



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA NAVAL

LANDRIN SANDIN GONÇALVES DE OLIVEIRA FILHO

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE EMBARQUE DE NAVIOS DE GRÃOS
UTILIZANDO MODELO DE SIMULAÇÃO: Estudo de caso no complexo portuário
do Itaqui

Belém– PA
2023

LANDRIN SANDIN GONÇALVES DE OLIVEIRA FILHO

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE EMBARQUE DE NAVIOS DE GRÃOS
UTILIZANDO MODELO DE SIMULAÇÃO: Estudo de caso no complexo portuário
do Itaqui**

Dissertação de Mestrado Submetida ao Corpo Docente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Naval da Universidade Federal do Pará como requisito final para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Naval.

Área de Concentração: Transportes

Orientador: Prof. Dr. Hito Braga de Moraes

**Belém– PA
2023**

FICHA CATALOGRÁFICA

Sandin, Landrin Gonçalves de Oliveira Filho.

Otimização do processo de embarque de navios de grãos utilizando modelo de simulação: Estudo de caso no complexo portuário do Itaqui/ Landrin Sandin Gonçalves de Oliveira Filho - Orientador – Hito Braga de Moraes - Belém, 2023.

Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Pará, Belém, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Hito Braga de Moraes

1. Modelagem; Modelagem, Simulação Arena; Transporte Soja Itaqui.
2. UFPA / BC

LANDRIN SANDIN GONÇALVES DE OLIVEIRA FILHO

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE EMBARQUE DE NAVIOS DE GRÃOS
UTILIZANDO MODELO DE SIMULAÇÃO: Estudo de caso no complexo portuário
do itaqui**

Dissertação de Mestrado submetida ao corpo docente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Naval do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Naval.

APROVADO EM:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Hito Braga de Moraes
(Orientador)

Prof. Dr. Said Mounsiif
(Coordenador)

Prof^a. Dra. Lucélia Marques Lima da Rocha
(Membro)

Prof. Dr. Nelio Moura de Figueiredo
(Membro)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Landrin (in memorian) e a minha mãe Dona Minervina, que sempre priorizaram minha educação, definitivos responsáveis pelas oportunidades que tive em minha vida, como esse curso. A minha filha Priscilla, que com seu carinho e muita paciência, tornou nosso lar o melhor ambiente possível para que eu pudesse desenvolver as atividades deste curso. Obrigado a todos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo que me presenteou até hoje e até pelas dificuldades que me fortaleceram a cada dia mais e mais.

Aos meus irmãos, eternos companheiros, aos meus tios queridos, meus sobrinhos, primos e aos que fazem parte desta grande família, que muito contribuíram para a conclusão deste curso.

Ao meu amigo e orientador, Hito Braga de Moraes, pelo suporte, disponibilidade, confiança e incentivo na condução deste trabalho.

Ao Prof. Marcus (in memoriam), que mostrou sua capacidade e determinação de lutar pela vida de forma intensa e a ele agradeço eternamente.

Aos meus amigos e colegas de turma, cujo convívio se revelou o fruto mais especial desse mestrado.

RESUMO

O porto do Itaqui, Maranhão/Brasil, consolidou a sua posição de destaque no arco norte, sendo o único a movimentar grãos em quantidade acima do seu potencial, estimado para exportar cerca de 12 milhões de toneladas em 2020 e fechou o ano com 12,1 milhões de toneladas de grãos movimentadas. O crescimento das exportações se deu com a consolidação da 2ª fase do Terminal de Grãos do Porto do Itaqui - Tegram somados aos investimentos feitos na ampliação, com adoção de medidas para melhorar a operacionalização, com a otimização dos acessos, da dragagem dos berços e dos canais de acesso, proporcionando aumentar a capacidade de movimentar de 20 milhões de toneladas em 2025. O presente trabalho se propõe a escolher o cenário entre os modelos simulados, que apresente os melhores resultados nas operações de carregamento de navios de grãos, com a aplicação de processos estocásticos através da técnica de modelagem e simulação utilizando software especializado, que proporcione a otimização da capacidade produtiva do porto do Itaqui. Para o desenvolvimento do modelo foi utilizado o software Arena e através de dois cenários alternativos foram feitas análises em relação aos tempos de espera no fundeio, número de navios atendidos e índice de ocupação.

Palavras-chave: Modelagem; Simulação Arena; Transporte Soja Itaqui

ABSTRACT

The port of Itaqui, Maranhão/Brazil, consolidated its prominent position in the northern arc, being the only one to move grains in quantities above its potential, estimated to export around 12 million tons in 2020 and closed the year with 12, 1 million tons of grain moved. The growth in exports occurred with the consolidation of the 2nd phase of the Itaqui Port Grain Terminal - Tegram, added to the investments made in the expansion, with the adoption of measures to improve operationalization, with the optimization of access, the dredging of berths and access channels, providing an increase in the capacity to move 20 million tons in 2025. The present work proposes to choose the scenario among the simulated models, which presents the best results in grain ship loading operations, with the application of stochastic processes through modeling and simulation techniques using specialized software, which provides optimization of the productive capacity of the port of Itaqui. The Arena software was used to develop the model and, through two alternative scenarios, analyzes were carried out in relation to waiting times at anchorage, number of ships served and occupancy rate.

Keywords: Modeling; Arena Simulation; Transport Soy Itaqui

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Dados obtidos movimentação Tegram – Soja.....	62
Quadro 2 - Características do canal de acesso do Itaqui e as TUPs	78
Quadro 3- Especificações técnicas do canal de acesso.....	78
Quadro 4 - Características dos berços exportadores de grãos	83
Quadro 5 - Equipamentos instalados no cais, em funcionamento.....	87
Quadro 6 - Equipamentos de ligação que estão operando.....	88
Quadro 7 - Equipamentos da retroárea utilizados no carregamento de grãos.	88
Quadro 8 - Capacidade de embarque Tegram e VLI.....	90
Quadro 9 - Número de berços previsão para 2025	91
Quadro 10 - Movimentação de grãos porto do ItaquiFonte: Autor.	91
Quadro 11 – Dados relevantes da programação dos navios	110
Quadro 12 - Resultados gerados após a modelagem	110
Quadro 13 – Comparação entre o real e o conceitual.....	111

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Demanda movimentada VLI + Tegram	92
Gráfico 2 - Demanda vs Capacidade de Armazenagem Dinâmica no Tegram	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Navios utilizados no transporte de grãos	20
Tabela 2 - Tipos de distribuição de frequência.....	51
Tabela 3 - Coordenadas geográficas da localização do porto do Itaqui	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Posição geográfica do porto do Itaqui	22
Figura 2 - Exemplos de arranjos de terminais portuários	26
Figura 3 - Elementos de um terminal portuário.....	26
Figura 4 - Operações realizadas em um terminal de granéis sólidos.....	27
Figura 5 – Fluxograma - operação portuária	28
Figura 6 - Componentes de um terminal portuário	29
Figura 7- Sistema de carregamento de grãos (<i>shiploader</i>)	30
Figura 8 - Etapas do processo de modelagem e simulação	33
Figura 9 - Etapas de um processo de simulação - Promodel Corporation.....	35
Figura 10 - Classificação dos sistemas para modelagem	38
Figura 11 - Tipos de distribuição.....	41
Figura 12 - Etapas de simulação.....	44
Figura 13 - Ambiente do ARENA®	45
Figura 14 - Bloco <i>CREATE</i>	47
Figura 15 - Bloco <i>PROCESS</i>	48
Figura 16 - Bloco <i>DISPOSE</i>	48
Figura 17 - Exemplo de um modelo criado no ARENA	49
Figura 18 - Exemplo de Relatório de Resultados	49
Figura 19 - Tela de saída do <i>Input Analyzer</i>	50
Figura 20 - Exemplo de gráfico gerado no <i>Output Analyzer</i>	52
Figura 21- Exemplo do uso do <i>Process Analyzer</i>	53
Figura 22 - Modelo da situação atual no estudo de Silva (2011)	57
Figura 23 – Metodologia de simulação.	60
Figura 24 - Fluxograma de descarregamento de caminhões no Tegram.....	63
Figura 25 – Taxa de ocupação dos berços de embarque de grãos.....	64
Figura 26 - Processo de importação e exportação de um terminal portuário	67
Figura 27 - Ciclo do trem	69
Figura 28 - Ciclo do caminhão	69
Figura 29 - Fluxo lógico do navio	70
Figura 30 - Fluxo e localização das variáveis.....	71
Figura 31 - Localização do complexo portuário do Itaqui, São Luis/MA.....	73
Figura 32 - Delimitação geográfica do complexo portuário do Itaqui.	74

Figura 33 - Fatores da cadeia logística de um complexo portuário.....	75
Figura 34 - Área de influência do porto do Itaqui(hinterlândia)	75
Figura 35 - Localização das rodovias da área de influência do Itaqui	76
Figura 36 - Canal externo de acesso ao porto do Itaqui	77
Figura 37 - Área de fundeio da Baía de São Marcos.....	79
Figura 38 - Localização da bacia de evolução do Porto do Itaqui.....	80
Figura 39 - Acessos terrestres Porto do Itaqui.....	81
Figura 40 - Características dos berços do porto do Itaqui	82
Figura 41 - Vista aérea dos berços de embarque de grãos do Itaqui	82
Figura 42 - Infraestrutura do Tegram	86
Figura 43 - Berços 99 e 98 integrados de forma contínua ao berço 100	90
Figura 44 - Dados de registro de chegadas dos navios no fundeio.....	96
Figura 45 - Modelo de simulação do cenário 1	99
Figura 46 - Dados de entrada, definição das entidades	100
Figura 47 - Interação estatística considerando o tempo discreto versus replicações.....	100
Figura 48 - Planilha dos dados contínuos.....	101
Figura 49 - Resultados após a replicação	103
Figura 50 - Modelo de simulação do cenário 2	104
Figura 51 - Interação estatística considerando o tempo discreto versus replicações.....	105
Figura 52 - Planilha dos dados contínuos.....	105
Figura 53- Resultados após a replicação	105
Figura 54 - Modelo de simulação do cenário 3	106
Figura 55 - Interação estatística considerando o tempo discreto versus replicações.....	107
Figura 56 - Planilha dos dados contínuos.....	107
Figura 57 - Resultados após a replicação	108
Figura 58 – Programação de navios para o berço 100.....	109
Figura 59- Programação de navios para o berço 103	110

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A - Amplitude de Maré ($A = HP - HB$)

AF4 – Área de fundeio número 4

AJB - Águas Jurisdicionais Brasileiras

ALUMAR - Consórcio de Alumínio do Maranhão

ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres

APEM - Associação dos Práticos do Estado do Maranhão

BERÇO – Local de atracação do navio no porto;

BM - Baixa-mar

CMR - Calado Máximo Recomendado

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONSAD - Conselho de Administração Portuária

COPI - Companhia Operadora Portuária do Itaqui

CPMA - Capitania dos Portos do Maranhão

DEMURRAGE - Multa a ser paga quando se demora mais do que o estipulado nos postos de descarga ou de embarque em navios;

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral

DWT - *Dead Weight Tonnage*

EFC - Estrada de Ferro Carajás

EMAP - Empresa Maranhense de Administração Portuária

EVTE - Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica

FAQ - Folga Abaixo da Quilha

FICO - Ferrovia de Integração do Centro-Oeste

FIOL - Ferrovia de Integração Oeste-Leste

FNS - Ferrovia Norte-Sul

FNSTC - Ferrovia Norte-Sul – Tramo Central

FNSTN - Ferrovia Norte-Sul – Tramo Norte

FTL - Ferrovia Transnordestina Logística S.A.

HB - Altura da baixa-mar

HINTERLÂNDIA – Zona de influência do porto

HP - Altura da preamar

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

ISPS CODE - Código Internacional de Segurança Para Navios e Instalações Portuárias

LOA - Comprimento “de fora a fora” ou seja, comprimento máximo da embarcação, entre as partes mais salientes à proa e à popa, medidos perpendicularmente à linha d’água;

NBR - Norma Brasileira

NORMAM - Normas da Autoridade Marítima

NPCP-MA - Normas e Procedimentos da Capitania dos Portos do Maranhão

NR - Norma Regulamentadora

PDZ - Plano de Desenvolvimento e Zoneamento

PEI - Plano de Emergência Individual

PETROBRÁS - Petróleo Brasileiro S.A.

PIANC - Associação Mundial para a Infraestrutura de Transportes Aquaviários

PIER – Local de atracação do navio no porto

PM - Preamar

POB - Horário do Prático a bordo (*Pilot on Board*)

SNP/MTPA – Secretaria Nacional dos Portos

TEGRAM - Terminal de Grãos do Complexo Portuário do Itaquí

TLISA – Transnordestina Logística S.A

TMPM - Terminal Marítimo de Ponta da Madeira

TPB - Tonelagem de Porte Bruto

TU - Tonelada útil

TUP - Terminal de Uso Privado

Underwater - Inspeção Subaquática

VLI – Sistema Logístico Multimodal da empresa VALE

VTMIS - *Vessel Traffic Management and Information System*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	JUSTIFICATIVA.....	23
1.2	HIPÓTESE.....	23
1.3	OBJETIVOS.....	23
1.3.1	<i>Objetivo Geral</i>	23
1.3.2	<i>Objetivos Específicos</i>	24
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	24
2	REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1	O SISTEMA PORTUÁRIO	25
2.2	ELEMENTOS PORTUÁRIOS	25
2.3	OPERAÇÕES PORTUÁRIAS	27
2.3.1	<i>Fluxograma de uma operação portuária</i>	28
2.4	CAPACIDADE PORTUÁRIA	28
2.4.1	<i>Capacidade do cais</i>	30
2.5	MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO SISTEMA.....	32
2.5.1	<i>A abordagem de simulação</i>	32
2.5.2	<i>Conceitos utilizados em processos de modelagem e simulação</i>	36
2.5.3	<i>Sistemas de modelagem e simulação</i>	37
2.5.4	<i>Análises estatísticas</i>	39
2.6	SIMULAÇÃO.....	44
2.6.1	<i>Como simular</i>	44
2.6.2	<i>Software ARENA®</i>	45
2.6.3	<i>Ferramentas básicas de modelagem software ARENA®</i>	46
2.6.4	<i>Input Analyzer</i>	49
2.6.5	<i>Output Analyzer</i>	52
2.6.6	<i>Process Analyzer</i>	52
2.7	SIMULAÇÃO EM SISTEMAS PORTUÁRIOS UTILIZANDO O ARENA®	53
3	METODOLOGIA.....	59
3.1	FORMULAÇÃO E CONCEPÇÃO	61
3.1.1	<i>Modelo</i>	61
3.1.2	<i>Chegada da carga no terminal de grãos - Tegram</i>	61

3.2	DESCRIÇÃO DO MODELO CONCEITUAL	65
3.2.1	<i>Coleta dados de entrada</i>	66
3.3	IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO.....	68
3.3.1	<i>Ciclo do trem</i>	69
3.3.2	<i>Ciclo do caminhão</i>	69
3.3.3	<i>Ciclo do navio</i>	69
3.3.4	<i>Análise dos resultados do modelo</i>	71
3.3.5	<i>Diferença entre os cenários</i>	72
4	ESTUDO DE CASO: COMPLEXO PORTUÁRIO DO ITAQUI.....	73
4.1	GERAL.....	73
4.2	LOCALIZAÇÃO	73
4.3	ÁREA DE INFLUÊNCIA DO PORTO - HINTERLÂNDIA	74
4.4	ACESSOS.....	77
4.4.1	<i>Acesso Aquaviário</i>	77
4.4.2	<i>Acessos terrestres</i>	80
4.5	INFRAESTRUTURA PORTUÁRIA DO PORTO	81
4.5.1	<i>Berços de atracação</i>	81
4.5.2	<i>Sinalização do canal, práticos e rebocadores</i>	84
4.5.3	<i>Gerenciamento do tráfego de embarcações</i>	84
4.6	TERMINAL DE GRÃOS - TEGRAM.....	85
4.7	DADOS OPERACIONAIS ESPECÍFICOS	86
4.7.1	<i>Situação Atual</i>	86
4.8	ANÁLISE DA CAPACIDADE E PREMISSAS PARA O PORTO DO ITAQUI.....	89
4.9	OTIMIZAÇÃO DA CAPACIDADE E TRANSPORTE DOS NAVIOS	91
4.9.1	<i>Análise Demanda x Capacidade</i>	92
4.9.2	<i>Análise do recebimento e armazenagem</i>	93
5	ANÁLISE UTILIZANDO O SOFTWARE ARENA	94
5.1	ETAPA DE PLANEJAMENTO.....	94
5.2	ETAPA DE MODELAGEM	95
5.3	ETAPA DE LEVANTAMENTO DE DADOS.....	95
5.4	ETAPA DE EXPERIMENTAÇÃO.....	97
5.4.1	<i>Modelo</i>	98

6	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	109
6.1	VALIDAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL	109
6.2	AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	111
6.2.1	<i>Operacional</i>	<i>111</i>
6.2.2	<i>Custos</i>	<i>113</i>
7	CONCLUSÃO.....	114
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	115
	ANEXO.....	118
	ANEXO A.....	118
	ANEXO B.....	120

1 INTRODUÇÃO

O transporte marítimo é o principal modal utilizado pelo comércio internacional e está ligado diretamente a atividade portuária, com a introdução de tecnologias modernas na navegação marítima e na infraestrutura portuária, provocou uma mudança significativa no comércio mundial.

Uma visão sistêmica da atividade portuária permite definir que os portos são dotados de berços que alinhados permitem acolher navios maiores, dotados de modernos equipamentos de manuseio das cargas e de estruturas de armazenamento adequados para atender às demandas impostas pelo aumento regular das trocas marítimas. O porto ao minimizar o tempo de permanência do navio demonstra sua eficiência, que é a soma da espera para atracação, tempo de operação e tempo para liberação do navio, esta redução do tempo de operação no porto trará um aumento significativo da produtividade do navio e a redução dos seus custos operacionais, sendo a eficiência portuária também avaliada segundo a performance operacional, a qualidade da infraestrutura existente e o grau de segurança associado à operação.

