48%, considerado ocioso, ou seja, para os dados referentes a esse cenário o berço deve ser mais utilizado.

Dessa forma, a partir dos resultados encontrados, considerando as diferenças relevantes nos tempos de operação para cargas de diferentes densidades, sendo o projeto em fase de execução, com os parâmetros adotados pela simulação, é recomendado que a movimentação de carga ocorra com granel de baixa densidade visando tempos menores de operação. Assim, o porto de Itajaí poderá se tornar mais competitivo em relação a outros portos atingindo índices de operação semelhantes ou superiores como vistos em anos anteriores. Porém, é importante ressaltar que para que a operação ocorra, são necessários novos estudos sobre os impactos dessa movimentação de carga na região.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a influência econômica dos portos na região onde estes estão localizados, uma análise para uma nova operação ganha uma importância maior, em casos que o porto perde linhas constantes que seriam fonte de renda. A teoria de filas, com uma análise na taxa de ocupação e outras medidas operacionais de cada berço, ajudam o porto a prever a quantidade embarcações a serem atendidas, e as capacidades de carga, podendo assim, melhorar a qualidade do serviço prestado beneficiando a todos os envolvidos.

Essa relevância motivou o estudo, no qual o objetivo geral foi analisar o Porto de Itajaí, observando o cenário atual e pesquisando sobre um cenário futuro para uma nova operação para um tipo de carga ainda inexplorada em um berço do porto.

Baseado nos temas pesquisados, abordados e resultados encontrados as conclusões cumpriram o que era esperado nos objetivos específicos.

Para encontrar tais resultados, o trabalho contou com uma pesquisa sobre a relevâncias dos portos para o país, e quais as cargas operadas mais relevantes, com destaque para carga granel, dessa forma o primeiro objetivo específico foi atendido. Para atender segundo objetivo, foi realizado uma pesquisa histórica sobre o Porto de Itajaí, citando sua importância para a cidade, suas crises enfrentadas devido as enchentes que ocorrem na região, destacar seu grande momento a partir do ano de 2002 até 2008, e os principais motivos pela perda de carga nos últimos anos, verificando-se assim a necessidade de novas operações.

A partir dessas operações, foi realizada uma procura de portos semelhantes ao estudado, com o intuito de identificar a forma que estes operam e o que deve ser considerado no berço 3 do Porto de Itajaí. Com base nesse levantamento um modelo no software ARENA foi criado, de forma a reproduzir a futura operação de carga a granel no Porto de Itajaí, atingindo assim o terceiro objetivo específico.

Ao final, para cumprir o último objetivo, foram propostos quatro cenários, com medidas operacionais baseadas nos portos estudados, e com variações de cargas a granel, com maiores e menores densidade.

Com base nos resultados encontrados, foi possível notar que em um estágio inicial de operação é recomendável que opere cargas de baixa densidade, facilitando a operação por meio do grab, diminuindo assim o tempo de atracação do navio. A medida que a equipe de operação esteja habituada a trabalhar com carga a granel, cargas mais densas podem ser adicionadas gradativamente. A partir de todo o fundamento apresentado, considerando-se apenas a análise portuária realizada no presente trabalho conclui-se que a operação é viável na margem direita do Complexo Portuário de Itajaí e é recomendado que ela seja realizada para cargas de baixa densidade, obtendo assim tempos operacionais aceitáveis.

O trabalho seguiu a sugestão de Castro (1977), quanto a originalidade, viabilidade e importância. A presente pesquisa fornece uma primeira análise sobre a carga granel no porto Itajaí, oferecendo medidas operacionais já existentes, assim contribuindo no sentido de oferecer resultados que podem ser utilizados como auxílio para o planejamento dessa operação, cujo os impactos financeiros seriam benéficos para a região. O trabalho apresentou métodos reais, a partir de operações que já ocorrem e também deu início a uma série de pesquisas necessárias para a operação de um novo tipo de carga, que podem ser realizadas em futuros trabalhos acadêmicos. Alguns desses estudos são:

- Estudar a influência de mais embarcações entrando no Complexo Portuário de Itajaí;
- A carga a granel, trás com ela muitas impurezas, principalmente para o ar. Como o Porto de Itajaí está instalado no centro da cidade, vale identificar quais medidas ambientais devem ser implementadas de maneira que não prejudique a população local;
- Para realizar a operação é necessário pelo menos um centro de triagem, este, não há necessidade a estar localizado no porto. Assim, vale estudar qual a localidade de um possível centro de triagem de maneira que não aumente os problemas de mobilidade já existentes na região.

## REFERÊNCIAS

ABRATEC. **Associação Brasileira dos Terminais de Contêineres de Uso Privado**. Disponível em: <<http://www.abratec-terminais.org.br/>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

AGROLINK. **Com chuvas, Santos volta a ter atrasos nos embarques e filas de caminhões**, 27/05/13. Disponível em <<http://www.agrolink.com.br/noticias/NoticiaDetalhe.aspx?CodNoticia=171979>>. Acesso em: 04/11/2014.

ALFREDINI, P. **Obras e gestão de Portos e Costas**. Editora Edgard Blucher, Companhia Vale do Rio Doce, 2005.

ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 2002.

ANTAQ. **Boletim Informativo Portuário**. 2015. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/BoletimPortuario/BoletimPortuarioTerceiroTrimestre2015.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

ANTAQ. **DEFINIÇÕES DE TERMOS E CONCEITOS TÉCNICOS UTILIZADOS NESTE ANUÁRIO**. 2009. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/portal/anuarios/portuario2009/termos.htm>>. Acesso em: 04 jun. 2016.

ANTONINA, Administração dos Portos de Paranaguá e. **Certificado de Boas Práticas de Armazenagem**. Elaborado po Fabio Scremin. Disponível em: <<http://www.portosdoparana.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=2218...>>. Acesso em: 15 set. 2016.