Um fato que chama atenção é a evolução dos navios de carga, os inúmeros avanços que tornam esses meios de transporte cada vez mais econômicos e ecologicamente corretos, com mais segurança durante a navegação com maiores capacidades de transportar cargas por todo o mundo, a necessidade de ampliar os tamanhos dos navios cargueiros utilizados no transporte de grãos foi imprescindível (ver Tabela 1), sendo assim, torna-se natural que grande parte da economia global esteja diretamente ligada às movimentações que acontecem sobre as águas. O desafio se estendeu aos portos, com os tamanhos impressionantes dos navios precisaram se adaptar para conseguir recebê-los.

Tabela 1 – Navios utilizados no transporte de grãos

CAPACIDADES NOMINAIS
Handysize – porte aprox. 26,000 – 28,000 t
Handymax – porte inferior a 50,000 t
Supramax – navios com 50,000 t ≤ porte < 60,000 t
Panamax – navios com boca inferior a 32.24 m, porte aprox. 60,000 – 75,000 t
Capesize – navios com dimensões superiores a Panamax e que praticam a rota do Cabo da Boa Esperança, com porte aproximado de 170,000 t a 220.000 t.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Os portos brasileiros ao longo dos anos tiveram que se adaptar ao modelo atual, possuem na sua grande maioria capacidade insuficiente para atender o crescimento da movimentação de cargas e isto sempre preocupou a comunidade portuária, a capacidade da infraestrutura atual e acessos inadequados comprometem a capacidade de atender a demanda gerada pelo escoamento da produção nacional, sabemos que existem problemas logísticos na área portuária, itens tais como: o transporte rodoviário e ferroviário de cargas, falta de conectividade entre meios de transporte, dragagem dos canais, berços com alta taxa de ocupação, deficiência no monitoramento dos navios, são fatores que surgem como obstáculos a serem enfrentados pelo setor.

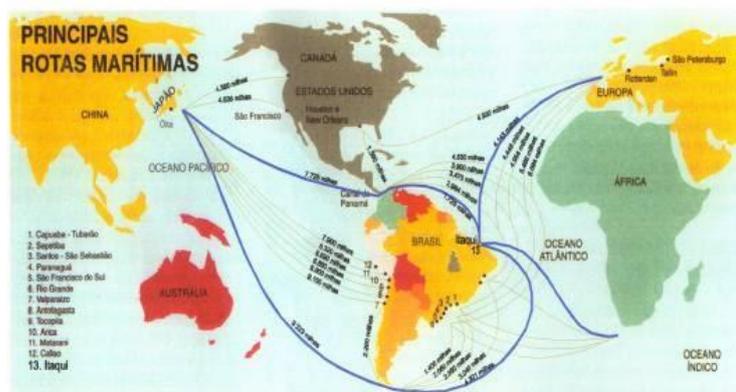
O porto é um ativo de passagem, sendo assim não pode se tornar uma impedância dos subsistemas que o atendem, as conexões terrestres rodoviário e ferroviário e a outra conexão que é o acesso aquaviário, devem compor a logística que permite o seu crescimento. Notadamente, as intervenções necessárias em um complexo portuário demandam recursos elevados e longos períodos para que haja o retorno do investimento e neste cenário as técnicas de simulação se apresentam como uma ferramenta eficaz para a solução dos problemas operacionais ou permitem analisar a sistemática do processo logístico portuário, auxiliando na identificação dos gargalos operacionais e nas tomadas de decisão.

A simulação computacional pode ser usada para investigar as implicações de modificações operacionais e logísticas dos terminais existentes, bem como o planejamento de novas instalações. A visualização tridimensional e as imagens “rápidas” dos desenvolvimentos de portos e terminais propostos, podem ajudar no refinamento dos layouts nos estágios iniciais do planejamento (Pianc, 2014).

O porto do Itaqui dentro do seu Plano de Desenvolvimento e Zoneamento - PDZ em um prazo de 20 (vinte) anos deve chegar a movimentar cerca de 50 a 60 milhões de toneladas/ano, considerando que os meios de acesso, as dimensões do canal de acesso ao porto, as variáveis ambientais (marés, correntes, ventos), a quantidade de embarcações de apoio e de práticos, são fatores que não serão restrições para o crescimento do porto.

É notável a importância mundial do porto do Itaqui, a sua excelente situação geográfica (Figura 1) lhe proporciona vantagens competitivas, o complexo portuário de São Luís é importante economicamente não só para o Maranhão, uma vez que sua área de influência tem sido ampliada nos últimos 30 anos, o que deriva das iniciativas de planejamento territorial e foi incrementado com a ascensão do comércio internacional por intermédio do modal marítimo.

Figura 1 - Posição geográfica do porto do Itaqui



Fonte – <http://estadodomaranhao.blogspot.com/p/portos-do-maranhao.html>

Acesso em 10/06/2023

O berço 99 entrou em funcionamento no início de 2022 e o berço de 98 programado para entrar em funcionamento em 2025, trarão um maior dinamismo a atividade portuária, correias transportadoras mais rápidas, equipamentos portuários de carga e descarga com maior produtividade, otimização na entrada e saída de navios, melhorias no sistema de recebimento de cargas nos terminais de grãos, são algumas das ações que trarão bons resultados a cadeia logística do complexo portuário, entretanto, temos vários pontos que devem ser analisados e segundo a Pianc (2014) com a simulação é possível analisar várias atividades e opções operacionais importantes, tais como:

- a) Será que as quantidades de manobras realizadas são suficientes para atender os terminais?
- b) A quantidade de rebocadores e práticos são suficientes para atender conjuntamente as operações dos grandes graneleiros que operam no transporte de minérios?
- c) A capacidade das ferrovias e das rodovias são capazes de receber e evacuar os produtos que chegam e saem, são suficientes?
- d) A expansão da Ferrovia Norte Sul - FNS, a duplicação da Estrada de Ferro Carajás - EFC, são suficientes para atender a demanda que está crescendo na hinterlândia de influência do porto? As rodovias estão adequadas para receber esta carga?
- e) Olhando para o porto, as conexões de entrada e saída de caminhões estão adequadas para este volume ou haverá a necessidade da instalação de pátios externos para atender esta necessidade?

- f) Os trens deverão estacionar nos pátios de manobra e aguardar o término das operações de estão ocorrendo no interior do porto, quer seja pelo descarregamento de grãos ou da celulose ou pelo carregamento do fertilizante?

1.1 Justificativa

A incessante busca pela redução dos custos logísticos e a otimização das operações de embarque e desembarque de cargas, sempre foram itens almejados pelas empresas e os terminais portuários considerados pontos estratégicos de conexão entre diferentes modos de transportes, são capazes de interferir de maneira positiva ou negativa na redução destes custos, já que possíveis gargalos no mesmo podem ocasionar problemas logísticos.

Existem limitações no complexo portuário de São Luís/MA, que vão desde às condições estruturais de alguns berços de atracação até a limitação da disponibilidade de rebocadores portuários nas operações dos grandes navios de transporte de minérios, apontar os problemas dos acessos hidroviários e terrestres, identificar as boas práticas e listar as melhorias que podem ser implementadas nas operações de tráfego e carregamento dos navios de grãos, possibilitando utilizar os indicadores estratégicos durante as atividades de planejamento.

Através de um estudo detalhado de toda a logística do processo de exportação de grãos apresentar alternativas para otimizar o embarque, fornecendo dados para a tomada de decisão, melhorando a produtividade, reduzindo os gargalos e custos.

1.2 Hipótese

Os resultados alcançados com a otimização da operação de carregamento de grãos em navios utilizando processos estocásticos através da simulação de modelos operacionais, proporcionam o aumento da capacidade de movimentação portuária.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Definir o melhor cenário que maximize o processo de carregamento de grãos nos berços através do estudo de dados de movimentação e operação de navios, aplicando a técnica de simulação e modelagem.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Compreender a ferramenta de simulação ARENA®;
- Propor novos cenários que permitam conhecer a possibilidade ou não de aumento da demanda e que permitam conhecer o limite operacional do terminal;
- Aplicar a técnica de simulação ao corredor de exportação, com a finalidade de estimar o impacto em relação ao congestionamento de navios no fundeio.

1.4 Estrutura do trabalho

A estrutura do presente documento analisará a fila de espera na área de fundeio e a operação de carregamento e transporte de grãos pelos navios, com a elaboração de modelos e utilizando a técnica de simulação através do software ARENA® em nove capítulos. O capítulo 1 compreende esta introdução, com as considerações que serviram como essência para o desenvolvimento da pesquisa e das análises. Inicialmente foi realizada uma contextualização sobre o tema e ressaltada a importância deste. Em seguida, foram expostos o objetivo geral e os específicos e identificadas as limitações e a estrutura do trabalho. O capítulo 2, por sua vez, traz o referencial teórico necessário para a compreensão deste trabalho, reunindo as principais definições relacionadas ao setor portuário brasileiro, especialmente acerca das operações portuárias e ao complexo soja, bem como algumas técnicas de identificação e análise de modelos utilizando o software ARENA. O capítulo 3 apresenta a metodologia adotada para a coleta de dados, a implementação e a análise dos resultados. Posteriormente, o capítulo 4 é dedicado ao estudo de caso do complexo portuário do Itaqui, identificando sua infraestrutura, equipamentos, o terminal de grãos, berços de atracação, embarque e desembarque de grãos. O capítulo 5 é feito a análise do tráfego e carregamento dos navios em função dos fluxogramas aplicados na operação portuária utilizando o *software* ARENA, no capítulo 6 será feita uma análise de sensibilidade dos resultados obtidos no processo de simulação e finalizando no capítulo 7 a conclusão do trabalho com a definição do cenário mais assertivo. Outrossim, são apresentadas ao final do trabalho as referências bibliográficas e seus anexos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O sistema portuário

De acordo com Reis *et al* (2015), o transporte é considerado fator fundamental para logística internacional, sendo um processo que coordena o fluxo de bens em uma cadeia de suprimentos, sem a existência do transporte, o fluxo de bens seria inviabilizado.

A existência de portos está diretamente ligada a atender demandas do serviço de transporte (frete, armazenagem, movimentação, transbordo). O porto atua como interface entre o transporte internacional e o transporte doméstico, Handabaka (1994) e Barros (2013), consideram que os portos desempenham um papel de movimentação de cargas, transbordo de cargas entre modais e consolidação de cargas.

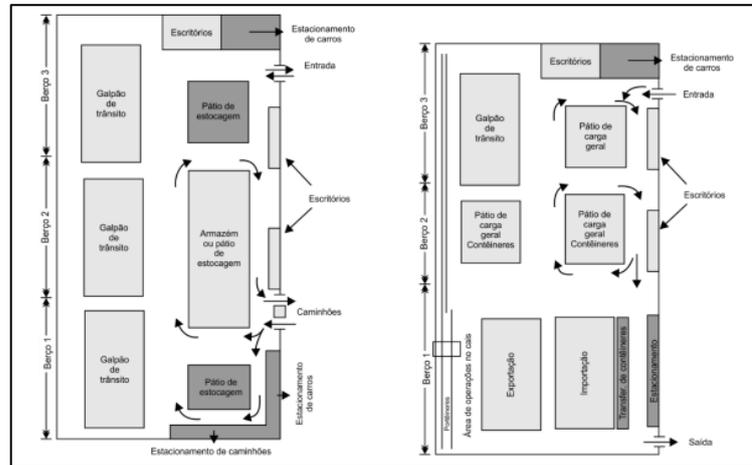
Para Alfredini e Arasaki (2018), o porto é um elo importante na cadeia logística e pode ser caracterizado como terminal multimodal ligado a abrigo, profundidade e acessibilidade, canal de acesso, bacia de evolução, berços de atracação, área de retroporto e acesso terrestre ou aquaviário. A infraestrutura de acostagem refere-se principalmente aos berços e as obras de abrigo. Os berços são as estruturas onde o navio atraca para carregamento ou descarregamento da carga (ou dos passageiros), e que compõem o cais, que podem ser de dois tipos: estruturas contínuas e com elementos discretos. O cais é dito contínuo quando todos os elementos (acesso, suporte de equipamentos, atracação e amarração) estão integrados em uma mesma plataforma, que está conectada em toda a sua extensão com a área primária do porto. Essa configuração geralmente é considerada melhor em termos de flexibilidade para as operações, pois possibilita a movimentação de todos os tipos de carga. Além disso, o número de berços não precisa ser necessariamente fixo, pois, podem ser operados mais navios de comprimentos menores.

2.2 Elementos portuários

Alfredini e Arasaki (2018) apresentam configurações de terminais portuários mostrado na Figura 2, que dependendo do volume movimentado em cada instalação portuária, um ou mais berços podem ser dedicados exclusivamente para graneis sólidos ou reservados para uma carga particular. Geralmente, em berços especializados em granel sólido é possível empregar equipamentos de alta capacidade de transferência para acelerar a operação de movimentação de carga e, conseqüentemente a rotatividade das embarcações. Todavia, quando o berço é utilizado

por uma diversidade de cargas, somente é possível empregar equipamentos móveis de transferência de baixa capacidade.

Figura 2 - Exemplos de arranjos de terminais portuários



Fonte: Alfredini e Arasaki (2018).

De uma forma geral os elementos portuários são: acesso aquaviário, a infraestrutura de acostagem, armazenagem, equipamentos portuários, a retroárea (infraestrutura terrestre), acessos rodoviário, ferroviário, dutoviário e aéreo, como mostra a Figura 3 (Alfredini e Arasaki, 2018).

Figura 3 - Elementos de um terminal portuário



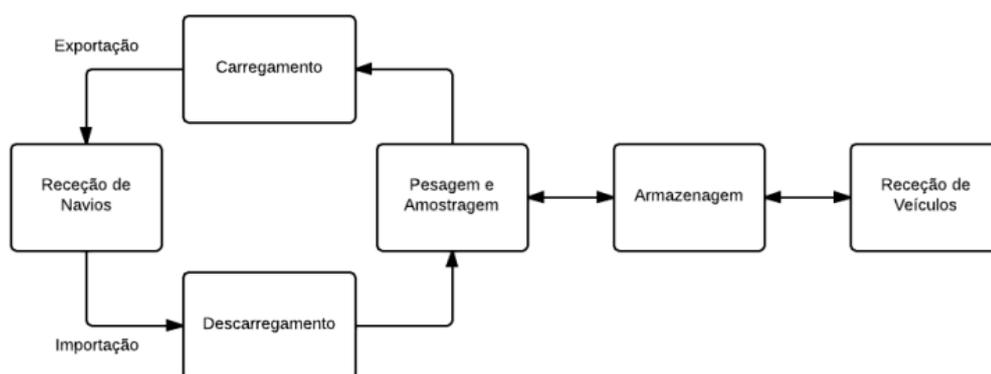
Fonte: Adaptado de Porto do Itaqui (2020).

2.3 Operações portuárias

Um terminal de granéis consiste em um muro de cais onde os navios graneleiros possam acostar de modo a serem descarregados ou carregados e uma área de armazenagem na qual os materiais movimentados são temporariamente armazenados em pilhas, no caso de se tratar de um terrapleno aberto, (Martingo, 2014). Devido à grande evolução e crescimento no uso do transporte marítimo de mercadorias em granel, grande parte dos terminais existentes deverão ser submetidos a expansões ou então optar por construir novos terminais.

Segundo Martingo (2014), as operações portuárias em terminais de granéis sólidos, os processos logísticos assumem um papel extremamente relevante, há uma maior diversificação ao nível de tipologias de cargas e mercadorias que se encontram dispostas na área de armazenagem. Na Figura 4 é apresentado um esquema das operações de importação e exportação nos terminais de granéis. A capacidade de carregamento no processo da exportação ou descarregamento no processo de importação, são as atividades mais críticas dentro da logística portuária, visto que a produtividade afeta diretamente a capacidade de atendimento do cais. Assim: “há que ter especial atenção na previsão e dimensionamento do número e tipo de equipamentos carregadores de modo a não condicionar as operações” (Martingo, 2014, p.47).

Figura 4 - Operações realizadas em um terminal de granéis sólidos

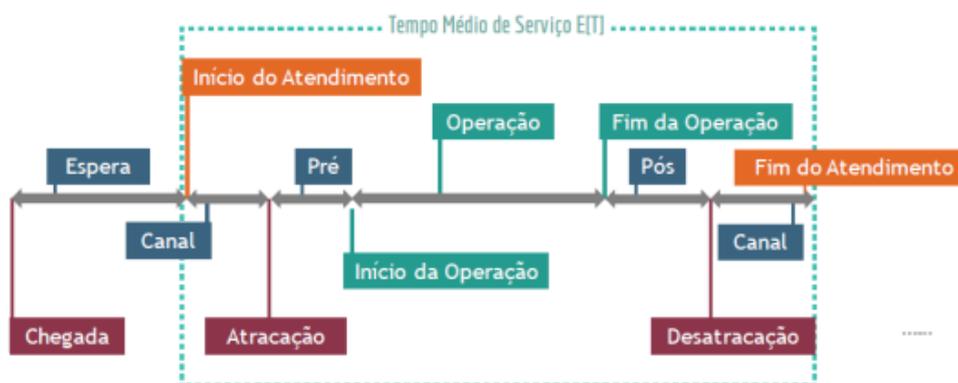


Fonte – Martingo (2014)

2.3.1 Fluxograma de uma operação portuária

Segundo o Plano Nacional de Logística Portuária – PNLP (2015), o navio para atracar em um porto necessita aguardar a disponibilidade de berço para iniciar o acesso ao canal e o próprio atendimento. A Figura 5, que traz um fluxograma padrão da operação portuária destaca o tempo médio de serviço, que corresponde ao tempo entre o início e o fim da operação de atendimento.

Figura 5 – Fluxograma - operação portuária



Fonte – PNLP (2015)

2.4 Capacidade portuária

O Plano Nacional de Logística Portuária (PNLP) tem seu foco voltado ao planejamento do setor portuário marítimo, considerando navegação de longo curso (exportação e importação) e de cabotagem. Assim, a utilização de metodologias clássicas de planejamento pode ser incorporada aos estudos. No Relatório de Metodologias (2015) os indicadores de capacidade das instalações portuárias podem ser calculados através de diversas metodologias, que trazem resultados diferentes, uma vez que a capacidade é uma função de utilização, produtividade e nível de serviço. Assim, geralmente separam-se as atividades de um terminal em dois componentes: processamento de fluxo e armazenamento, como pode ser observado na Figura 6. (Tomé, 2019).

Figura 6 - Componentes de um terminal portuário



Fonte – Fonte: PNL (2015) Relatório de Metodologias

Segundo o Plano Nacional de Logística Portuária - PNL (2015), é desejável que a metodologia a ser utilizada no cálculo dessas capacidades seja padronizada e apoiada em hipóteses uniformes, a fim de que todos os berços e/ou terminais que movimentam o mesmo tipo de carga sejam analisados de maneira similar e cabe salientar que os problemas com o cálculo da capacidade derivam de sua associação íntima com os conceitos de utilização, produtividade e nível de serviço. Isso significa que um terminal não possui uma capacidade inerente ou independente, ou seja, ela é uma função direta do que é percebido como utilização plausível, produtividade alcançável e nível de serviço desejável. Em resumo, a capacidade do porto depende da maneira como suas instalações são operadas. A capacidade das instalações de processamento de fluxo é definida como “capacidade dinâmica” e é função das produtividades dessas instalações. Já a capacidade das instalações de armazenamento é definida como “capacidade estática” e é função do modo de utilização dessas instalações. O terminal mais simples é chamado de “terminal de transferência direta” e envolve somente um componente – do tipo processamento de fluxo. Esse é o caso, por exemplo, de um terminal marítimo no qual a carga é movimentada diretamente de um navio para caminhões, ou de um trem para um navio. Em ambos os casos, o terminal não inclui armazenagem intermediária da carga. A maioria dos terminais, no entanto, inclui pelo menos uma instalação de armazenamento e executa, principalmente, a transferência indireta.

Segundo Alfredini e Arasaki (2018), os terminais convencionais de exportação com grande movimentação de cargas, com um ou mais berços dedicados exclusivamente para grãos sólidos e movimentando apenas um produto por berço, o terminal situa-se geralmente

próximo ao ponto de armazenamento ou a um terminal conectado por via férrea ou rodagem. O carregamento de grãos é praticamente contínuo, em que um ou mais carregadores de navios móveis (*shiploaders*) são alimentados por sistemas de esteiras transportadoras a partir das pilhas de estocagem e vertem a carga nos diferentes porões do navio, na Figura 7 podemos ver o carregamento de um navio.

Figura 7- Sistema de carregamento de grãos (*shiploader*)



Fonte – Tegram, Porto do Itaqui

2.4.1 Capacidade do cais

A capacidade de cais de um porto é um fator muito importante dentro das análises de planejamento portuário, tanto por ser o atendimento de cais um dos mais frequentes gargalos, quanto por investimentos nesse tipo de infraestrutura geralmente serem elevados. Ao se comparar a demanda prevista para um horizonte de planejamento com a capacidade de cais, pode-se observar se essa demanda torna-se superior à capacidade de atendimento em algum tempo do horizonte de previsão (Triska, 2015).

Segundo o PNL (2015) o armazenamento é uma das etapas chaves da logística portuária, envolvendo sempre uma preocupação constante com implementação e uso de tecnologia de ponta, sem a qual o porto deixaria de obter bons níveis de eficiência e credibilidade no mercado internacional. As estruturas de armazenagem em um porto servem

como um pulmão para dar maior velocidade às operações e assim garantem que as cargas fiquem o menor tempo possível armazenadas.

O que dificulta a determinação da capacidade requerida de armazenagem é a natureza aleatória dos processos presentes na operação. Assim, o cálculo da capacidade é dependente, entre outros, dos seguintes fatores: tamanho do lote a ser embarcado ou desembarcado, distribuição das chegadas dos navios ao porto, taxas de carga ou descarga do navio, lote, frequência e velocidade com que a carga é transferida ao meio de transporte de/para a hinterlândia. (PNLP,2015).

Esses fatores são estocásticos e portanto, não há uma solução determinística para se estabelecer o nível satisfatório do estoque da carga no porto e conseqüentemente, a capacidade de armazenagem necessária.

Os elementos que fazem parte da infraestrutura de armazenagem são:

- Pátios: a céu aberto, são utilizados para cargas que não sofrem danos causados por intempéries. Geralmente são utilizados para armazenagem de contêineres, carga geral e minérios, veículos, produtos siderúrgicos, dentre outros.
- Armazéns: diferentemente dos pátios, são utilizados para cargas que necessitam de proteção a intempéries, como o açúcar, por exemplo.
- Silos: podem ser verticais ou horizontais e são muito utilizados para o armazenamento de grãos vegetais, como soja e milho, mas também podem ser utilizados para grãos minerais, como alumina.
- Armazéns: diferentemente dos pátios, são utilizados para cargas que necessitam de proteção a intempéries, como o açúcar, por exemplo.
- Esferas: as esferas são utilizadas na armazenagem de gás liquefeito de petróleo (GLP).

A capacidade de armazenagem de grãos sólidos pode ser estimada por um método mais simples, que se baseia no lote máximo esperado. Eles podem ser divididos em dois grupos: os que requerem proteção contra a ação do tempo (armazenagem em armazéns e/ ou silos) e os que não requerem essa proteção (armazenagem em pátios ao ar livre). A armazenagem ao ar livre deve ter uma capacidade correspondente a quatro ou seis vezes o lote máximo esperado. No caso de armazéns, a capacidade requerida é de três a quatro vezes o lote máximo, enquanto para silos, é desejável que seja de duas a quatro vezes o lote máximo. (PNLP, 2015).

2.5 Modelagem e simulação do sistema

2.5.1 A abordagem de simulação

Para Filho (2008), o processo de simulação é uma abordagem geral para o estudo de problemas complexos, para os quais a solução analítica é excessivamente complexa ou restritiva em relação às características do problema real. Num contexto mais amplo, a simulação refere-se à construção de modelos de qualquer natureza (físicos, matemáticos, lógicos, idealizados) e na condução de experimentos com estes modelos para o estudo de uma ou mais variáveis de interesse. Com as facilidades computacionais atuais, a simulação vem se mostrando uma ferramenta cada vez mais potente para o auxílio de tomadas de decisão em sistemas de transportes, permitindo uma rapidez maior na escolha de alternativas operacionais. A simulação toma como condições de contorno as condicionantes operacionais iniciais como a previsão do fluxo de carga, produtividade média de equipamentos e tempos de percurso entre as diversas atividades a serem realizadas. Essas informações são utilizadas para determinação de fluxos de transporte, identificação de constrangimentos operacionais, como filas, taxas de utilização dos recursos operacionais e o dimensionamento de equipamentos portuários tais como empilhadeiras, *shiploaders*, balanças, moegas e carretas. Numa segunda etapa, já com os dados da modelagem, através de interações procura-se dados mais próximos do balanceamento ideal dos fluxos e da quantificação de recursos necessários para um tipo de operação.

Segundo a PARAGON, simulação é a técnica de estudar o comportamento e reações de um determinado sistema através de modelos. A simulação de processos por computador permite que se faça uma análise do sistema em questão sem a necessidade de interferir no mesmo.

Kelton, Sadowski & Sadowski (2019) definem simulação como um processo capaz de projetar e criar um modelo em um computador de um sistema real ou proposto para conduzir experimentos numéricos para nos dar uma melhor compreensão do comportamento de um dado sistema dada uma série de condições.

Para Prado (2010), estudos de modelagem de sistemas podem envolver modificações de *layout*, aplicações de fábricas, trocas de equipamentos, etc. Assim, dado um determinado objetivo de produção ou de qualidade de atendimento, o estudo vai procurar definir a quantidade de atendentes (equipamentos, ferramentas, veículos, etc.) e pessoas que devem ser colocadas em cada estação de trabalho, assim como o melhor *lay-out* e o melhor fluxo. Para dimensionar adequadamente um sistema, devemos dedicar especial atenção aos gargalos, ou seja, onde ocorrem filas. Os cenários são tratados individualmente com a preocupação de se estabelecer

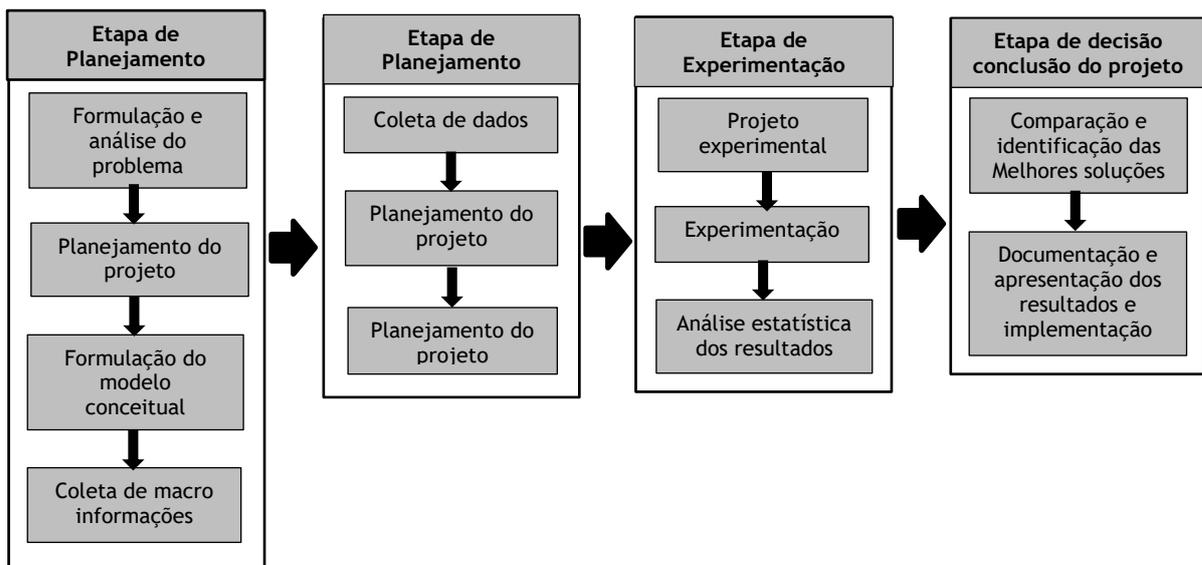
exatamente os pontos de início e fim da simulação para efeito de análises estatísticas. A execução do modelo é a fase tática do planejamento de experimentos e como resultado desta fase é o estabelecimento de diversos cenários que serão rodados. A análise das alternativas de ação consiste em fazer inferências a partir dos dados gerados na execução do modelo, sendo que estes dados de saída precisam ser tratados e analisados (Bueno da Costa, 2002).

Geralmente os modelos de simulação tem como razão a busca de respostas para os seguintes sistemas (Filho, 2008):

- Sistema real que ainda não existe: tendo como foco o planejamento de um sistema que se busca implementar;
- Verificar se o sistema real é dispendioso: para verificar se a inserção de um novo equipamento, por exemplo, é vantajosa;
- Verificar se o sistema real é apropriado: para testar os efeitos e as respostas em caso da ocorrência de uma determinada situação.

Filho (2008) apresenta a formulação de estudos envolvendo modelagem e simulação que são desenvolvidos de acordo com os quatro passos clássicos, que estão representados de forma esquemática segundo a Figura 8:

Figura 8 - Etapas do processo de modelagem e simulação



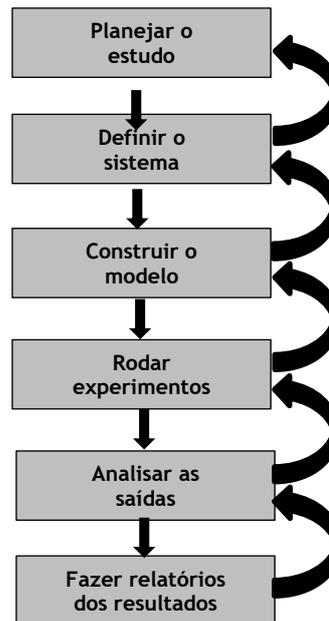
Fonte: Filho (2008)

O processo é descrito da seguinte forma:

- **Etapa de planejamento**: etapa inicial, onde deve se estabelecer os propósitos e objetivos do estudo. O planejamento contempla a análise da disponibilidade de recursos (como pessoal, equipamentos, sistemas de controle, software, etc.), além da definição dos cenários analisados e o cronograma das atividades. É recomendável elaborar um fluxo lógico do sistema, definindo as rotinas e abordando os componentes, as variáveis e as interações;
- **Etapa de modelagem**: nesta etapa os dados e informações deverão ser levantados e apurados, se for necessário. Além disso, o modelo deve ser codificado para a linguagem de simulação a ser utilizada, e a verificação e validação deve ser realizada (representatividade do modelo simulado frente do modelo real);
- **Etapa de experimentação**: antes de se realizar a própria simulação, deve ser determinado o projeto experimental mais adequado às respostas que se busca, sendo que o principal objetivo é se determinar o maior número de informações com o menor número de experimentações. Após a execução da primeira rodada de simulação, pode ser observado que há a necessidade de um maior número de execuções para se chegar ao resultado esperado;
- **Tomada de decisão e conclusão do projeto**: inicialmente trata da definição de como os resultados da simulação serão apresentados. Geralmente os estudos de simulação buscam identificar diferenças entre cenários, é necessária a identificação de quais variáveis respostas traduzem essas diferenças. É importante que todo o processo de desenvolvimento do modelo seja documentado, os registros servirão para verificar se os objetivos foram definidos de forma clara e concisa, se as premissas definidas foram alcançadas, além de deixar bem claro as técnicas e métodos, resultados, análises, conclusões e recomendações.

Promodel Corporation (2011) apud Sarnaglia (2014) define que não há regras precisas sobre as etapas em um processo de simulação, mas recomenda que alguns passos devem ser seguidos, os quais estão descritos na figura 9:

Figura 9 - Etapas de um processo de simulação - Promodel Corporation



Fonte: Promodel Corporation apud Sarnaglia (2014)

Modificado pelo Autor

Filho (2008) no caso da simulação, é o fato de traduzir o sistema real para um diagrama de fluxo lógico, que representará o problema através de associações feitas entre as entidades e as atividades, ou seja, é criado um modelo representativo de um sistema real. A definição do problema é uma etapa de extrema importância para todo o processo de simulação. Nesta fase deve ser absorvido o maior número de informações que devem ser analisadas a fim de definir o problema no nível de objetivos, restrições e complexidade. No planejamento dos experimentos é executado o modelo computacional sob os diversos cenários de simulação estabelecidos e conforme a simulação avança, novos problemas são identificados e revisões devem ser feitas no modelo para obter melhores soluções. Na fase de verificação, o modelo desenvolvido deve corresponder ao idealizado, através de testes exaustivos no simulador. Já na etapa da validação, o modelo desenvolvido deve representar bem o sistema real. No planejamento dos experimentos, é executado o modelo computacional sob os diversos cenários de simulação estabelecidos.

Em relação as desvantagens e limitações entende-se que a simulação fornece respostas objetivas aos problemas analisados. Entretanto, os indicadores disponíveis podem servir como informações gerenciais de onde intervir modificando um processo, layout ou mudando uma

máquina, sem a influência do favoritismo de setores ou interesses, ou seja, imparcialidade (MIYAGI, 2006).