APPA. **Corredor de Exportação do Porto de Paranaguá registra novo recorde histórico**. 2011. Disponível em: <<http://www.portosdoparana.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=2829&evento=440#menu-galeria>>. Acesso em: 18 set. 16.

APM TERMINALS. **PORTO DE ITAJAI**. Disponível em: <<http://www.apmterminals.com.br/home>>. Acesso em: 29 set. 2016.

AZEVEDO, A. T.; CHAVES, A. A.; SALLES NETO, L. L.. Introdução à otimização de operações portuárias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 46., 2014, Salvador(ba). **Mini Curso**. São José dos Campos: Pite, 2014. p. 1 - 74.

BARBOZA, M. A. M.. A ineficiência da infraestrutura logística do Brasil: dificuldades e custos do transporte de cargas no país. Revista Portuária: **Economia e Negócios**. Itajaí, p.1-150, 23 set. 2014. Disponível em: <<http://www.revistaportuaria.com.br/noticia/16141>>. Acesso em: 28 abr. 2016.

BARROS V.H COSTA, (2009) **Problemas de alocação de berços Heterogêneos em Portos Graneleiros com Restrição de Estoque e condições favoráveis a maré**. Simpósio de Engenharia de Produção, UNESP, Bauru, SP.

BRASIL. **História dos Portos**. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/>>. Acesso em: 26 abr. 2016.

BRASIL, Santos. **Santos Brasil finaliza descarga de componentes para parque eólico no RS**. 2014. Elaborada por TecnoLogística. Disponível em: <<http://www.tecnologistica.com.br/portal/noticias/66775/santos-brasil-finaliza-descarga-de-componentes-para-parque-eolico-no-rs/>>. Acesso em: 15 set. 2016.

BAZZO, W.A. **Introdução à Engenharia**. 6ª ed., Santa Catarina: Editora da UFSC, 2002.

BOTTER, Rui Carlos. **Métodos para elaboração de planos de estivagem de navios porta contêineres**. 1992. 1 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

BRUNO, M.. **Modelo Matemático**. Rio de Janeiro: Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Ufrj, 2013. Disponível em: <[http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod\\_academic/relatorios/2013/BrunoP+MarinaZ/relat1/Relatorio1.htm](http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/2013/BrunoP+MarinaZ/relat1/Relatorio1.htm)>. Acesso em: 20 jun. 2016.

CALDEIRINHA, V.M.R. **Influência dos factores de caracterização dos portos no desempenho**. 2010. 148 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de MBA, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

CALDEIRINHA, V.M.R. **Influência das características do Porto / Terminal de Contentores no seu desempenho**. 2014. 261 p. Tese (Doutorado) - Curso de Gestão Portuária, Universidade de Évora, Évora, 2014.

CASTRO, C.M. **A prática da pesquisa**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977.

CATARINENSE, Diário. **Porto de Itajaí terá operação de cargas a granel**. 2016. Disponível em: <<http://dc.clicrbs.com.br/sc/noticias/de-ponto-a-ponto/noticia/2016/02/porto-de-itajai-tera-operacao-de-cargas-a-granel-4974095.html>>. Acesso em: 27 maio 2016.

CECATTO, CRISTIANO (Ed.). A Importância do Transporte Marítimo no Brasil. **Engwhere**. São Tomás de Aquino Mg, v. 23, n. 1, p.1-250, 01 set. 2003. Disponível em: [http://www.ecivilnet.com/artigos/transporte\\_maritimo\\_importancia.htm](http://www.ecivilnet.com/artigos/transporte_maritimo_importancia.htm) >. Acesso em: 26 abr. 2016.

CERQUEIRA, M., LUSTOSA, L., REGGIANI, G. Modelo de simulação da operação do terminal de importação de granéis de Praia Mole-CVRD - **Workshop de Simulação - COPPEAD/UFRJ** - Rio de Janeiro. 1997.

CERVO, A. L.; SILVA, R.. **Metodologia Científica**. Brasil: Prentice Hall, 2006.

COELHO, L. C.. **Porto de Roterdã**. 2011. Disponível em: <<http://www.logisticadescomplicada.com/porto-de-roterda/>>. Acesso em: 25 maio 2016.

COLLYER, W. O. **A importância do direito marítimo e da regulação dos transportes e portos para o desenvolvimento da logística.** *Journal of Transport Literature*, v.7, n.1.2010.

CONDOR, Máquinas. **Descarregadores de navios e barcaças / simpleport.** Disponível em: <<http://www.maquinascondor.com.br/site2008/produto.php?id=8>>. Acesso em: 29 set. 2016.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 5., 2015, Ponta Grossa. **Determinação da faixa da taxa de ocupação dos berços de uma base de dutos flexíveis que minimize os custos operacionais.** Rio de Janeiro: Abepro, 2015. 11 p.

CORREA, R. A.. SIMULAÇÃO DA OPERAÇÃO ALL-WEATHER PARA TERMINAIS DE GRANÉIS AGRÍCOLAS NO PORTO DE SANTOS. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 12., 2015, Santos. **Anais...** Santos: Segep, 2015. p. 1 - 9.

CULLINANE, K.. O Conceito de Porto Seco: Teoria e Prática. **Maritime Economics & Logistics**, v. 14, n. 1, p.1-13, mar. 12.

DIAS, M. A. P. **Logística, transporte e infraestrutura: armazenagem, operador logístico, gestão via TI, multimodal.** Editora Atlas SA, 2012.

ECONOMIA, G1. **Entenda a Lei dos Portos.** 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2013/04/entenda-mp-dos-portos.html>>. Acesso em: 28 abr. 2016.

EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil,** 2014. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>. Acessado em 19 de junho de 2016.

FALCÃO, V. A.; CORREIA, A.R. Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros: Port efficiency: analysis of the main approaches for the Brazilian ports. **Journal Of Transport Literature**. São Paulo, p. 133-146. out. 2012.

GAUR, P. **Port Planning as a Strategic Tool: A Typology**: Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Masters of Science in Transport and Maritime Economics. 2005. Monografia (Especialização) - Curso de Institute Of Transport And Maritime Management, University Of Antwerp, Antuérpia, 2005.

GIL, A. C.. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184p. ISBN 9788522458233.

GOULARTI FILHO, A. Melhoramentos, reaparelhamentos e modernização dos portos brasileiros: a longa e constante espera. **Economia e Sociedade**, São Paulo, v. 16, n. 3, p.455-489, dez. 2007.

GUSMÃO, H.. **Descarga de Coque de Petroleo**: Galeria de Fotos. 2013. Disponível em: <[http://www.heytorgusmao.com.br/pt/gallery/pcoke\\_nichirin\\_01042012.html](http://www.heytorgusmao.com.br/pt/gallery/pcoke_nichirin_01042012.html)>. Acesso em: 30 out. 2016.

HARREL, C. R.; BATEMAN, R. E.; GOGG, T. J. E MOTT, J. R. A. System Improvement Using Simulation, McGraw-Hill, 2000. LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation Modeling and Analysis**. 3ª nd.ed.

HANDABAKA, A. R. **Gestão Logística da Distribuição Física Internacional**. São Paulo: Editora Maltese, 1994.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, F. S. **Introdução à pesquisa operacional**. 8nd ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

ILOS. **Panorama Custos Logísticos na Economia e nas Empresas no Brasil**. Rio de Janeiro. 2012.

ILOS. **Pesquisa Nos portos, burocracia é problema ainda maior do que falta de infraestrutura.** Rio de Janeiro. 2012.

ITAJAI PRATICOS. **O Serviço de Pratiagem.** Disponível em: <<http://www.itajaipraticos.com.br/novo/praticagem>>. Acesso em: 29 out. 16.

ITAJAÍ, Prefeitura de. **Itajaí tem o maior PIB de Santa Catarina.** 2013. Disponível em: <<http://www.itajai.sc.gov.br/noticia/10707#.WDnPUfkrLIU>>. Acesso em: 31 ago. 2016.

JULIÁ, A. **Desenvolvimento de um modelo de simulação para um dimensionamento de um sistema integrado pátio-porto na cadeia do minério de ferro.** 2010. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Sistemas Logísticos, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Cap. 6.

KLIEMANN, A.H.; LOVERA, D.E.R.D. **Unitização de Cargas:** Conceitos Gerais. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina - Centro Tecnológico – Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas - Disciplina: Gerência de Materiais – Professor: Carlos Taboada, 1999. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/labs/grad/disciplinas/GerenciaDeMateriais/99.1/unitizacao.doc>>. Acesso em: 15/09/2016

LABTRANS. **Plano Mestre Porto de Itajaí.** 2015. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/arquivos/planos-mestres-sumarios-executivos/se14.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2016.

LABTRANS. **Plano Mestre Porto de Manaus.** 2013. Disponível em: <LABORATÓRIO DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA – LABTRANS>. Acesso em: 05 set. 2016.

LIMA, M .(Org.). **Custos Logísticos no Brasil.** 2014. Instituto de Especialistas em Logística e Supply Chain (ILOS). Disponível em: <<http://www.ilos.com.br/web/custos-logisticos-no-brasil/>>. Acesso em: 27 mai. 2014.

LIGTERINGEN, H. & VELSINK, H. **Ports and Terminals.** 1st edição. Delft, The Netherlands: VSSD, 2012.

LINDER, L.. Porto de Itajaí tem queda de 52% na movimentação do primeiro semestre. **Diário Catarinense**. Itajaí, p. 1-1. 01 ago. 2016. Disponível em: <<http://dc.clicrbs.com.br/sc/noticias/noticia/2016/08/porto-de-itajai-tem-queda-de-52-na-movimentacao-do-primeiro-semester-7048256.html>>. Acesso em: 03 ago. 2016.

MARÍTIMO, Guia. **Itajaí realça a necessidade de obras para receber navios maiores**. Disponível em: <<http://www.guiamaritimo.com.br/noticias/portos/itajai-realca-a-necessidade-de-obras-para-receber-navios-maiores>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

MARÍTIMO, Guia. **Itajaí registra queda de 9% na movimentação de cargas em 2015**. Disponível em: <<http://www.guiamaritimo.com.br/noticias/portos/itajai-registra-queda-de-9-na-movimentacao-de-cargas-em-2015>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

MATTOZO, João Geraldo Orzenn. **A GESTÃO DO ARMAZENAMENTO DE GRANÉIS SÓLIDOS NO PORTO DE PARANAGUÁ**. 2006. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mba Portos e Logística Empresarial, Universidade Católica de Santos, Paranaguá, 2006.

MELLO, B.A.. **Modelagem e simulação de sistemas**. Santo Ângelo, 2007.

MORITZ, Heder Cassiano. **Calado Máximo de Operação**. Disponível em: <<http://www.portoitajai.com.br/novo/c/calado-maximo-operacao>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

MURTY, K. G. **A decision support system for operations in a container terminal**. **Decision Support Systems** 39 - 332, 2005.

NOVO MILENIO. **Tipos de Contêineres**. Disponível em: << <http://www.novomilenio.inf.br/porto/conteim.html>>. Acesso em: 10 set. 2016.

NEGÓCIOS, Transportes e. **China mantém sete portos no “top 10” mundial: São chineses sete dos dez maiores portos mundiais na movimentação de contentores, de acordo com o ranking da Container Management (CM). Xangai reforçou a liderança em 2015**. Disponível em: <<http://www.transportesenegocios.pt/china-mantem-sete-portos-no-top-10-mundial/>>. Acesso em: 25 maio 2016.

NOTTEBOM, T; RODRIGUE, J. P. Port regionalization: towards a new phase in port development. **Port Regionalization: Towards A New Phase In Port Development**. Antuérpia, p. 297-313. 21 fev. 2007.

OLIVEIRA, F. C. **Brasil não consegue competir com China**. Revista Integração Econômica, v. 2, n. 11, abr/jun. 2005.