2.5.2 Conceitos utilizados em processos de modelagem e simulação

Filho (2008) define os seguintes conceitos mais utilizados nos estudos envolvendo processos de modelagem e simulação:

- Variáveis de estado: corresponde às variáveis cujas informações são necessárias para que se tenha o conhecimento sobre o que está ocorrendo no sistema em um determinado instante do tempo. Elas variam conforme o campo de estudo, como por exemplo: número de pessoas esperando em uma fila; número de navios esperando para operar; número de navios operando; número de berços disponíveis, entre outros;
- Eventos: correspondem aos acontecimentos que alteram o sistema: “...sempre que ocorre um evento, pelo menos uma variável de estado se altera” (Filho, 2008, p.41). Os eventos podem ser: chegadas, saídas, entre outros;
- Entidades e atributos: as entidades correspondem aos objetos do sistema, podem ser dinâmicos, se movem (navios, pessoas, etc.), mudam de status, afetam e são afetados por outras entidades e pelo estado do sistema, afetam a saída ou podem ser estáticos (caixas de banco, berços, equipamentos, etc.). Os atributos correspondem às características próprias das entidades, e que podem ser essenciais na determinação do comportamento da entidade no processo. Como por exemplo, o tempo de processamento de um navio de 150.000 toneladas é bem diferente do tempo de processamento de um navio de 40.000 toneladas. Assim, o navio pode ser a entidade e a capacidade pode ser o atributo;
- Recursos e fila de recursos: recurso é uma entidade estática que serve às entidades dinâmicas. Assim, um recurso poderá fornecer serviços a mais de uma entidade dinâmica, assim como uma entidade dinâmica poderá utilizar os serviços de mais de um recurso. Caso o recurso esteja indisponível no momento da solicitação da entidade, uma fila deverá ser formada. O processamento dessa fila depende das premissas operacionais adotadas no sistema, sendo que geralmente é do tipo FIFO (*first in, first out*), ou seja, o primeiro a chegar será o primeiro a ser atendido. Poderão também serem adotadas outras premissas,

como a prioridade de atendimento das entidades que possuem algum atributo especial;

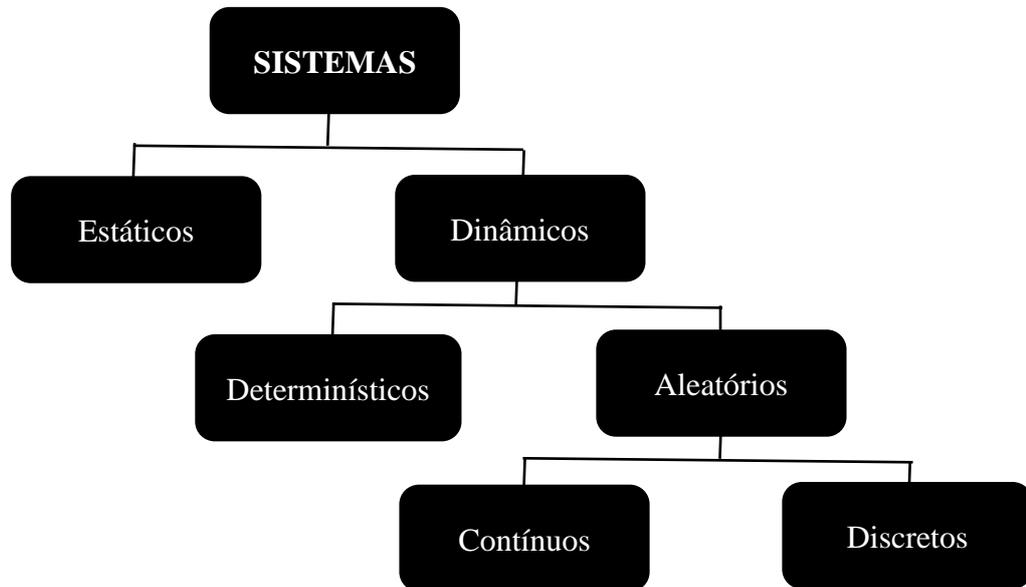
- Atividades e período de espera: de forma geral, as atividades correspondem a um período predeterminado, mas a sua duração não precisa necessariamente ser constante. Ela pode ser determinada através de um valor aleatório, de uma distribuição de probabilidade baseada em dados históricos, através de uma expressão matemática, ou ainda ser dependente de um acontecimento no próprio sistema. Por outro lado, para uma espera, não é possível que seja programado seu fim, uma vez ela iniciada. Como por exemplo, dado um evento inesperado com tempo indeterminado (como a quebra de um recurso, por exemplo), não é possível se determinar o tempo em que essa entidade ficará na fila;
- Tempo simulado e tempo de simulação: é importante estar atento em relação às diferenças existentes entre o tempo real simulado e o tempo que o software necessita para realizar a simulação. Esse último é diretamente proporcional a quantidade de entidades e processos do sistema simulado, e geralmente dura alguns minutos ou em sistemas mais complexos, algumas horas. O tempo simulado, por outro lado, depende muito do sistema que se está estudando. No caso de operações portuárias, geralmente é necessário simular o tempo de meses ou anos, para que sejam consideradas as sazonalidades.

2.5.3 Sistemas de modelagem e simulação

Silva (2011), classifica os modelos em três dimensões, que serão utilizadas no sistema a ser estudado e são representadas no fluxograma exposto na Figura 10.

- Importância do fator tempo: modelos classificados em dinâmicos e estáticos;
- Componentes probabilísticos: podem ser determinísticos ou aleatórios;
- Mudança nas variáveis: os modelos são classificados em contínuos ou discretos.

Figura 10 - Classificação dos sistemas para modelagem



Fonte: Silva (2011)

Modificado pelo Autor

Em relação aos modelos contínuos e discretos, a principal caracterização está na maneira com que ocorrem as mudanças nas variáveis de estado do sistema. Nos modelos discretos, as variáveis mudam de valores apenas em tempos de ocorrência definidos (momentos distintos de tempo), permanecendo inalteradas no restante do tempo (Rossetti, 2016).

Segundo Rosetti (2016), o comportamento estocástico ou aleatório é um componente importante do sistema, então o sistema é considerado estocástico; caso contrário, é considerado determinístico. Uma das maneiras mais úteis de analisar um sistema é se ele muda com relação ao tempo. Se um sistema não muda significativamente em relação ao tempo, é considerado estático; caso contrário, é chamado de dinâmico. Se um sistema for dinâmico, convém considerar como ele evolui com relação ao tempo. Pode ser citado como exemplo a fila de navios esperando para atracação: o número de navios só vai alterar quando sair ou chegar um navio, permanecendo o mesmo durante o restante do tempo.

Filho (2008), existem outras formas de classificação de modelos para simulação, como pelo seu propósito. Nesse contexto, há três tipos de modelos, sendo eles:

- Modelos voltados à previsão: utilizados para se prever como se comportará o sistema em algum momento no futuro, baseado no comportamento atual e/ou com utilização de premissas;

- Modelos voltados à investigação: utilizados para analisar o comportamento do sistema mediante novos estímulos, como alteração no layout atual, inserção de novo equipamento etc.;
- Modelos voltados à comparação: muito utilizados, buscam a comparação entre cenários, com o objetivo de definir o mais vantajoso, ou ainda, os ganhos ou perdas entre eles.

Neste mesmo contexto, Rossetti (2016), apresenta a seguinte classificação:

- Modelos de comparação: utilizados para comparar alternativas do sistema e suas medidas de desempenho em vários fatores (variáveis de decisão) com relação a alguns objetivos;
- Modelos de otimização: caso especial de comparação no qual se busca encontrar a configuração do sistema que otimiza o desempenho sujeito a restrições;
- Modelos de previsão: para prever o comportamento do sistema em algum momento futuro;
- Modelos de investigação: para analisar e obter informações sobre o comportamento atual do sistema.

De acordo com Rossetti (2016), os modelos podem ser descritivos ou prescritivos. Os primeiros descrevem como um sistema se comporta, sendo que a simulação é justamente usada para descrever os comportamentos ou características dos sistemas existentes. No entanto, ela também pode ser utilizada para prescrever uma solução, tendo assim um modelo prescritivo.

2.5.4 Análises estatísticas

2.5.4.1 Questões estratégicas

CHWIF; MEDINA (2014) através da simulação de um sistema, normalmente obtemos, como resultado, variáveis de saída do modelo, ou indicadores. Tais grandezas devem ser selecionadas para compor o conjunto de medidas de desempenho, durante a fase de projeto do modelo. De acordo com os objetivos estabelecidos no estudo, a análise desses indicadores deverá permitir a elaboração de um bom diagnóstico do sistema, considerando diferentes cenários, os quais são combinações de valores de parâmetros e variáveis, numéricos ou não, cujas mudanças são relevantes no sistema em estudo. A utilidade da simulação é permitir

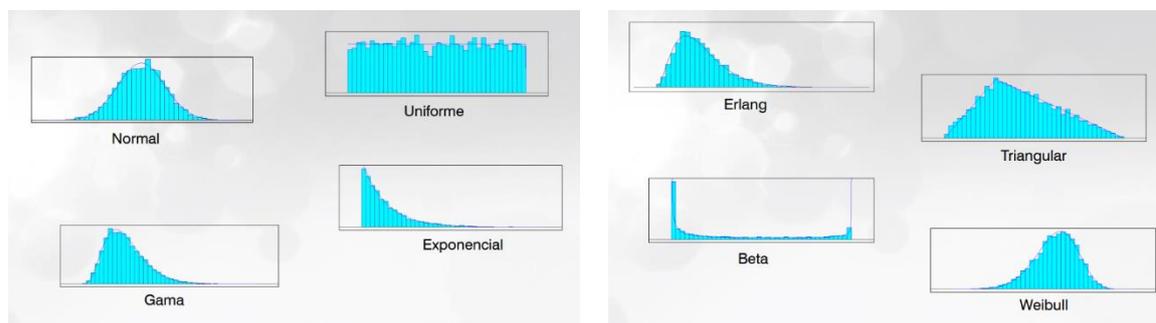
rapidamente o diagnóstico da operação do sistema, considerando múltiplos cenários, cujo teste na prática seria muito difícil ou impraticável.

É fundamental a seleção das variáveis de entrada do modelo e a escolha dos indicadores a considerar no modelo de simulação. A análise de sensibilidade preliminar dos dados de entrada permite avaliar o seu impacto no modelo do sistema por meio de sucessivos testes, variando esses dados em função dos cenários ou dos intervalos definidos. Esta análise permite filtrar os dados, as variáveis que pouco afetam os indicadores e a performance do sistema em estudo poderão ser descartadas (KELTON; SADOWSKI et STURROCK, 2004).

Dependendo de um exame prévio, pode-se reconhecer como determinístico ou estocástico o comportamento de algumas variáveis, e o modo mais conveniente de representá-las no modelo. A credibilidade de um modelo, com efeito, será maior quanto mais próximo da realidade ele for. Assim como nos sistemas reais, a maioria das grandezas presentes em modelos representativos de sistemas dinâmicos possui incertezas, as quais são caracterizadas estatisticamente pela existência de uma variância. Essas grandezas são mais bem representadas no modelo por variáveis aleatórias, cujo comportamento é descrito por suas respectivas distribuições de probabilidade (KELTON; SADOWSKI et STURROCK, 2004).

Para determinar qual das distribuições de probabilidade conhecidas representa melhor essa variável aleatória, com base nos dados que foram coletados, existem, nos modernos aplicativos de simulação, utilitários específicos de análise estatística para esse fim, o software ARENA[®], por exemplo, possui o *Input Analyzer*, o software PROMODEL[®], possui o *Stat-Fit*, os quais fornecem histogramas e as estimativas dos respectivos parâmetros dessas distribuições, além de indicadores que medem o ajuste (aderência) da distribuição de probabilidade aos dados coletados. Com o avanço dos aplicativos de simulação, é possível efetuar essa análise para todas as distribuições (ver Figura 11) teóricas conhecidas: a exponencial, triangular, Weibull, beta, Erlang, gama, lognormal, normal, uniforme (contínuas) e a distribuição de Poisson (discreta), obtendo-se, de uma vez só, os resultados correspondentes a cada distribuição de probabilidade, classificados conforme o valor do indicador de aderência da distribuição para representar os dados (PRADO, 2014).

Figura 11 - Tipos de distribuição



Fonte: PARAGON, Treinamento Introdutório de Simulação com ARENA.

Para realizar a verificação há diversos métodos que podem ser adotados, tais como (Filho, 2008):

- Variação dos dados de entrada: consiste basicamente em alterar os dados de entrada e verificar se as respostas estão condizentes com os resultados esperados;
- Aplicações de testes de continuidade: realizar diversas rodadas de simulação, com pequenas alterações dos dados de entrada, e verificar a cada rodada se os resultados também sofrem pequenas alterações. Caso os resultados sejam mais bruscos, o modelo deve ser investigado;
- Emprego de testes de robustez ou degenerescência: neste caso podem ser aplicados valores (maiores ou menores) que estão fora do intervalo permitido ou valores muito extremos e analisar como o modelo se comporta;
- Execução de casos simplificados: embora essa técnica não garanta que a execução do modelo mais completo vai estar correta, a adoção de modelos mais simples ou ainda, em etapas pode mostrar possíveis erros, e que são de mais fácil resolução do que o modelo completo implantado.

No caso da validação do modelo, Filho (2008) aponta as seguintes técnicas:

- Conhecimento e intuição de especialistas: é uma das melhores formas de validação do modelo, e deve ser realizada desde a fase de concepção até a fase de experimentação;
- Medições obtidas e sistemas reais: embora deva ser levado em consideração que se está comparando observações em sistemas distintos, a comparação com a situação real é uma das formas mais utilizadas para validação do modelo. Nos

casos em que se está modelando um sistema que ainda não existe, podem ser utilizados outros sistemas, que sejam similares;

- Resultados teóricos: refere-se ao emprego de técnicas de modelagem analítica, como uso de Teoria das Filas, Leis Operacionais ou Redes de Petri. O número de replicações que devem ser realizadas pode ser determinado de forma estatística para que os resultados se mostrem viáveis.

2.5.4.2 Avaliação das soluções

Existem considerações importantes sobre os dados de saída de uma simulação, as quais devem ser levadas em consideração durante a análise das soluções fornecidas pelo modelo. LAW et KELTON (1991) apontam para os grandes investimentos e tempo dedicados ao desenvolvimento da modelagem e da programação, em muitos estudos de simulação, em contraste com o pouco esforço dedicado à análise apropriada dos dados de saída da simulação. Uma prática comum é tratar os dados resultantes de uma única corrida da simulação (FREITAS FILHO, 2001), cuja duração é arbitrariamente escolhida, e proceder à formulação das estimativas do modelo a partir desses dados, interpretando assim erroneamente as características do sistema representado pelo modelo. Simulação é essencialmente um experimento estatístico conduzido em meios computacionais e, como tal, requer técnicas estatísticas apropriadas para a sua análise. A aplicação de tais técnicas requer por sua vez um número suficiente de replicações da simulação, para que os resultados da análise atinjam a precisão necessária para que as soluções do modelo de simulação permitam formular conclusões com base sólida, em termos estatísticos (CHWIF; MEDINA, 2014.).

De posse dos indicadores selecionados, dos cenários definidos, e das amostras de resultados correspondentes, é possível efetuar uma comparação entre as simulações correspondentes aos cenários estabelecidos, passo este crucial para subsidiar a tomada de decisão frente aos resultados obtidos. Pois é precisamente nessa fase que a técnica da simulação demonstra o seu valor, por permitir avaliar a eficácia das estratégias propostas para aplicação no sistema em estudo. Normalmente, os resultados correspondentes aos diversos cenários derivados dessas estratégias são comparados com aqueles que correspondem a um cenário básico, por meio do exame da variação dos principais indicadores que foram selecionados do modelo de simulação (CHWIF; MEDINA, 2014.).

2.5.4.3 Tratamento estatístico

LAW et KELTON (1991) os dados de entrada pertencentes às variáveis aleatórias são submetidos a um tratamento estatístico, visando depurá-los, e em seguida representar cada variável aleatória por uma distribuição de probabilidade adequada. Como os dados de entrada de uma simulação são geralmente de natureza estocástica, originando resultados estocásticos correspondentes, existe a necessidade de aplicação de um tratamento estatístico às variáveis de saída (ou indicadores) da simulação, a fim de assegurar uma interpretação estatisticamente correta de resultados. A forma de tratamento dos valores dos indicadores obtidos do modelo de simulação é diferente daquela efetuada sobre os dados de entrada, pois trata-se de variáveis aleatórias dependentes dos parâmetros e das variáveis de entrada do sistema. De posse de um conjunto de replicações de simulações, contendo os mesmos parâmetros e premissas e com resultados independentes entre si e identicamente distribuídos, é possível compor uma amostra desses resultados, e formular estimativas dos indicadores de desempenho selecionados, para o sistema em estudo, com base na amostra obtida. A principal delas é a estimativa da média μ do valor do indicador, para a qual podemos formar um intervalo de confiança, com base na média (aritmética) do indicador, obtida da amostra, e no desvio-padrão do indicador, obtido da amostra.

O intervalo de confiança definido acima deve ser interpretado do seguinte modo: para uma percentagem aproximadamente igual a α dos casos em que replicamos a simulação n vezes, o intervalo contém o valor verdadeiro (desconhecido) da média μ do indicador. A precisão da estimativa da média evidentemente será maior quanto menor for o intervalo de confiança obtido, o que pode ser conseguido com o aumento do número n de replicações da simulação⁴⁰ (KELTON, D.; SADOWSKI, R. P.; ZUPICK, N. B., 2014). A medida da precisão da estimativa é a amplitude (unilateral) do intervalo de confiança, calculado para a média do indicador, conforme a fórmula acima. Normalmente se procura reduzir o valor dessa amplitude até 10% do valor da média do indicador, mediante o aumento do número de replicações da simulação (FREITAS FILHO, 2001).

É possível efetuar a comparação entre dois cenários, por meio de um teste de hipótese da diferença entre o valor do indicador em cada cenário (CHWIF; MEDINA, 2014). Esse tipo de análise é particularmente importante como subsídio para uma tomada de decisão, por exemplo, entre aceitar ou rejeitar um investimento em ativos no sistema. Nesse caso, o resultado do teste acima indicará se a alternativa de investimento proporcionará ou não uma diferença

(melhoria) estatisticamente significativa no valor do indicador. Na simulação, o estudo do impacto de variáveis de entrada sobre os indicadores do sistema é outra vertente de análise com base no tratamento estatístico de resultados.

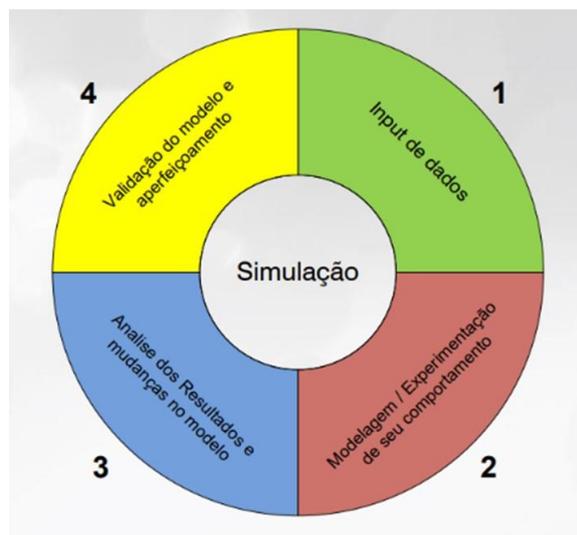
2.6 Simulação

2.6.1 Como simular

Darci Prado (2014) em uma simulação é construído um modelo lógico-matemático que representa a dinâmica do sistema em estudo, normalmente incorpora valores para tempos, distâncias, recursos disponíveis, etc. Ao modelo são anexados dados sobre o sistema, é neste ponto que a simulação se diferencia, pois não são utilizados valores médios para os parâmetros no modelo e sim distribuições estatísticas geradas a partir de uma coleção de dados sobre o parâmetro a ser inserido. Somando-se os dados e o modelo lógico-matemático, teremos uma representação do sistema no computador. Com esse sistema podemos realizar vários testes e coletar dados de resultados que irão mostrar o comportamento do sistema bem próximos do real.