PARAÍBA. Companhia de Docas da Paraíba. Porto de Cabedelo. **Quem Somos**. Disponível em: <<http://portodecabedelo.com.br/porto/quem-somos/>>. Acesso em: 30 set. 2016.

PARREIRA JÚNIOR, W. M. Teoria das Filas e Simulações. In: PARREIRA JÚNIOR, Walteno Martins. **Apostila de Modelagem e Avaliação de Desempenho**. Ituiutaba: . 2010. p. 24.

PARREIRA, W. M.. **Teoria das Filas e Simulações**. Ituiutaba: Feit, 2010. Disponível em: <[http://www.waltenomartins.com.br/ap\\_mad\\_fila.pdf](http://www.waltenomartins.com.br/ap_mad_fila.pdf)>. Acesso em: 02 out. 2016.

PEROVANO, D. G. **Manual de metodologia científica: para segurança pública e defesa social**. 1 ed. São Paulo: Jurua Editora, 2014.

PLÁCIDO, G.. **A importância do Porto de Imbituba**. Disponível em: <<http://diariodosul.com.br/SITE2015/colunista/7/16359/GERVAZIO-PLACIDO-A-importancia-do-Porto-de-Imbituba.html>>. Acesso em: 01 out. 2016.

PIRES, Gabriel Campos. **Avaliação da taxa de ocupação dos berços para atender as projeções de movimentação em 2016**. Imbituba: Porto de Imbituba, 2016.

PORTO DE CABEDELLO. **Localização**. 2016. Disponível em: <<http://portodecabedelo.com.br/porto/localizacao/>>. Acesso em: 11 out. 2016

PORTO DE ITAJAÍ (Itajaí). **Histórico: 1905- Os primeiros passos....** 2005. Disponível em: <<http://www.portoitajai.com.br/institucional/historico.php>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

**PORTO DE ITAJAÍ PERDE LINHAS PARA NAVEGANTES E 30 SÃO DEMITIDOS.** 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2015/06/porto-de-itajai-perde-linhas-para-navegantes-e-30-sao-demitidos.html>>. Acesso em: 30 set. 2016.

**PORTO DE IMBITUBA ENCERRA 2015 COM AUMENTO NA MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS.** Imbituba: Bittencourt, 05 jan. 2016. Disponível em: <<http://www.revis-taportuaria.com.br/noticia/16835>>. Acesso em: 01 out. 2016.

PORTO DE MANAUS. **Cartilha de Orientação de Acesso.** 2016. Disponível em: <<http://www.portodemanaus.com.br/?pagina=apresentacao>>. Acesso em: 03 set. 2016.

PRADO, D.S.. **Teoria das Filas e da Simulação.** 2.ed. Minas Gerais: INDG, 2004.

PRADO, D. **Usando o Arena em Simulação.** Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

PERROS, H. **Computer Simulation Techniques: The definitive introduction!** Raleigh: NC State University, 2003.

POVIA, M. **Setor portuário nacional.** Brasília: Antaq, 2015. Color.

POVO, Gazeta do. **Porto de Paranaguá contrata projeto executivo para píer em T:** A obra pretende aumentar a capacidade do corredor de exportação do porto paranaense. 2013. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/economia/porto-de-paranagua-contrata-projeto-executivo-para-pier-em-t-bjnqmkosven7122ar0e7lk7da>>. Acesso em: 25 maio 2016.

REVISTA PORTUÁRIA. **Prefeito defende a municipalização do porto.**2009.Disponível em:<<http://www.revistaportuaria.com.br/noticia/5866>>. Acesso em: 23 set.2016.

REVISTA PORTUÁRIA. **Economia e Negócios.** Brasil: Bittencourt, 15 fev. 2016. Disponível em: <<https://issuu.com/bteditora/docs/2016-02-15-portuaria>>. Acesso em: 30 maio 2016.

RODRIGUES, P. R. A. **Introdução aos Sistemas de Transporte no Brasil e a Logística Internacional**, Editora Aduaneiras, 2009, São Paulo.

ROSA, L.F.. **A importância do porto de Itajaí na economia catarinense no período de 2006 – 2011.** Trabalho de Iniciação Científica do curso de Comércio exterior.2012.

RUSSO, H. A. P. G.. **Porto de Itajaí: Sua História.** Atraka Studio Gráfico,2013.

SANTANA, L. H.. **O Porto da Manaus Moderna: Degradação ambiental e trabalho precário.** Dissertação de Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia. PPGSCASA, UFAM, 2006.

SC, G1. **Porto de Itajaí perde linhas para Navegantes e 30 são demitidos.** 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2015/06/porto-de-itajai-perde-linhas-para-navegantes-e-30-sao-demitidos.html>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

SECRETARIA DOS PORTOS. Labtrans. Ufsc. **Movimentação Portuária.** Disponível em: <<https://webportos.labtrans.ufsc.br/Brasil/Movimentacao>>. Acesso em: 25 maio 2016.

SECRETARIA DE PORTOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA – SEP/PR. **Plano mestre Porto de Cabedelo.** 2016. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/arquivos/planos-mestres-sumarios-executivos/se07.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

SECEX - Secretaria de Comércio Exterior – **Departamento de Operação de Comércio Exterior** – Coordenação-Geral de Logística, Regimes Aduaneiros, Crédito e Financiamento. Logística. Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2003. Disponível em: < <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/sececx/logistica/logistica.pdf> >. Acesso em: 15/07/2016.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis, 2005.

SILVA, Rafael Ribeiro Madeira da. **ANÁLISE DA CAPACIDADE PORTUÁRIA BRASILEIRA NAS EXPORTAÇÕES DE MINÉRIO DE FERRO E GRÃOS**. 2013. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro (ufrj), Rio de Janeiro, 2013.

SOUSA JUNIOR, J. N. C. (2010). **Avaliação da eficiência dos portos utilizando análise envoltória de dados: estudo de caso dos portos da região nordeste do Brasil**. Fortaleza, 89 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2010.

SOUSA JUNIOR, F. ; PRATA, B. A.; **Análise da eficiência dos portos da região Nordeste do Brasil baseada em Análise Envoltória de Dados. Sistemas e Gestão**. v.3, n. 2, p.74-91, maio a agosto de 2008.

SOUZA, João Artur de; DANDOLINI, Gertrudes Aparecida. **Utilizando simulação computacional como estratégia de ensino: estudo de caso**. Florianópolis: Cinted, 2009. 9 f.

SPAUTZ, Dagmara. **Ministério dos Transportes lança novo edital para dragagem no Complexo Portuário do Itajaí**. Disponível em: <<http://jornaldesantacatarina.clicrbs.com.br/sc/noticia/2016/11/ministerio-dos-transportes-lanca-novo-edital-para-dragagem-no-complexo-portuario-do-itajai-8202150.html>>. Acesso em: 09 nov. 2016.

SPAUTZ, Dagmara. Governo federal repassa R\$ 4 milhões para obras no Porto. **O Sol Diário**. Balneário Camboriú, p. 0-1. 01 set. 2016. Disponível em: <<http://osoldiario.clicrbs.com.br/sc/economia/noticia/2016/09/governo-federal-repassa-r-4-milhoes-para-obras-no-porto-7389838.html>>. Acesso em: 01 out. 2016.

SPAUTZ, Dagmara. **Obra no Porto de Itajaí segue sem prazo para ser retomada**: Empresa só vai mobilizar o canteiro de obras depois que o governo federal assinar aditivo de contrato. 2016. Clic RBS O sol Diário. Disponível em: <<http://osoldiario.clicrbs.com.br/sc/economia/noticia/2016/11/obra-no-porto-de-itajai-segue-sem-prazo-para-ser-retomada-8443179.html>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

STOLSZA. **Silos Portuários**. Disponível em: <<http://www.stolzsa.com/node/156/ficha>>. Acesso em: 29 set. 2016.

TAHA, Hamdy. **Pesquisa Operacional**. 8. ed. Brasil: Prentice Hall, 2008. 384 p.

TECNOLOGÍSTICA. **Santos Brasil finaliza descarga de componentes para parque eólico no RS**: Três navios foram utilizados para transportar peças importadas ao Terminal de Carga Geral de Imbituba, em Santa Catarina. 2014. Disponível em: <<http://www.tecnologica.com.br/portal/noticias/66775/santos-brasil-finaliza-descarga-de-componentes-para-parque-eolico-no-rs/>>. Acesso em: 29 set. 2016

TEREX. **Guindastes portuários Modelo 4 Modelo compacto e versátil**. 2014. Disponível em: <<http://www.terex.com/port-solutions/pt/products/harbour-cranes/mobile-harbour-cranes/model-4/index.htm>>. Acesso em: 30 set. 2016.

UĞURLU, Ö.; YÜKSEKYILDIZ, E. ; KÖSE E.. **Simulation Model on Determining of Port Capacity and Queue Size: A Case Study for BOTAS Ceyhan Marine Terminal**. The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 2014.

UNCTAD. A handbook for planners in developing countries - United Nations. **Port Development**. New York. 1987.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (Santa Catarina). Laboratório de Transportes e Logística (Org.). **Plano Mestre do Porto de Itajaí**. Itajaí: Porto de Itajaí, 2015. 301 p.

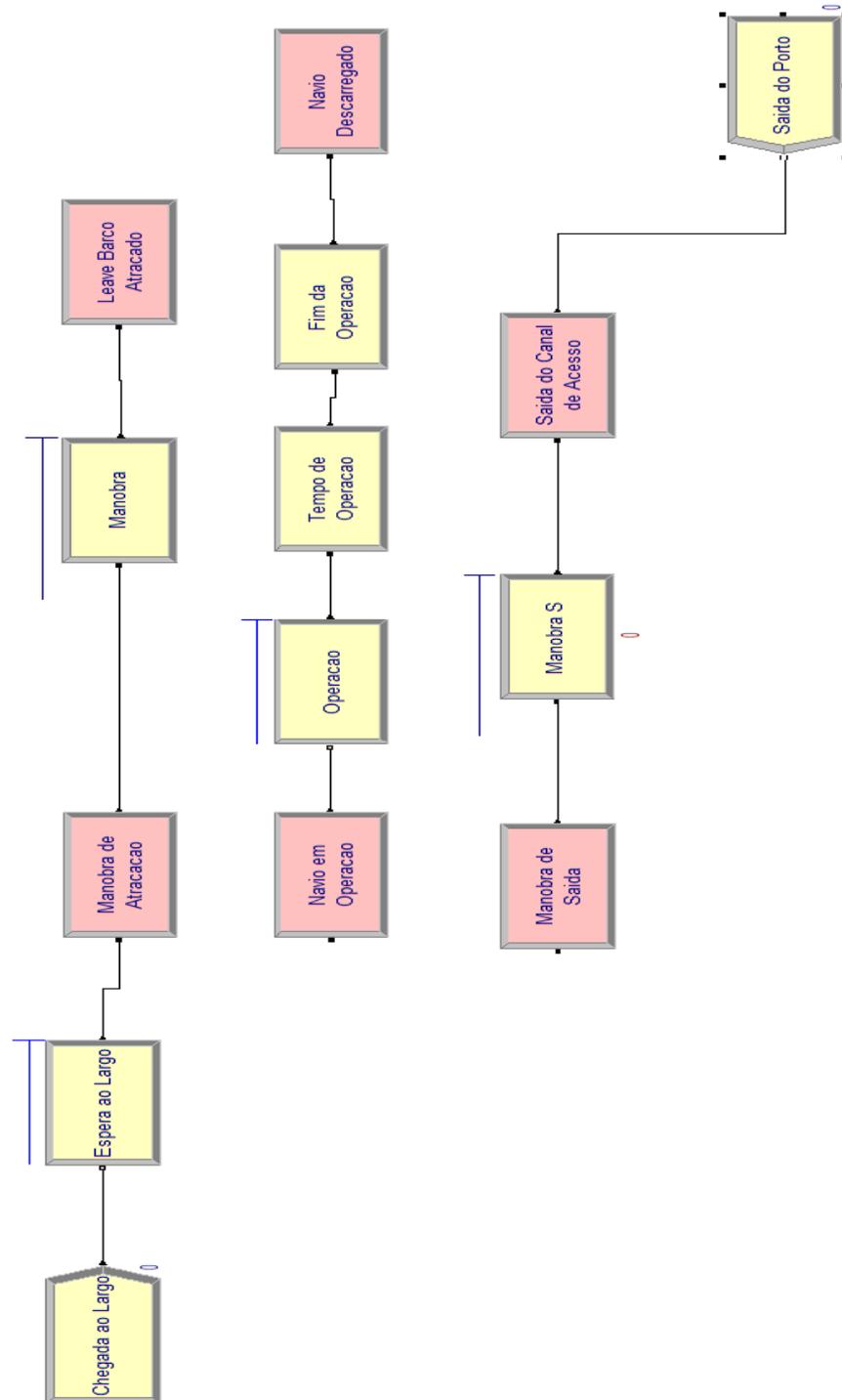
VIEIRA, G. B. B., PASA, G. S., SANTOS, C. H. S., BASSANESI, M. M. R. E MACHADO, J. K. (2006) **O nível de serviço do Tecon Rio Grande a partir da ótica dos usuários**. III SINAP - Simpósio Internacional de Gestão de Negócios em Ambiente Portuário.