Segundo a PARAGON estes são os passos de uma simulação (ver. Figura 12), na maioria dos casos:

Figura 12 - Etapas de simulação



Fonte: PARAGON, Treinamento Introdutório de Simulação com ARENA®.

1. É realizado um estudo sobre o comportamento do sistema a ser simulado, coletando-se as informações de tempo necessárias;
2. O modelo é construído e alimentado com os tempos coletados na etapa anterior;
3. O software de simulação é acionado para fazer funcionar o modelo e gerar resultados sobre o seu comportamento;
4. Estes resultados são analisados e, baseado nas conclusões, novas mudanças são feitas no modelo para aperfeiçoar o processo;
5. Neste ponto, retorna-se para a etapa 3, gerando novos resultados. Este ciclo se repete até que o modelo se comporte de forma satisfatória. Como se trata de uma réplica fiel do sistema original, os resultados obtidos pelo modelo serão válidos também para o sistema.

2.6.2 Software ARENA®

O ARENA® possui um conjunto de blocos (ou módulos) que são utilizados para se descrever uma aplicação real. Obviamente foram projetados sob a ótica da simulação e, por isso, facilitam muito esta tarefa de programação. O ambiente do *software* é apresentado pela Figura 13 (Darci Prado, 2014).

Figura 13 - Ambiente do ARENA®



Fonte: Dados de Darci Prado (2014).

Tal como a maioria dos softwares de simulação, o ARENA® visualiza o sistema a ser modelado como constituído de um conjunto de estações de trabalho que prestam serviços a

clientes (também chamados de entidades ou transações) que se movem através do sistema (Darci Prado, 2014).

2.6.3 Ferramentas básicas de modelagem software ARENA®

2.6.3.1 Módulos de modelagem

- **Módulos de Fluxograma:** usados para construir o fluxograma dentro da área de trabalho. Possui janela que permite configurar as ações referentes a ele.
- **Módulos de Dados:** apesar de aparecerem na janela do *template*, não são colocados na área de trabalho. Apresentam lista de dados na área de planilha, onde podem ser editados.

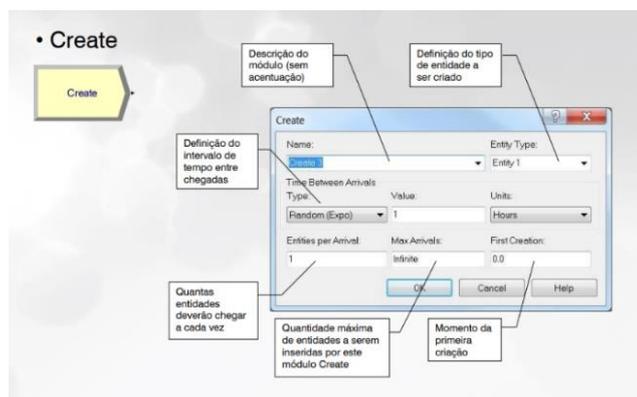
2.6.3.2 Recursos e Entidades

- **Recursos:** representam a estrutura do sistema, como máquinas, postos de trabalho, meios de transporte, pessoas que participam do processo e etc.
- **Entidades:** são a parte circulante do modelo, que percorre a lógica estabelecida pelo fluxograma, interagindo com os recursos.

2.6.3.3 Template Basic Process

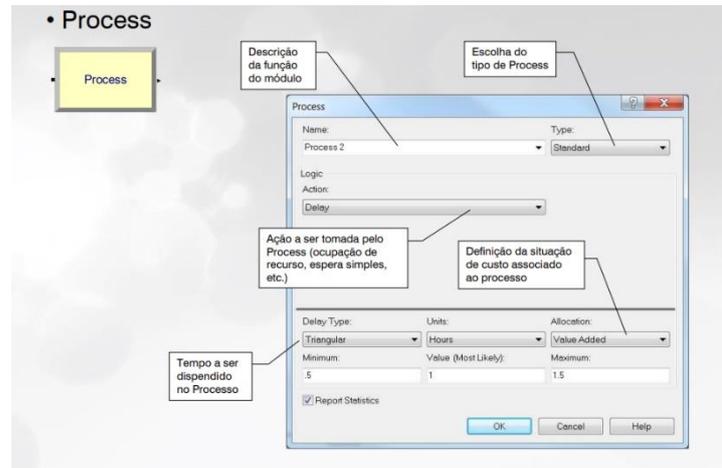
O ambiente fornece barra de ferramentas, acesso ao menu para atividades comuns de simulação, como animação do modelo, execução do modelo e exibição dos resultados. O ARENA® possui diversos módulos, sendo que alguns dos principais são:

- **Create:** é através dele que as entidades são criadas, sendo que alguns parâmetros devem ser definidos, como: a expressão que define o processo de chegada, unidade de tempo, número de entidades por chegada, dentre outros (ver. Figura 14);

Figura 14 - Bloco *CREATE*

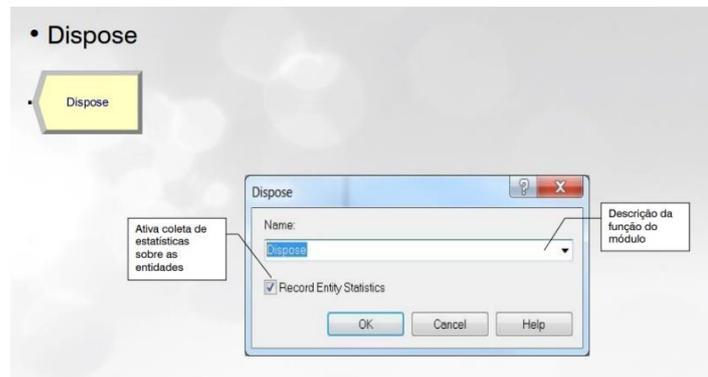
Fonte: PARAGON, Treinamento Introdutório de Simulação com ARENA®.

- **Decide**: utilizado quando existe mais de um caminho no fluxo, e mediante uma condição, deve ser escolhido qual opção seguir. Esta escolha pode ser através de uma probabilidade, mediante a inserção do percentual de vezes que deve ser escolhido um caminho A em detrimento de um caminho B, por exemplo;
- **Assign**: utilizado para realizar contagens, ou seja, sempre que uma entidade passar pelo bloco de **Assign**, haverá um acréscimo estabelecido para aquela variável;
- **ReadWrite**: o módulo serve para dar um atributo (como por exemplo cor, peso, tamanho, dentre outros) às entidades, através de um arquivo de entrada ou pelo teclado. Caso se utilize o arquivo externo, é preciso inseri-lo no Arena através do comando "File";
- **Seize**: o bloco Seize é utilizado para alocar os recursos (ou partes deles) às entidades. Ao chegar no **Seize**, a entidade ocupa uma fila até que todos os recursos necessários para sua operação estejam disponíveis;
- **Process**: está relacionado ao processo propriamente dito. Ao chegar em um bloco process, a entidade ocupará por um determinado tempo o recurso (e assim é atribuído um delay). Esse tempo pode ser fixo ou determinado através de uma equação (ver. Figura 15);

Figura 15 - Bloco *PROCESS*

Fonte: PARAGON, Treinamento Introdutório de Simulação com ARENA®.

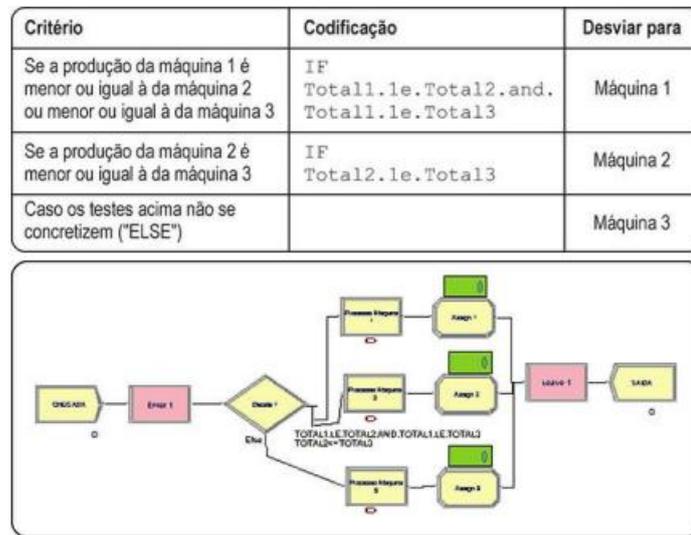
- **Release:** serve para que a entidade libere o recurso;
- **Dispose:** assim como o bloco *Create*, ele é obrigatório pois significa o fim do processo, e assim a entidade ao chegar nesse módulo, “some” do sistema (ver Figura 16).

Figura 16 - Bloco *DISPOSE*

Fonte: PARAGON, Treinamento Introdutório de Simulação com ARENA®.

Darci Prado (2014) exemplifica um modelo criado pelo software ARENA na Figura 17, em que o diagrama de blocos indica o modelo a ser simulado.

Figura 17 - Exemplo de um modelo criado no ARENA



Fonte: Dados de Darci Prado (2014).

2.6.3.4 Relatório de resultados

O painel de relatórios na barra de projeto enumera os diversos relatórios disponíveis para visualizar os resultados da simulação (ver Figura 18).

Figura 18 - Exemplo de Relatório de Resultados

ProjectName	Project RunDateTime	Replication	Name	Type	Source	Average	BatchMeansHalfWidth	Minimum	Maximum
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Inspeção.Queue	Waiting Time	Queue	5,725777135	Insufficient	0	8,18578538
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Pintura B.Queue	Waiting Time	Queue	0,113025393	Insufficient	0	0,339076179
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Pintura C.Queue	Waiting Time	Queue	0,019031001	Insufficient	0	0,129626978
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Produto A	NVA Time	Entity	0	Insufficient	0	0
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Produto A	Other Time	Entity	0	Insufficient	0	0
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Produto A	Total Time	Entity	7,61139022	Insufficient	0,923861639	10,10971066
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Produto A	Transfer Time	Entity	0	Insufficient	0	0
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Produto A	VA Time	Entity	1,550579218	Insufficient	0,705592798	2,510691237
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Produto A	Wait Time	Entity	6,060811002	Insufficient	0	8,167807485
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Produto B	NVA Time	Entity	0	Insufficient	0	0
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Produto B	Other Time	Entity	0	Insufficient	0	0
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Produto B	Total Time	Entity	6,805076371	Insufficient	1,680373168	9,551056762
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Produto B	Transfer Time	Entity	0	Insufficient	0	0
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Produto B	VA Time	Entity	1,328917087	Insufficient	0,75651153	2,107262717
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Produto B	Wait Time	Entity	5,476159283	Insufficient	0,923861639	8,18578538
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Produto C	NVA Time	Entity	0	Insufficient	0	0
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Produto C	Other Time	Entity	0	Insufficient	0	0
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Produto C	Total Time	Entity	6,2994224	Insufficient	3,262540826	8,933154416
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Produto C	Transfer Time	Entity	0	Insufficient	0	0
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Produto C	VA Time	Entity	1,409078379	Insufficient	0,756711326	2,077278849
Exemplo 2	2023-07-22 12:06:55		1 Produto C	Wait Time	Entity	4,890344021	Insufficient	1,680373168	7,958015164

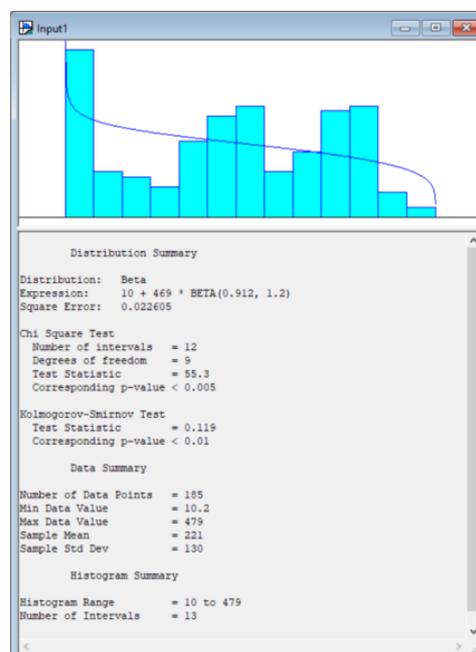
Fonte: PARAGON, Treinamento Introdutório de Simulação com ARENA®.

2.6.4 Input Analyzer

Darci Prado (2014) o analisador de entrada (*Input Analyser*), é uma ferramenta inserida no ARENA® que determina a equação da distribuição dos dados de chegada das entidades no

sistema podendo ser usada para determinar a qualidade do ajuste de funções de distribuição de probabilidade aos dados de entrada e para ajustar as funções de distribuição específicas para um arquivo de dados de modo a efetuar comparações nas funções de distribuição ou para mostrar os efeitos das mudanças nos parâmetros para a mesma distribuição. Além disso, o *Input Analyser* pode gerar conjuntos de dados aleatórios podendo, então, ser analisados usando o software de distribuição de recursos de ajuste. Por exemplo, o *Input Analyser* pode ser usado para analisar um conjunto de chegadas, um conjunto de tempos de processo ou o tempo entre sucessivas falhas do sistema (ver Figura 19).

Figura 19 - Tela de saída do *Input Analyser*



Fonte: Dados Darci Prado (2014).

As distribuições de frequência que são analisadas no ARENA[®] estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Tipos de distribuição de frequência

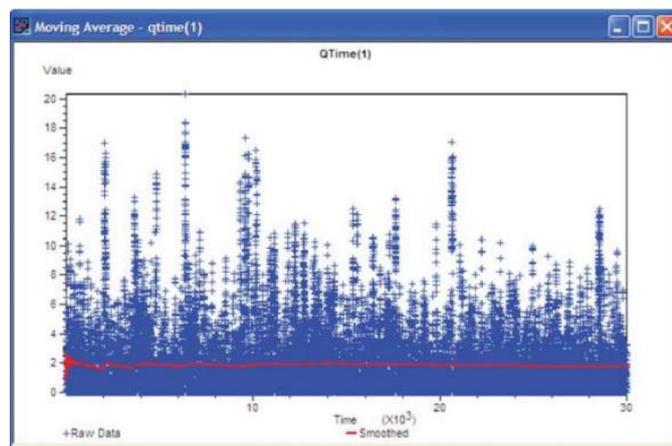
Distribuição	Abrev.	Parâmetros	Melhor Aplicação	Características
Normal	NORM	Média(μ) e desvio padrão (σ)	Atendimento (tempos de máquina)	Descreve fenômenos simétricos em torno da média.
Uniforme	UNIF	Valor mínimo (a) e valor máximo (b)	Atendimento (Aproximação inicial)	É a mais simples ou a que mostra o maior desconhecimento do comportamento estudado.
Triangular	TRIA	Valor mínimo(a) Valor máximo(b) Valor mais provável(m)	Atendimento (Aproximação inicial)	Não se conhece o comportamento da variável, mas além dos limites inferior e superior, se tem estimativa do valor mais provável.
Exponencial	EXPO	Tempo médio entre duas observações (β)	Chegada	Caracteriza-se por um comportamento de total imprevisibilidade
Johnson	JOHN	G, D, L, X	Atendimento	Comportamento de previsibilidade
Log Normal	LOGN	Média logarítmica	Atendimento	Comportamento do logaritmo de uma variável normal
Weibull	WEIB	Forma (a) e escala (b)	Atendimento (tempo de vida de um equipamento)	Representação de variáveis que representam características de confiabilidade de sistemas ou equipamentos.
Poisson	POISSON	Média (λ)	Atendimento, Análise de frequência/demanda.	Modela o número de ocorrências que uma variável pode assumir em um intervalo contínuo.
Continua	CONT	P1, V1,	Atendimento, chegada	Modela o número de ocorrências dentro de um intervalo definido.
Erlang	ERLA	Número de distribuições exponenciais (m) e Tempo médio entre duas observações (β)	Atendimento	Utilizada como uma função exponencial.
Gamma	GAMM	Número de distribuições exponenciais (m) e Tempo médio entre duas observações (β)	Atendimento (tempos de reparo)	Generalização da Erlang, mas permitindo m não inteiro.

Fonte: Universidade Federal de São Carlos, Engenharia de Produção, Apostila ARENA 11.0, 2009.
Modificado pelo Autor

2.6.5 Output Analyzer

Darci Prado (2014) *Output Analyzer* é uma ferramenta adicional do ARENA[®], que pode ser utilizada para analisar estatisticamente os dados de saída do modelo de simulação, identifica automaticamente os cenários que são estatisticamente melhores que os outros, permitindo-lhe mais rapidamente avaliar os resultados e tirar conclusões. Assim, através dos dados gerados na simulação (como média e desvio padrão das várias replicações) a ferramenta possui algumas funções, como construção de gráficos, onde é possível se observar o comportamento do modelo ao longo das replicações realizadas. As saídas, chamadas de respostas, podem ser variáveis ou qualquer tipo de estatística de ARENA. Um exemplo de gráfico desse tipo é apresentado na Figura 20.

Figura 20 - Exemplo de gráfico gerado no *Output Analyzer*



Fonte: Rossetti (2016).