WOOD, D. F.; WARDLOW, D. L.; MURPHY, P. R. **Contemporary logistics**. 7th ed. Upper Saddle River, N. J.: Prentice Hall, 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Modelo Aplicado no Arena

Figura A.1: Modelo Aplicado no Software



Fonte: AUTOR (2016)

## APÊNDICE B – Parâmetros Utilizados para Simulação Cenários

Figura B.1: Parâmetros do Bloco Espera no Largo

The 'Hold' dialog box contains the following fields and values:

- Name: **Espera ao Largo**
- Type: **Scan for Condition**
- Condition: `ResUtil(Berco 3) == 0 && ResUtil(Pratico 1) == 0 && ResUtil(F`
- Queue Type: **Queue**
- Queue Name: **Espera ao Largo.Queue**

Fonte: AUTOR (2016)

Figura B.2: Parâmetros do Processo Atracação

The 'Station' dialog box contains the following fields and values:

- Name: **Manobra de Atracacao**
- Station Type: **Station**
- Station Name: **Atracacao**
- Parent Activity Area: (empty)
- Associated Intersection: (empty)
- Report Statistics

The 'Process' dialog box contains the following fields and values:

- Name: **Manobra**
- Type: **Standard**
- Logic: **Seize Delay Release**
- Priority: **Medium(2)**
- Resources: **Resource, Pratico 1, 1**
- Delay Type: **Triangular**
- Units: **Hours**
- Allocation: **Value Added**
- Minimum: **.3**
- Value (Most Likely): **.5**
- Maximum: **1**
- Report Statistics

Fonte: AUTOR (2016)

Figura B.3: Estágio Barco Atracado

The 'Leave' dialog box is configured with the following settings:

- Name: Leave Barco Atracado
- Allocation: Value Added
- Delay: 1
- Units: Hours
- Transfer Out: None
- Connect Type: Route
- Move Time: 0
- Units: Hours
- Station Type: Station
- Station Name: Operacao

Fonte: AUTOR (2016)

Figura B.4: Processo Operação

The 'Seize' dialog box is configured with the following settings:

- Name: Operacao
- Allocation: Other
- Priority: Medium(2)
- Resources: Resource, Barco 3, 1
- Queue Type: Queue
- Queue Name: Operacao.Queue

The 'Release' dialog box is configured with the following settings:

- Name: Fim da Operacao
- Resources: Resource, Barco 3, 1

Fonte: AUTOR (2016)

Figura B.5: Tempo de Operação Cenário 1

The screenshot shows a dialog box titled "Delay" with a question mark icon and a close button. It contains the following fields:

- Name:** Tempo de Operacao
- Allocation:** Other
- Delay Time:** TRIA( 122, 156 , 190 )
- Units:** Hours

At the bottom, there are three buttons: OK, Cancel, and Help.

Fonte: AUTOR (2016)

Figura B.6: Tempo de Operação Cenário 2

The screenshot shows a dialog box titled "Delay" with a question mark icon and a close button. It contains the following fields:

- Name:** Tempo de Operacao
- Allocation:** Other
- Delay Time:** TRIA( 98, 125 , 149 )
- Units:** Hours

At the bottom, there are three buttons: OK, Cancel, and Help.

Fonte: AUTOR (2016)

Figura B.7: Tempo de Operação Cenário 3

The screenshot shows a dialog box titled "Delay" with a question mark icon and a close button. It contains the following fields:

- Name:** Tempo de Operacao
- Allocation:** Other
- Delay Time:** TRIA( 90,58, 116 , 140 )
- Units:** Hours

At the bottom, there are three buttons: OK, Cancel, and Help.

Fonte: AUTOR (2016)

Figura B.8: Tempo de Operação Cenário 4

Delay

Name: Allocation:

Tempo de Operacao Other

Delay Time: Units:

TRIA( 72,46, 92,75 , 117 ) Hours

OK Cancel Help

Fonte: AUTOR (2016)

Figura B.9: Fim do Processo de Operação

Leave

Name: Allocation:

Navio Descarregado Value Added

Delay: Units:

1 Hours

Logic

Transfer Out:

None

Connect Type: Move Time: Units:

Route 0 Hours

Station Type: Station Name:

Station Saida

OK Cancel Help

Fonte: AUTOR (2016)

Figura B.10: Manobra de Saída

Process

Name: Manobra S Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

Resource, Pratico 2, 1  
<End of list>

Delay Type: Triangular Units: Hours Allocation: Value Added

Minimum: .3 Value (Most Likely): .5 Maximum: 1

Report Statistics

OK Cancel Help

Fonte: AUTOR (2016)

Figura B.11: Saída do Canal de Acesso

Leave

Name: Saída do Canal de Acesso Allocation: Value Added

Delay: 0 Units: Hours

Logic

Transfer Out: None

Connect Type: Connect

OK Cancel Help

Fonte: AUTOR (2016)

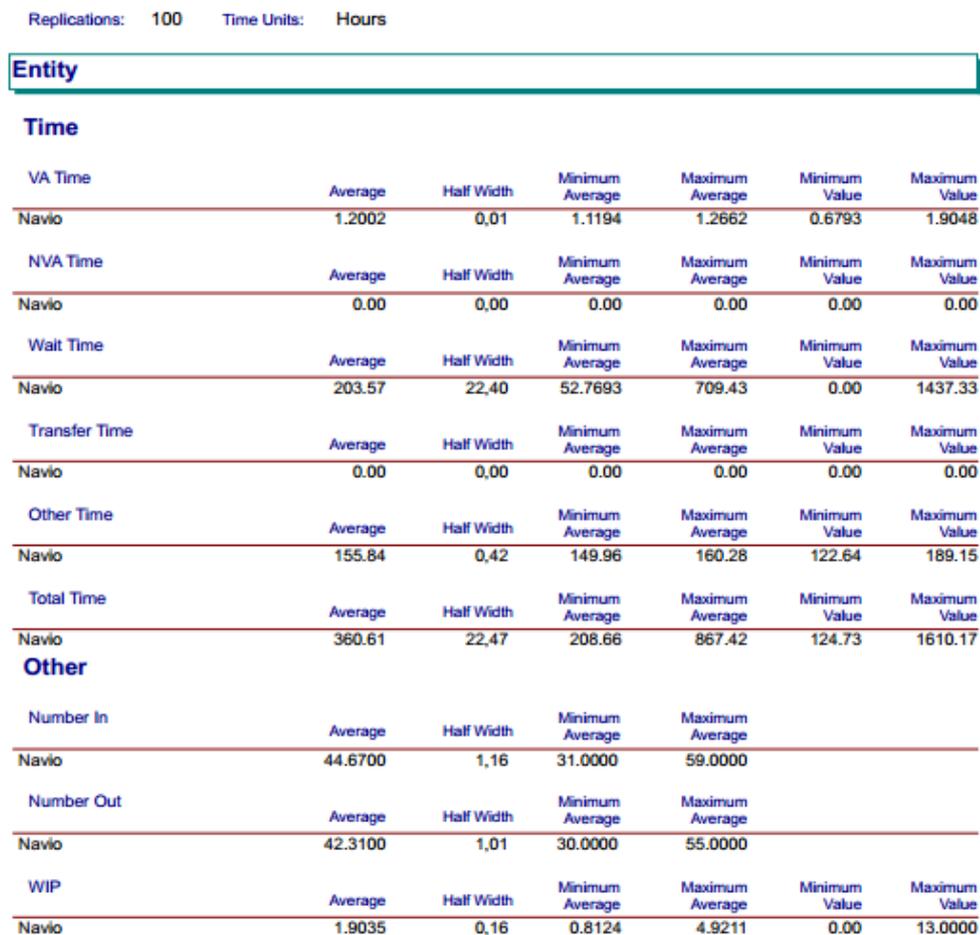
## APÊNDICE C – Resultados dos Cenários

Figura C.1: Resultados do Cenário 1



Fonte: AUTOR (2016)

Figura C.2: Resultados do Cenário 1



Fonte: AUTOR (2016)

Figura C.3: Resultados do Cenário 1

Replications: 100 Time Units: Hours

Queue						
Time						
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Espera ao Largo.Queue	205.14	22.42	64.7137	694.95	0.00	1437.33
Manobra S.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manobra.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Operacao.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other						
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Espera ao Largo.Queue	1.1235	0,15	0.2703	3.9619	0.00	12.0000
Manobra S.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manobra.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Operacao.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fonte: AUTOR (2016)

Figura C.4: Resultados do Cenário 1

Replications: 100 Time Units: Hours

Resource						
Usage						
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Berco 3	0.7740	0,02	0.5380	0.9908	0.00	1.0000
Pratico 1	0.00299592	0,00	0.00203601	0.00377127	0.00	1.0000
Pratico 2	0.00296632	0,00	0.00202986	0.00405273	0.00	1.0000
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Berco 3	0.7740	0,02	0.5380	0.9908	0.00	1.0000
Pratico 1	0.00299592	0,00	0.00203601	0.00377127	0.00	1.0000
Pratico 2	0.00296632	0,00	0.00202986	0.00405273	0.00	1.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Berco 3	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Pratico 1	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Pratico 2	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Fonte: AUTOR (2016)

Figura C.5: Resultado do Cenário 2

01:39:13

**Category Overview**

novembro 6, 2016

*Values Across All Replications***Unnamed Project**

Replications: 100 Time Units: Hours

**Key Performance Indicators****System**

Average

Number Out

43

Fonte: AUTOR (2016)

Figura C.6: Resultado do Cenário 2

Replications: 100 Time Units: Hours

**Entity****Time**

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio	1.2017	0,01	1.1132	1.2738	0.6930	1.9233
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio	89.8081	8,26	35.1561	222.60	0.00	754.21
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio	123.87	0,30	120.56	127.66	98.3287	148.44
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio	215.88	8,26	160.05	349.85	101.32	890.30
Other						
Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Navio	44.6700	1,16	31.0000	59.0000		
Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Navio	43.3300	1,12	30.0000	59.0000		
WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio	1.1287	0,07	0.5841	2.2485	0.00	10.0000

Fonte: AUTOR (2016)