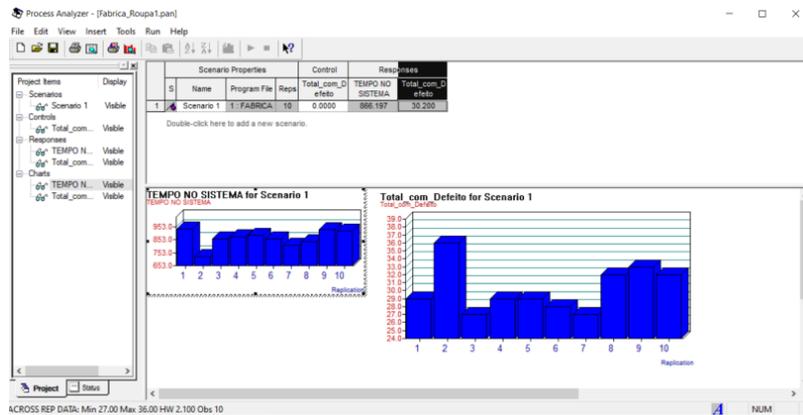
Darci Prado (2014) outra informação gerada através do *Output Analyzer* são os intervalos de confiança das variáveis de resposta, e que poderão ser utilizados para determinar o número de replicações necessárias. O número de replicações que devem ser realizadas pode ser determinado de forma estatística para que os resultados se mostrem viáveis.

2.6.6 Process Analyzer

Assim como o *Output Analyzer*, o *Process Analyzer* serve para mostrar ao usuário os resultados das execuções de simulação, com foco na análise das diferenças nominais das variáveis de resposta entre as várias replicações. Assim, é possível construir gráficos que

mostrem em um eixo (abscissa) as n replicações e no outro eixo (ordenada), o resultado para determinada variável, como mostra uma imagem da ferramenta na Figura 21. (KELTON, D.; SADOWSKI, R. P.; ZUPICK, N. B. 2014).

Figura 21- Exemplo do uso do *Process Analyzer*



Fonte: Dados de Darci Prado (2014).

2.7 Simulação em sistemas portuários utilizando o ARENA®

É comum encontrar na literatura estudos que abordam a simulação de terminais portuários utilizando o software ARENA®.

Alves (2012) realizou uma análise da operação do Porto de Santos em termos de congestionamento por meio dos dados de movimentação de navios e carga. O modelo de simulação desenvolvido é baseado desde a chegada dos navios na área externa disponível para fundeio, passando pelo embarque da carga nos navios e a saída dos navios. A carga a ser considerada no modelo é a soja que será utilizada para embarque nos navios destinados à exportação. Desta forma, será possível mensurar o tempo gasto na operação de embarque, o número de navios atendidos e o tempo médio de navios na fila do canal de acesso do porto. Por fim, serão analisadas alternativas, com o objetivo de gerar melhoria na operação do porto a fim de torná-lo mais eficiente.

A soja é escoada pelo porto de Santos, através do corredor de exportação que possui três berços de atracação no cais público, A administração do porto determina que qualquer navio que chegar à barra do porto de Santos, ou ao se movimentar por quaisquer motivos, deverá contatar o Centro de Controle do Serviço de Praticagem via rádio, informando a posição e hora de fundeio. Para o melhor entendimento do modelo foi importante detalhar os elementos do

processo que o compõem através de um fluxograma que permite mapear os eventos do processo de embarque da soja nos navios que chegam ao porto de Santos destinados à exportação. A abordagem para a modelagem inicia-se com a representação da chegada dos navios que estão em áreas de fundeio externas, com programação de atracação definida para as próximas 24 horas. Assim, para todo o navio que entrar no modelo, é considerado que ele já possui autorização para atracar e somente está aguardando a sua liberação, enquanto aguarda, ocupa a área de fundeio destinada para isto. O modelo trabalha com o sistema FIFO (*First in First Out*). Em paralelo, é informado o tipo de carga que o navio está contratado para embarcar.

Os dados obtidos foram devidamente tratados e analisados pela utilização do software *Statgraphics Centurion*, versão 16.1.18. Foram identificados os problemas enfrentados na operação portuária e usando a técnica de simulação, utilizando o software ARENA, versão 16.2, foi possível comparar os resultados obtidos com os dados reais observados. Para o modelo proposto foram considerados dados reais e os resultados obtidos se aproximam da realidade estudada, apesar das simplificações adotadas. A execução do modelo de simulação utilizando o software ARENA gerou resultados coerentes comparáveis à realidade a respeito do funcionamento operacional do sistema, permitindo apoio ao planejamento e às decisões futuras da operação.

No primeiro momento foi gerado o cenário base, com a operação do porto funcionando com os três berços já existentes. Com o objetivo de diminuir o tempo de espera na fila de acesso ao porto, para o primeiro cenário foi sugerido à inclusão de mais um berço na estrutura do porto. Como resultado, o tempo de espera para acessar o canal do porto diminuiu 42% em relação ao cenário base e o total de carga movimentada aumentou 2%. Além disso, foi verificado que, com a utilização de mais outro berço (total de cinco berços), o tempo de espera para acessar o canal diminuiu em 87%, e a carga movimentada aumentou 3%, em comparação com o cenário base. Para o segundo cenário proposto, é analisado a ocorrência de chuvas no Porto de Santos. As chuvas fazem com que a operação do porto deixe de funcionar mais de 90 dias por ano, obrigando os navios a esperarem, provocando congestionamentos. Foi verificado no modelo de simulação que, com maior incidência de chuvas, a movimentação de soja diminuiu consideravelmente (21%) em relação ao cenário base.

Deste modo, é sugerida a instalação de uma cobertura de tecido especial retrátil que pode ser acionada em dias de chuva, semelhante à utilizada no porto de Roterdã, que protege a carga das chuvas e evita a parada na operação de embarque de soja. Ambos os cenários apresentam melhorias na operação do cais público do porto de Santos. Tendo em vista o crescimento da demanda de exportações, com destaque para a soja, investimentos na

infraestrutura do porto são essenciais para que o porto consiga atender as expectativas futuras, e não atinja a saturação.

Aguinaldo *et al.*, (2019) investigaram eventuais gargalos logísticos nas operações de recebimento de milho no complexo portuário de Santos, utilizando-se de simulação. Os resultados apresentam duas operações distintas, a chegada do grão no terminal por ferrovia (vagão) e a chegada por rodovia (caminhão) e apontam potenciais gargalos operacionais. Foi possível observar que dentre as duas operações a do caminhão é a operação que se mostra mais crítica em um cenário de aumento de demanda e mesmo que represente um percentual de 20% no transporte, se concretiza como um gargalo operacional.

Para HARDT, I.; MOROSINI FRAZZON, E. (2017) apresentam uma análise operacional dos berços de atracação do porto de São Francisco do Sul/SC, sendo modelada uma operação portuária desde a chegada dos navios até sua carga e descarga. Considerando a taxa de crescimento do porto foram criados três cenários para o ano de 2030:

- i) sem melhorias,
- ii) com melhorias e
- iii) com a instalação de guindastes portuários necessários para atender o nível de serviço recomendado pelos padrões internacionais de operação portuária.

O estudo mostrou a importância da simulação, considerada uma ferramenta importante para avaliar os diversos cenários sem afetar o sistema real e grandes custos. Foi possível aplicar uma previsão de demanda futura e com o uso da otimização, os recursos necessários para promover um padrão desejado foram contabilizados, levando a uma visão quantitativa dos investimentos necessários para atendimento a demanda projetada.

Douglas *et al.*; (2019) elaboram um estudo com o objetivo de demonstrar a aplicação e a importância do software ARENA® nos processos de tomadas de decisões para resoluções de problemas dentro de um terminal portuário, especificamente em relação a filas de espera dos navios que esperam carregar ou descarregar. Nas considerações finais, notadamente os autores avaliam positivamente o software ARENA® na criação virtual de um ambiente real de trabalho, seja ele portuário ou não.

Segundo Jubini *et al.*; (2016) desenvolveu um modelo de simulação de uma empresa atuando na área portuária na cidade de Vitória, Espírito Santo, o objetivo principal foi analisar os tempos de execução das atividades utilizando o Software ARENA®, identificar os gargalos e pontos críticos do processo supracitado. E, analisar os resultados obtidos por uma simulação de forma a minimizar os tempos ociosos e filas de espera. Além disso, foram propostas

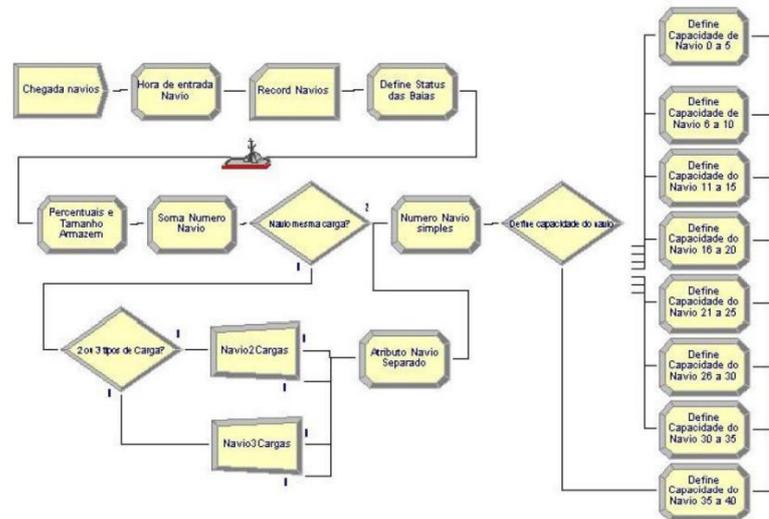
sugestões que permitiram a otimização dos tempos de execução do processo bem como a redução de custos para a empresa.

Cihan H. Dagli desenvolveu uma modelagem e fez uma análise da simulação de operações portuárias complexas com transporte intermodal, considerando a aplicação de vários recursos de diferentes tipos trabalhando e interagindo, analisando o desempenho com o uso de simulação genérica de eventos discretos que foi desenvolvido usando o ARENA® 14.0 para modelar as operações portuárias desde a chegada dos navios e a chegada dos caminhões e trens carregados, sendo o objetivo do trabalho é refletir as interações gerais do sistema real em um ambiente simulado, criar uma plataforma que permita análise de sensibilidade e desenvolver uma ferramenta capaz de fornecer resultados numéricos do sistema atual destacando áreas de oportunidades e melhorias.

Alex Pinto Santos *et al.*; (2018) desenvolveram um trabalho com o objetivo de realizar simulações de um terminal portuário e analisar o comportamento de um sistema portuário com a alteração da capacidade de tempo de alguns servidores de atendimento ao porto e assim poder verificar o impacto no processo um modelo de simulação de uma empresa atuando na área portuária. Foi utilizado o software ARENA® para apoio à decisão. Metodologicamente este estudo apresentado é quantitativo sendo os dados coletados da aplicação de formulários que foram convertidos em dados estatísticos, permitindo a exploração do ambiente organizacional, levantar e definir os problemas.

Silva (2011) utilizou um terminal do Complexo Portuário de Tubarão, localizado no município de Vitória, Espírito Santo, terminal que opera com o descarregamento de fertilizantes, e teria condições de aumentar o volume movimentado, mas para isso, havia a necessidade de se investigar principalmente a capacidade dos recursos. O autor partiu da simulação com a situação atual, e então considerou seis cenários, onde realizou modificações no ritmo de chegada de navios, vagões e caminhões, o que alterou também os volumes de cargas movimentados. A Figura 22 mostra uma parte do modelo simulado no Arena, considerando o cenário real de uma operação portuária.

Figura 22 - Modelo da situação atual no estudo de Silva (2011)



Fonte: Silva (2011).

De acordo com Silva (2011), por meio da análise dos resultados foi possível concluir que as alterações no aumento da movimentação de navios, vagões e caminhões e aumento da capacidade de armazenamento propostas em alguns cenários são viáveis, e em outros cenários o incremento da demanda coloca em risco o nível de serviço de todo o sistema portuário, em virtude da geração de filas e demasiado tempo de espera para atendimento, além da própria capacidade limitada de alguns recursos”

Kotachi; Rabadi e Obeid (2013) desenvolveram uma simulação de eventos discretos para modelar operações portuárias com diferentes tipos de recursos, incluindo gates de segurança guindastes de pórtico e de cais, armazéns e pátios, além de considerar navios, caminhões e trens. A ideia principal era analisar os impactos em relação a taxas de produtividade, utilização de recurso e tempos de espera, que alterações de layout e principalmente de número de recursos causam. A construção dos cenários foi realizada alterando-se o número de guindastes e caminhões, e verificando como essas alterações impactam nas operações do porto.

Ribeiro (2020), elaborou sua dissertação de mestrado tendo como objetivo a aplicação de um método de simulação de recebimento de granéis sólidos em um terminal portuário e estudar o comportamento desse sistema perante as mudanças do estado das variáveis de entrada do sistema, possibilitando avaliar a capacidade de oferta de escoamento de grãos do terminal portuário durante o período de 1(um) ano. Com base nos cenários foi possível comparar

diversas formas de operação do terminal portuário, formas de como despachar as cargas, organização das filas, assim como a influência da organização para todo o sistema.

3 METODOLOGIA

Com base no levantamento bibliográfico realizado foi definido que o modelo de simulação será desenvolvido utilizando ARENA 16.20. É um software de simulação muito utilizado na área de transporte e logística, desenvolvido pela *Systems Modelling Corporation* e distribuído no Brasil pela PARAGON, que possui a linguagem SIMAN e segundo a PARAGON, o ARENA® possui as seguintes características:

- Ambiente gráfico integrado de simulação, que contém todos os recursos para modelagem de processos, desenho e animação, análise estatística e análise de resultados;
- Conecta os recursos de uma linguagem de simulação à facilidade de uso de um simulador, em um ambiente gráfico integrado;
- Todo o processo de criação do modelo de simulação é por fluxogramas, não sendo necessário escrever códigos no ARENA®;
- 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 programação, de maneira visual e interativa;
- Funcionalidades: MS Office, Visual Basic e C++ compatíveis; inclui VBA (permite ao programador desenvolver rotinas em VB); possui assistente para criação de modelos; *input* e *output analyzer* para tratamento de dados e análise de resultados, manuais on-line, entre outros.

A metodologia utilizada será pesquisa exploratória do assunto com base em bibliografias consolidadas, tais como, o próprio site da PARAGON e o autor Darci Prado e seu livro intitulado “Usando o ARENA em Simulação - 5ª Edição” a fim de fundamentar o trabalho e a sua aplicação dos conceitos teóricos será feita através do próprio software da Paragon Science: ARENA versão acadêmica e quantitativa através da coleta de dados realizadas na administração do porto e no próprio terminal de grãos – Tegram, em São Luis, Maranhão.

Tomaremos também como base a metodologia de simulação proposta por Chwif e Medina (2014), conforme mostra a Figura 21. Neste método são consideradas três etapas importantes para o desenvolvimento do modelo de simulação, sendo estas:

Primeira: Formulação e concepção.

É a etapa do planejamento.

Nesta fase teremos a coleta de dados de 01(um) ano que serão obtidos no sistema de controle da EMAP e do Tegram, dados que contém as informações acerca das operações do terminal, fundeio e carregamento nos berços 100 e 103;

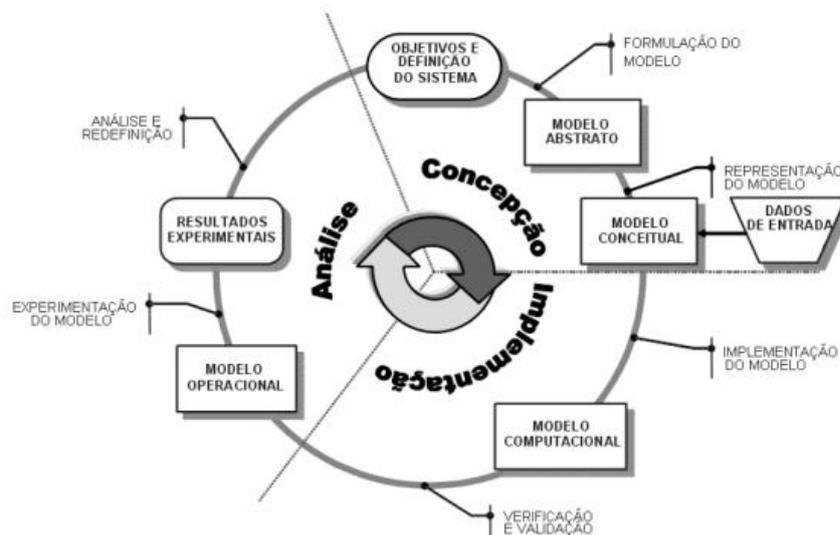
a) Segunda: Implementação.

Nesta fase teremos o tratamento dos dados, considerando a realização dos eventos relativos aos cenários estabelecidos. Serão definidas as premissas básicas, aplicadas a todos os cenários e a experimentação do modelo;

b) Terceira: Análise dos resultados obtidos.

Nesta fase ocorrerá o processo de simulação, após aferidas as quantidades aplica-se o modelo de simulação ARENA® tendo como input os dados correspondentes a 01(ano) de operação do terminal.

Figura 23 – Metodologia de simulação.



Fonte – Chwif e Medina (2014).

Segundo Chwif e Medina (2014) o analista responsável pela simulação deve entender claramente o sistema a ser simulado e seus objetivos, os problemas devem ser discutidos com especialistas da área em estudo. Com os objetivos da simulação definidos, foi criado o modelo

conceitual do processo e este modelo foi validado seguindo a técnica “face a face”, comparando os resultados com o modelo real, cujos dados foram fornecidos pela administração do porto.

3.1 Formulação e concepção

3.1.1 Modelo

A construção do modelo requereu uma exploração detalhada de todo o complexo portuário do Itaquí. O sistema portuário em estudo consiste principalmente dos seguintes componentes portuários: navios, armazéns, 02(dois) berços de atracação, estrutura portuária, acessos aquaviário, caminhões e ferrovias. Os equipamentos portuários inclusos nesta entidade são os *shiploaders*, os rebocadores portuários, as balanças, moegas, esteiras carregadoras, itens fundamentais para a determinação das métricas de avaliação do desempenho.