Figura C.7: Resultado do Cenário 2

Replications: 100 Time Units: Hours

Queue						
Time						
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Espera ao Largo.Queue	90.0743	8,28	35.1561	218.06	0.00	754.21
Manobra S.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manobra.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Operacao.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other						
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Espera ao Largo.Queue	0.4886	0,06	0.1498	1.3899	0.00	9.0000
Manobra S.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manobra.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Operacao.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fonte: AUTOR (2016)

Figura C.8: Resultado do Cenário

Replications: 100 Time Units: Hours

Resource						
Usage						
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Berco 3	0.6290	0,02	0.4267	0.8477	0.00	1.0000
Pratico 1	0.00308177	0,00	0.00211507	0.00434407	0.00	1.0000
Pratico 2	0.00302107	0,00	0.00204138	0.00425286	0.00	1.0000
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Berco 3	0.6290	0,02	0.4267	0.8477	0.00	1.0000
Pratico 1	0.00308177	0,00	0.00211507	0.00434407	0.00	1.0000
Pratico 2	0.00302107	0,00	0.00204138	0.00425286	0.00	1.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Berco 3	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Pratico 1	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Pratico 2	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Berco 3	0.6290	0,02	0.4267	0.8477		
Pratico 1	0.00308177	0,00	0.00211507	0.00434407		
Pratico 2	0.00302107	0,00	0.00204138	0.00425286		

Fonte: AUTOR (2016)

Figura C.9: Resultado do Cenário 3

<b>Unnamed Project</b>
------------------------

Replications: 100 Time Units: Hours

**Key Performance Indicators****System**

Number Out

Average

44

Fonte: AUTOR (2016)

Figura C.10: Resultados do Cenário 3

Entity							
<b>Time</b>							
VA Time		Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio		1.2008	0,01	1.1337	1.2621	0.6793	1.9048
NVA Time		Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio		0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time		Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio		73.3432	6,61	28.8574	183.65	0.00	696.65
Transfer Time		Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio		0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time		Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio		115.42	0,30	111.43	118.64	91.0525	139.39
Total Time		Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio		189.97	6,68	142.62	300.92	92.5448	828.27
<b>Other</b>							
Number In		Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Navio		44.6700	1,16	31.0000	59.0000		
Number Out		Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Navio		43.5200	1,12	30.0000	59.0000		
WIP		Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio		0.9914	0,06	0.5292	1.8012	0.00	9.0000

Fonte: AUTOR (2016)

Figura C.11: Resultados do Cenário 3

Replications: 100 Time Units: Hours

Queue						
Time						
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Espera ao Largo.Queue	73.4536	6,67	28.8574	183.36	0.00	696.65
Manobra S.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manobra.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Operacao.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other						
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Espera ao Largo.Queue	0.3970	0,04	0.1258	1.1163	0.00	8.0000
Manobra S.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manobra.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Operacao.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fonte: AUTOR (2016)

Figura C.12: Resultados do Cenário 3

Replications: 100 Time Units: Hours

Resource						
Usage						
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Berco 3	0.5883	0,02	0.3993	0.8012	0.00	1.0000
Pratico 1	0.00307048	0,00	0.00203601	0.00404397	0.00	1.0000
Pratico 2	0.00305017	0,00	0.00208565	0.00442121	0.00	1.0000
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Berco 3	0.5883	0,02	0.3993	0.8012	0.00	1.0000
Pratico 1	0.00307048	0,00	0.00203601	0.00404397	0.00	1.0000
Pratico 2	0.00305017	0,00	0.00208565	0.00442121	0.00	1.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Berco 3	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Pratico 1	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Pratico 2	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Berco 3	0.5883	0,02	0.3993	0.8012		
Pratico 1	0.00307048	0,00	0.00203601	0.00404397		
Pratico 2	0.00305017	0,00	0.00208565	0.00442121		

Fonte: AUTOR (2016)

Figura C.13: Resultados do Cenário 4

Unnamed Project	
Replications:	100
Time Units:	Hours
<b>Key Performance Indicators</b>	
<b>System</b>	Average
Number Out	44

Fonte: AUTOR (2016)

Figura C.14: Resultados do Cenário 4

Entity						
<b>Time</b>						
VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio	1.2011	0,01	1.1356	1.2680	0.6793	1.9048
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio	41.0151	3,81	13.7966	108.32	0.00	488.84
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio	93.9820	0,27	90.4472	96.8607	72.8607	116.42
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio	136.20	3,88	108.77	204.06	74.2570	586.10
<b>Other</b>						
Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Navio	44.6700	1,16	31.0000	59.0000		
Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Navio	43.8000	1,14	30.0000	59.0000		
WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Navio	0.7103	0,03	0.3904	1.3402	0.00	8.0000

Fonte: AUTOR (2016)

Figura C.15: Resultados do Cenário 4

Replications: 100 Time Units: Hours

Queue						
Time						
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Espera ao Largo.Queue	41.2201	3,88	14.0444	108.73	0.00	539.56
Manobra S.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manobra.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Operacao.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other						
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Espera ao Largo.Queue	0.2224	0,03	0.06128592	0.7539	0.00	7.0000
Manobra S.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manobra.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Operacao.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fonte: AUTOR (2016)

Figura C.16: Resultados do Cenário 3

Replications: 100 Time Units: Hours

Resource						
Usage						
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Berco 3	0.4818	0,01	0.3250	0.6528	0.00	1.0000
Pratico 1	0.00308532	0,00	0.00203601	0.00404397	0.00	1.0000
Pratico 2	0.00307095	0,00	0.00208565	0.00442121	0.00	1.0000
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Berco 3	0.4818	0,01	0.3250	0.6528	0.00	1.0000
Pratico 1	0.00308532	0,00	0.00203601	0.00404397	0.00	1.0000
Pratico 2	0.00307095	0,00	0.00208565	0.00442121	0.00	1.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Berco 3	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Pratico 1	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Pratico 2	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Berco 3	0.4818	0,01	0.3250	0.6528		
Pratico 1	0.00308532	0,00	0.00203601	0.00404397		
Pratico 2	0.00307095	0,00	0.00208565	0.00442121		

Fonte: AUTOR (2016)