3.1.2 Chegada da carga no terminal de grãos - Tegram

A carga chega ao terminal de grãos via rodoviário e ferroviário. Para atendimento da carga que chega por trem, o terminal conta com duas moegas que realizam a descarga de até oito vagões simultaneamente. O terminal tem capacidade de atender a movimentação prevista de até dez milhões de toneladas de granéis sólidos vegetais ao ano. A carga recebida segue por esteira até os quatros armazéns que compõe o terminal. O terminal de grãos - Tegram atualmente depende da oferta da empresa Sistema Logístico Multimodal - VLI para oferta de vagões, atualmente são recebidos 240 vagões diariamente, cerca de 24.000 t/dia, cada vagão com capacidade de 100 t, o ramal ferroviário do terminal possui extensão para comportar apenas 40 vagões por operação.

a) Via rodoviário

Diariamente o Tegram recebe em média pelo modal rodoviário cerca de 960 caminhões, tonelage aproximada de 46.000 t/dia. O recebimento de grãos é feito através de tombadores rodoviários com capacidade para 750 t/h cada, o Quadro 1 apresenta a movimentação no Tegram, tomando como base os dados obtidos pela empresa DTA – Engenharia na elaboração do ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA, FINANCEIRA E AMBIENTAL PARA ARRENDAMENTO DE ÁREA NO PORTO DO ITAQUI – MA Contrato nº 50/2010

Relatório Final, Julho de 2011 (ver. Pag 56), feita a atualização do quantitativo dos conjuntos tombadores de caminhões, chegamos aos seguintes resultados:

Quadro 1- Dados obtidos movimentação Tegram – Soja

DADOS OBTIDOS	
Peso Líquido Estimado do Caminhão	48 t
Tempo Médio de Descarga	20 minutos
Número de Tombadores do TEGRAM	8
Horas Disponíveis	24
Quantidade de Caminhões por dia	960
Quantidade de Carga Movimentada/Dia	46.000 t/dia
Número de Meses Operacionais (jan-ago)	8 meses
Volume Movimentado//Mês	t/mês
Volume Movimentado/Ano	11.040.000 t/ano

Fonte: EVTEA 2011 EMAP/Tegram

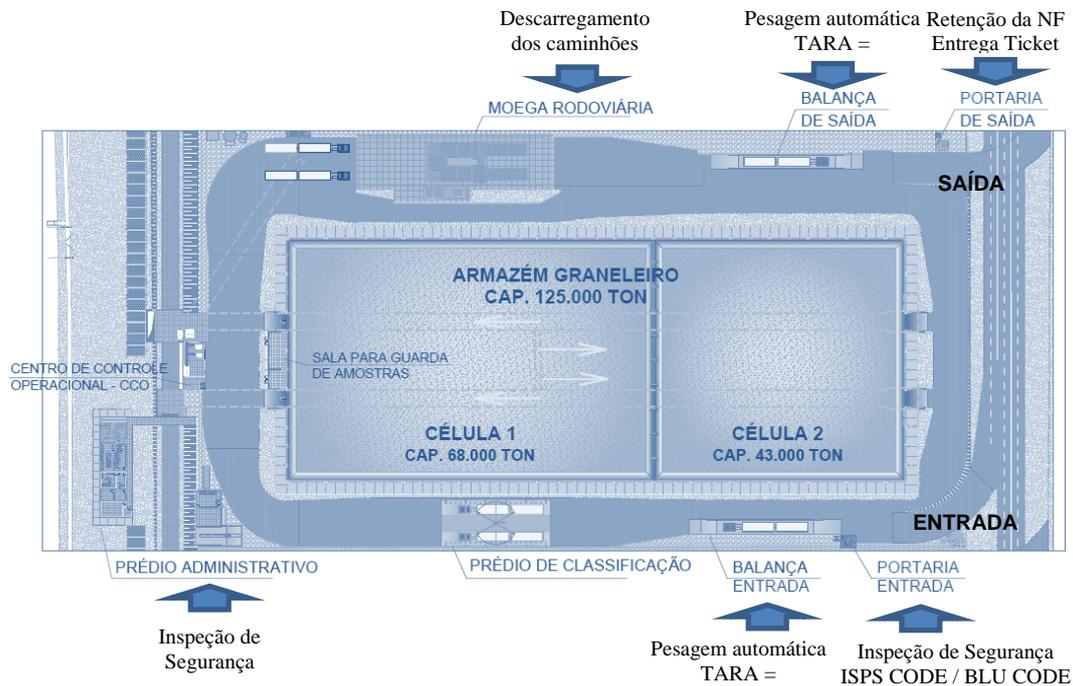
Dados modificados pelo Autor.

Capacidade instalada – Rendimento teórico

Considerando que a capacidade nominal máxima dos tombadores é de 750 t/hora, a capacidade de recebimento dia será de 3.000 t/h. O recebimento diário será de 72 mil t/dia, que corresponde a 2.1 milhões de t/mês. A capacidade de recebimento será de 15 milhões de t/ano de grãos (soja + farelo de soja + milho + trigo).

A Figura 24 representa o fluxograma de recebimento e descarregamento dos caminhões no terminal de grãos.

Figura 24 - Fluxograma de descarregamento de caminhões no Tegram



Fonte: Tegram São Luis/MA, adaptações realizadas pelo Autor.

b) Via ferroviário

O recebimento é feito pelo ramal da Ferrovia Norte Sul - FNS, através do contrato particular firmado em 18/10/2013 que tem como objeto disciplinar o direito de passagem a ser observado entre a Transnordestina Logística S.A - TLSA e a FNS no ramal ferroviário do Itaqui que compreende o ramal do Pombinho e o ramal de acesso ao terminal de grãos - Tegram. As composições ferroviárias ficam limitadas a 80 vagões, cláusula 2.2.3.1 do contrato, estabelece no Anexo II o valor máximo a ser movimentado anualmente e o direito de passagem de 7(sete) pares de trens diariamente, composição com 80(oitenta) vagões.

Capacidade de transporte

Dados:

- Carga por Vagão – 90 a 100 t
- Número de vagões – 80 por composição
- Carga por composição – 7.200 t X 30 dias = 216.000 t/mês
- Considerando 7(sete) composições por mês = 1.5 milhões de toneladas

- Considerando o período da colheita da soja de janeiro a agosto, temos uma capacidade de transporte de cerca de 12 milhões de toneladas.

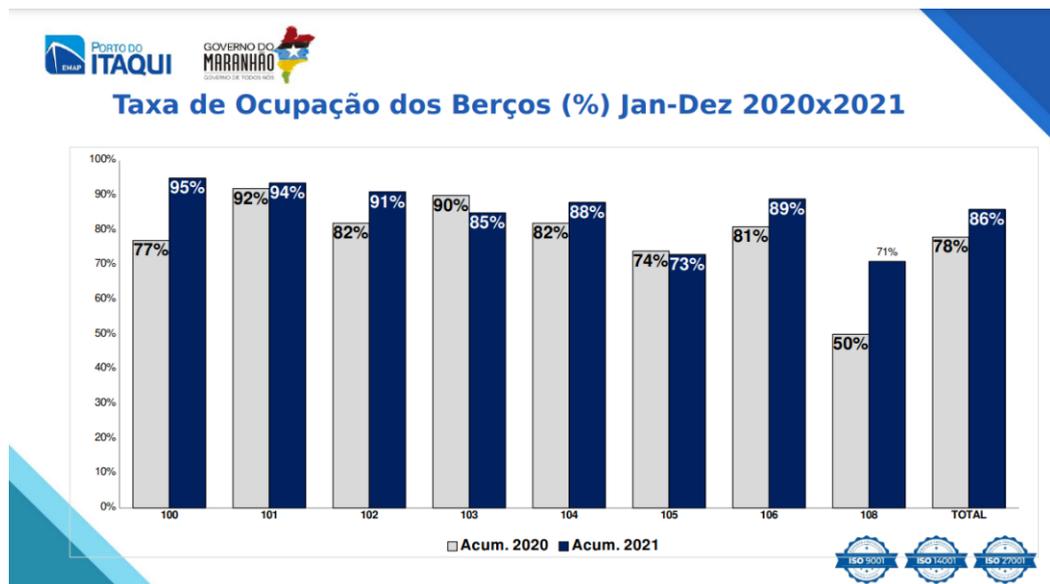
Capacidade de recebimento instalada

Dados:

- Número de moegas instaladas – 02 em cada armazém, total de 8 moegas
- Número de armazéns – 4(quatro), capacidade de 125.000 t, cada
- Capacidade de Descarregamento das moegas – 4.000 t/hora
- Capacidade Descarregamento/dia – 4.000 t X 24 horas = 96.000 t/dia
- Capacidade Descarregamento/mês – 96.000 t/dia X 30 dias = 2.88 milhões de toneladas.

Outro fato relevante diz respeito a taxa de ocupação dos berços utilizados para embarques de grãos, segundo a Empresa Maranhense de Administração Portuária – EMAP (ver Figura 25) a taxa de ocupação dos berços 100 e 103 em 2021 já se encontrava acima de 70%, valor máximo definido pelo Plano de Desenvolvimento e Zoneamento – PDZ.

Figura 25 – Taxa de ocupação dos berços de embarque de grãos



Fonte – Porto do Itaqui, 2022

3.2 Descrição do modelo conceitual

Um modelo conceitual pode ser inferido e desenvolvido quando se tem o pleno conhecimento do modelo real e compreensão de forma sucinta dos processos e das operações em andamento. Um terminal portuário deve dispor de infraestrutura específica considerando-se as diferentes cargas, demandando assim estrutura adequada para o atendimento as operações de embarque/desembarque, armazenamento, recebimento, entrega etc.

Alfredini e Arasaki (2018) mencionam que a capacidade de um berço está muito atrelada à capacidade dos equipamentos que o compõe, além do número de navios que frequenta, tipo de carga, dentre outros. Uma forma de se determinar essa capacidade pode ser através da equação (2.1):

$$cb = P \times N \times nhy \times mb \quad (2.1)$$

em que:

cb: movimentação anual por berço (t/ano ou TEU/ano)

P: produtividade na operação por equipamento (t/h)

N: número de berços

nhy: número de horas operacionais por ano

mb: taxa aceitável de ocupação do berço

Alfredini e Arasaki (2018) apresentam a equação (2.2) para cálculo da área de armazenagem:

$$A_{gr} = \frac{f_{area} \times f_{mercadoria} \times N_c \times t_{d.méd}}{m_c \times me_{méd} \times 365} \quad (2.2)$$

Onde:

A_{gr}: área de estocagem bruta (m²);

f_{área}: relação entre a superfície bruta e a superfície líquida, considerando as faixas de tráfego para os equipamentos (valor típico = 1,5);

f_{mercadoria}: devido ao desmonte e estocagem separada das entregas especiais, bens danificados etc. (valor típico = 1,2);

N_C : movimentação total anual que passa pela estrutura de armazenagem (toneladas);

$t_{d,méd}$: estadia média da mercadoria, em dias;

m_C : taxa média de ocupação do armazém (usualmente é adotado a faixa entre 0,65 e 0,75, depende das flutuações da estadia e do número de berços);

h_S : altura média do empilhamento (m);

$m_{e,méd}$: massa específica média da mercadoria (t/m^3).

Segundo Alfredini e Arasaki (2018), utiliza a equação (2.3) para o dimensionamento de instalações de armazenagem para granéis e consiste em que, se a capacidade dos acessos externos ao porto for inferior à produtividade do berço, será necessário prover uma reserva de produto no pico da movimentação de carga. Assim:

$$CS = N - VR t_N h \quad (2.3)$$

Sendo:

CS : capacidade de armazenagem

N : capacidade total dos navios no maior pico = $m \times PR \times h \times t_N$

m : número de berços

h : turno diário de trabalho:

VR : capacidade de acessos externos

t_N : duração do pico

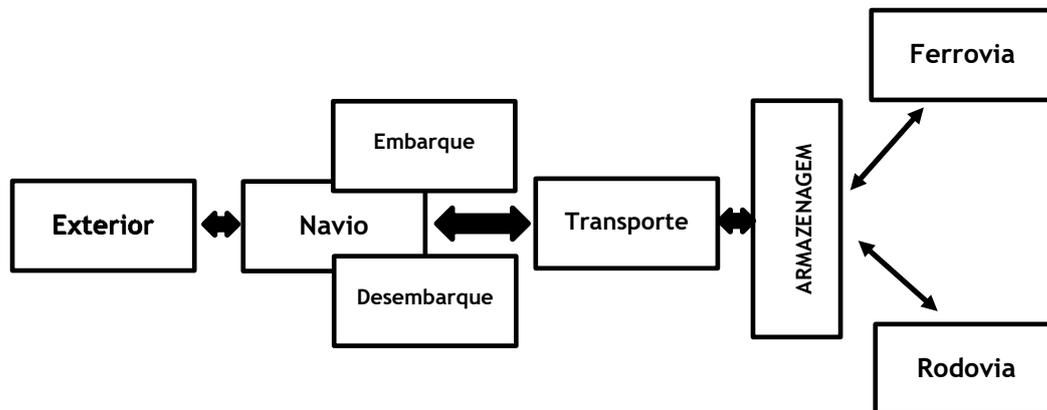
3.2.1 Coleta dados de entrada

Para a aprovação do modelo iniciou-se a coleta dos dados de entrada de tempo e a quantidade de navios movimentados, destacando-se as seguintes análises estatísticas:

- Quantidade de navios que chegam na área de fundeio (fila de espera);
- Quantidade de navios carregados nos berços específicos;

A Figura 26 exemplifica o modelo genérico do processo operacional que ocorre em uma estrutura portuária, o porto em estudo tem como característica fundamental a operação voltada para a exportação de grãos, neste caso específico vamos considerar o carregamento dos navios atracados nos berços destinados ao embarque.

Figura 26 - Processo de importação e exportação de um terminal portuário



Fonte: Adaptado Kim e Günther (2007).

Modificado pelo Autor

Os dados de entrada para a simulação do modelo conceitual, foram solicitados junto a administração do porto e outros levantados diretamente no campo.

- a) Planilha contendo a ordem de chegada dos navios na área de fundeio e o tempo de espera na fila;
- b) Dados da atracação;
- c) Tempo de carregamento (prancha);
- d) Dados da desatracação;
- e) Recursos utilizados durante o carregamento;

3.2.1.1 O processo de chegada

Segundo Darci Prado (2014) o estabelecimento do processo de chegada de entidades ao sistema que está sendo simulado é uma etapa muito importante da criação do modelo. Por processo de chegada geralmente estaremos nos referindo a uma distribuição de probabilidades que descreve corretamente a chegada dos navios ao sistema. Cada caso deve ser analisado individualmente. Os intervalos entre chegadas dos navios na área de fundeio seguem a distribuição exponencial negativa, dentre as distribuições estatísticas, é a que se adapta a quase todos os processos de chegada EXPO (Intervalo de chegada);

3.2.1.2 O processo de carregamento e desatracação

Os intervalos entre os carregamentos e a desatracação seguem uma tabela que descreve o processo. Ao chegar a um berço, a entidade navio sofre um atendimento durante certo tempo e para esse caso não existe uma distribuição estatística que se adapte a todos os cenários, pelo contrário, cada cenário deve ser analisado individualmente. Assim, por exemplo, para expressar no ARENA que o carregamento do navio segue a distribuição triangular, podemos dizer que o valor para o *Process Time* é TRIA (min, moda, máx),

Estes dados foram organizados e transferidos para o *Input Analyzer* com o objetivo de analisar e identificar um padrão de comportamento ou nível descritivo para uma base de dados.

3.3 Implementação do modelo

Os ciclos apresentados formam o fluxograma geral da operação no porto, estão representados os 3 (três) diferentes meios de transporte, os grãos chegam ao porto do Itaquí via terrestre pelos modais ferroviário e rodoviário, para isso são criadas entidades que representa a chegada da carga no porto ao longo do processo de simulação e saem via navios pelo acesso aquaviário. No processo de modelagem o *Input Analyzer* analisará os dados estatísticos da chegada dos navios no fundeio e dos navios carregados, onde serão definidas as curvas correspondentes a chegadas e partidas, considerando as taxas atualmente praticadas pelo Tegram para o carregamento dos navios no cenário real e para os outros cenários, serão rodados os modelos considerando a implementação das alterações realizadas.

Após a configuração inicial, as entidades entram de fato no processo, sendo simulado um ciclo completo que é descrito basicamente desde a chegada do navio na área de fundeio, sua movimentação em direção ao berço de carregamento, o carregamento do navio e a sua desatracação.

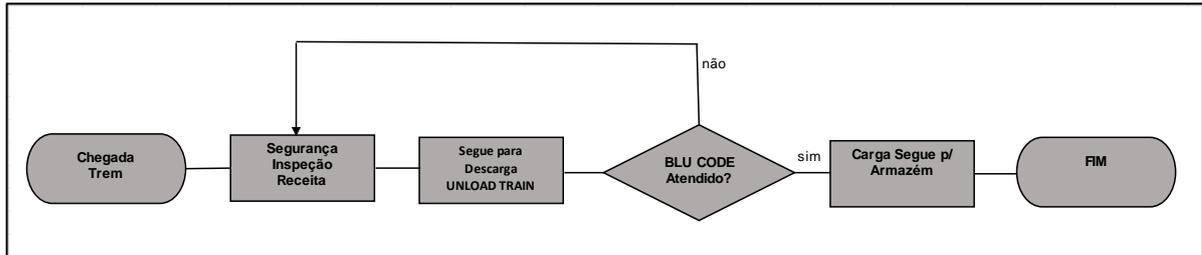
Para finalizar a configuração foram inseridos os recursos “carregador” e “*shiploader*”, são usados para o carregamento dos navios e sua capacidade nominal serviu como dado de entrada na definição do modelo.

Os fluxogramas operacionais do trem, caminhão e navio, serviram como base para a elaboração do modelo, a avaliação da simulação computacional se executa conforme o que foi planejado, além de verificar se os mesmos estão compatíveis com os dados reais.

3.3.1 Ciclo do trem

A Figura 27 representa o fluxo lógico do modal ferroviário que alimenta a estrutura de armazenagem do Tegram.

Figura 27 - Ciclo do trem

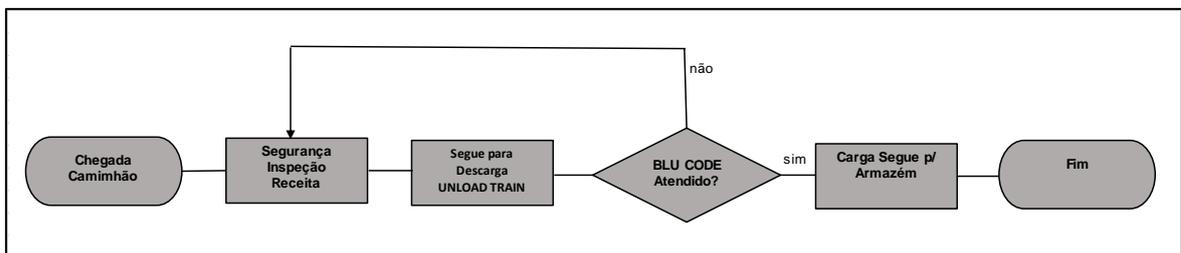


Fonte – O Autor.

3.3.2 Ciclo do caminhão

O modal rodoviário é o mais representativo dentro da logística de transporte de grãos do Tegram, dentro do modelo atual, é o mais importante e está representado pelo diagrama da Figura 28.

Figura 28 - Ciclo do caminhão

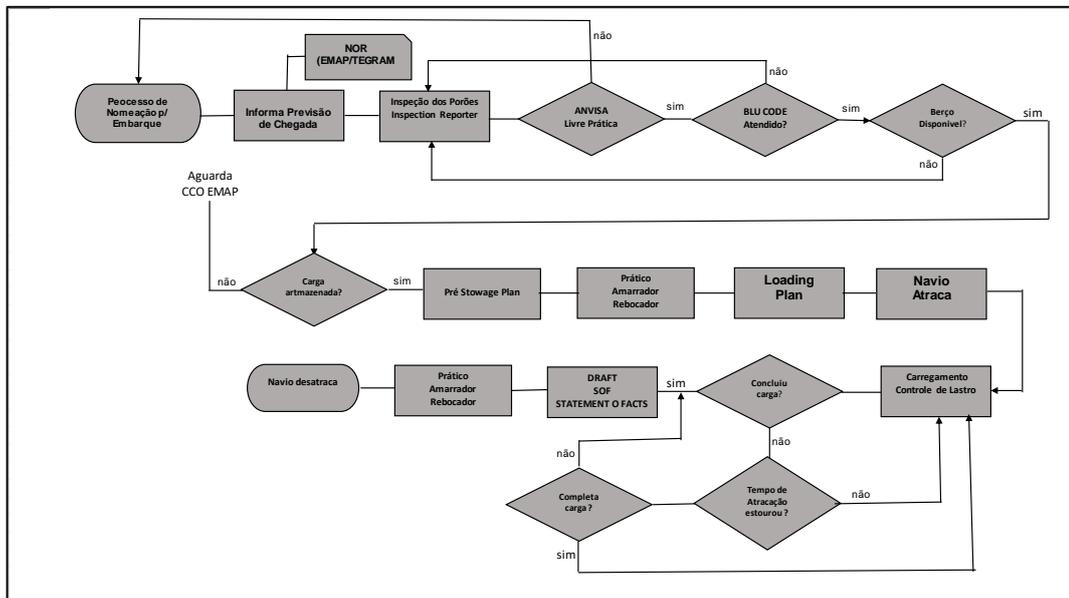


Fonte – O Autor.

3.3.3 Ciclo do navio

A Figura 29 representa o fluxo operacional genérico da operação logística de exportação dos grãos, identificando as etapas realizadas.

Figura 29 - Fluxo lógico do navio

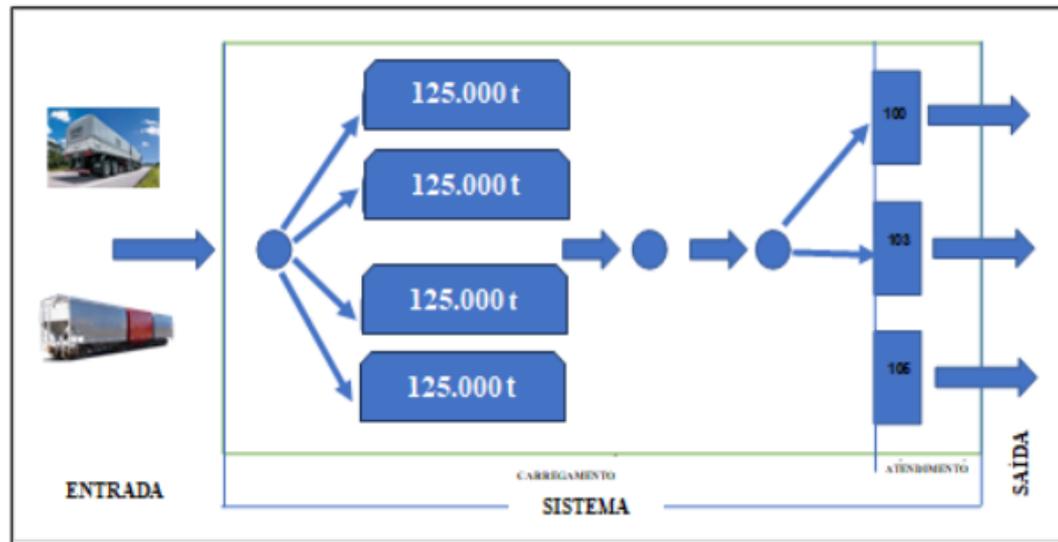


Fonte – O Autor.

Após o navio entrar no sistema, ele recebe o tempo inicial, que será utilizado posteriormente para calcular o tempo total do seu atendimento. Em seguida será registrado o número de navios atendidos ao longo a simulação, baseado em expressões obtidas através do *Input Analyzer*. A outra ferramenta utilizada é o *Output Analyzer* que permite analisar dados coletados durante a simulação. A análise pode ser gráfica e tem ainda recursos para efetuar importantes comparações entre a capacidade atual do terminal em receber grãos e atender os navios e com a implantação de melhorias na infraestrutura e a utilização da capacidade máxima produtiva das moegas ferroviárias.

A Figura 30 representa o resumo da operação realizada no terminal de grãos - Tegram, as cargas chegam e são direcionadas aos armazéns (quatro) com capacidade estática unitária de 125.000 t e de lá são transportados via esteiras para os berços de atracação, para serem carregados nos navios, este é o processo realizado dentro das variáveis já identificadas, mas não serviram de dados de entrada, já que consideramos que o sistema é alimentado continuamente pelos armazéns.

Figura 30 - Fluxo e localização das variáveis



Fonte – O Autor.

Além do que já foi citado acima, o uso dos artigos citados na referência teórica aborda estudo de caso real de um terminal portuário, em que todos os dados obtidos ao longo da pesquisa foram submetidos a um software de simulação e a análise dos resultados permitem chegar a uma conclusão, outro artigo trata de um estudo que visa apontar a prática de janelas de atracação a berços no porto do Itaquí pela descrição do método de estudo de caso e a realização da revisão de literatura.

Para alcançar os objetivos, foram avaliados os levantamentos de campo, entrevistas com especialistas, pesquisa bibliográfica, modelos de gestão praticados dentro da linha de pesquisa, além do desenvolvimento dos algoritmos dos cenários a serem modelados, cujos dados serão inseridos no processo de análise e na projeção das atividades, permitindo simular as respostas do sistema a diferentes escolhas da tomada de decisão.

3.3.4 Análise dos resultados do modelo

Com o modelo computacional validado segue-se para a etapa de realização da simulação para a obtenção dos resultados. O modelo simulado é um teste ou uma série de testes, nos quais as mudanças propostas são aplicadas nas variáveis de entrada de um processo previamente definido, com o objetivo de observar e identificar as mudanças ocorridas nas variáveis de saída, obter resultados documentados que permitem as conclusões e recomendações.

3.3.5 Diferença entre os cenários

Em todos os cenários não será indicada a melhor fila para o navio no fundeio e sim a fila da situação real em que os dados serão fornecidos pela administração do porto, os armazéns possuem capacidade de carregar o navio, os equipamentos portuários estão preparados para trabalhar com sua capacidade máxima durante às 24 horas, dentro de 01 ano (330 dias). Os cenários serão os seguintes:

Cenário 1 – Conceitual

As operações de carregamento de grãos são realizadas pelos berços 100 e 103, com capacidade efetiva de carregamento de 25.000 t/dia;

Cenário 2 – Instalação de 01(um) *shiploader* com capacidade de 25.000 t/dia no berço 103, a partir deste momento há um aumento da capacidade de produção estimada do berço para 42.000 t/dia. O berço 100 com capacidade de 25.000 t/dia e o berço 103 com capacidade de 42.000 t/dia;

Cenário 3 – O carregamento será feito com a utilização de 03(três) berços, com capacidade nominal de 25.000 t/dia.

4 ESTUDO DE CASO: COMPLEXO PORTUÁRIO DO ITAQUI

4.1 Geral

O Porto do Itaqui (ver. Figura 31) é composto pelo Porto Organizado do Itaqui, pelos terminais de *ferryboats* da Ponta da Espera (São Luis/MA), do Cujupe (Alcântara/MA), São José de Ribamar e da Raposa, administrados pela empresa estatal EMAP – Empresa Maranhense de Administração, pelo Terminal da Ponta da Madeira administrado pela empresa VALE e o Terminal da ALUMAR (TUP).

Figura 31 - Localização do complexo portuário do Itaqui, São Luis/MA



Fonte: Plano Mestre do Porto do Itaqui, 2018.

Por localizar-se na Baía de São Marcos e por ser naturalmente abrigado, o porto do Itaqui não possui e nem necessita de obras de abrigo e infraestrutura de acostagem. Seus 9(nove) berços que, somados totalizam aproximadamente 1.952 m de LOA acostável, o qual é composto por dois trechos de cais contínuos de multiuso e um berço exclusivo para granéis líquidos. Os berços 99, 100, 101, 102 e 103 possuem aproximadamente 1.261 m de extensão e constituem o primeiro trecho de cais contínuo. Os berços 104 e 105 somam 480 m de extensão e formam o segundo trecho de cais contínuo. O Berço 106 é uma estrutura dedicada a granéis líquidos.

4.2 Localização

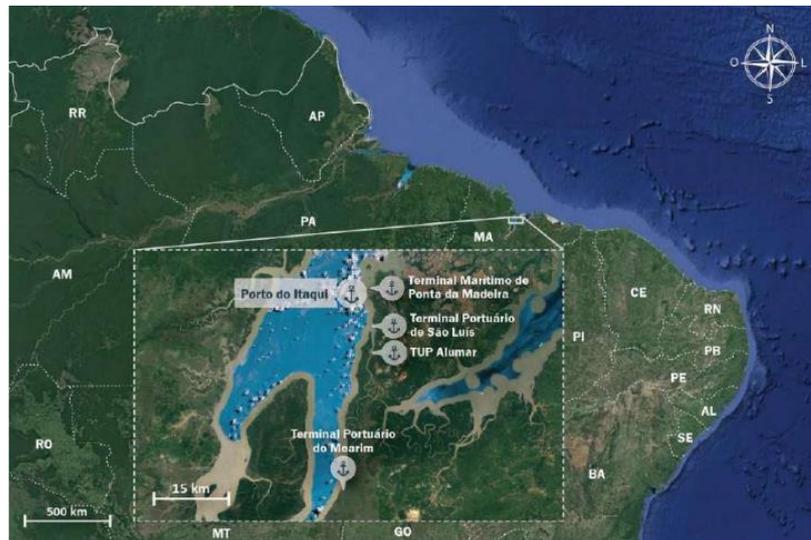
As coordenadas geográficas que indicam sua localização são indicadas na Tabela 2 e as Figura 32 representam a delimitação da área do porto organizado.

Tabela 3 - Coordenadas geográficas da localização do porto do Itaqui

COORDENADAS	PORTO DO ITAQUI
Latitude	02° 34,6' S
Longitude	44° 22,2' W

Fonte: Dados fornecidos pela EMAP. Elaboração própria (2019).

Figura 32 - Delimitação geográfica do complexo portuário do Itaqui.

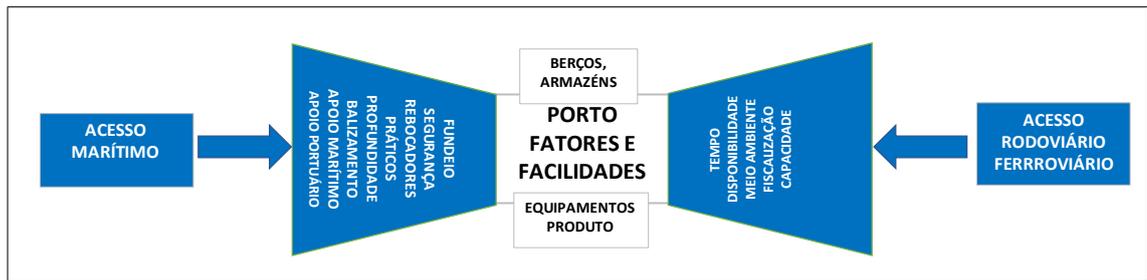


Fonte: Google Earth (2016). Elaboração: LabTrans/UFSC 2017) – Plano Mestre do Porto do Itaqui, 2018.

4.3 Área de influência do porto - hinterlândia

O porto é o local de convergência dos itens que compõem a cadeia logística, otimizar e vincular esses elementos irão determinar a capacidade e a eficiência do complexo portuário, a Figura 33 representa esses itens.

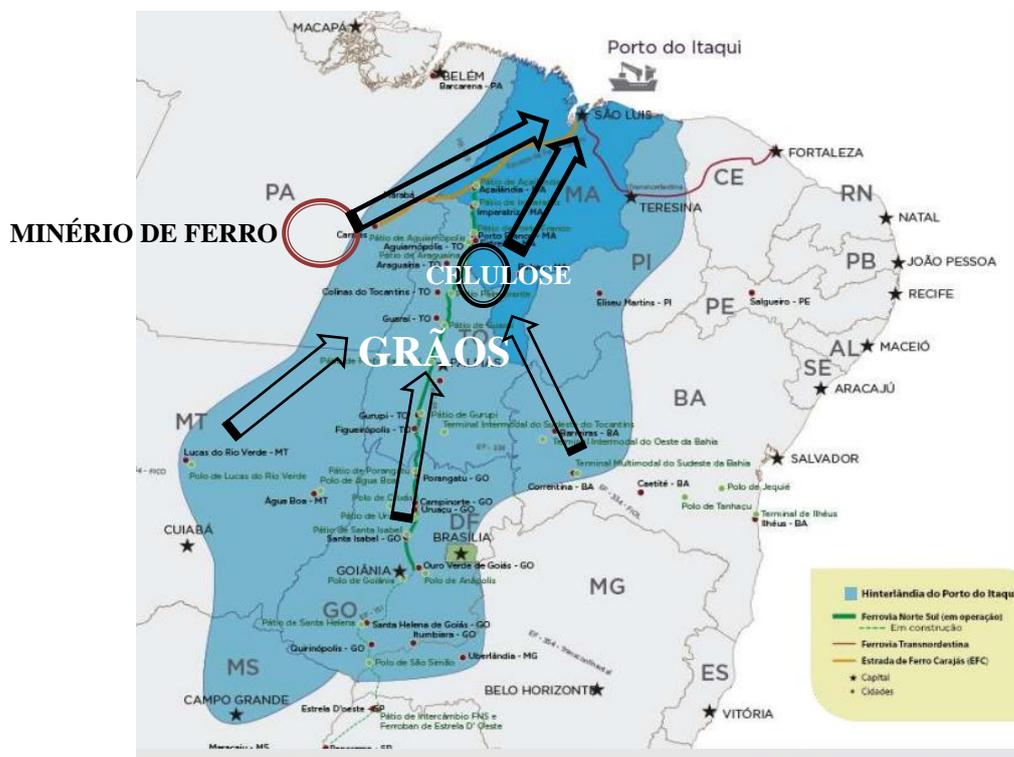
Figura 33 - Fatores da cadeia logística de um complexo portuário



Fonte – O Autor

Reconhecidamente o porto do Itaqui é fundamental para atender o corredor centro-norte de produção, que compreende a região chamada de Matopiba (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), Mato Grosso e os estados do Pará e Goiás. A eficiência multimodal lhe confere uma grande vantagem competitiva, possui interligação com importantes ferrovias como a Estrada de Ferro Carajás - EFC, a Ferrovia Norte e Sul – FNS e a Transnordestina Logística - TLSA, possibilitando a expansão da capacidade de exportação de grãos, cuja logística de exportação está representada na Figura 34.

Figura 34 - Área de influência do porto do Itaqui(hinterlândia)



Fonte – Plano Mestre do Porto do Itaqui, 2018, Alterações feitas pelo Autor.

A área de influência do complexo portuário do Itaqui (ver. Figura 35) é composta pelas rodovias BR-135 e BR-222, por onde as cargas provindas do modal rodoviário, que tem como origem ou destino o complexo portuário chegam aos terminais, ambas se constituem no principal acesso ao porto, além de serem muito utilizadas pelo tráfego urbano, sendo, portanto, vias com fluxo intenso de veículos leves e pesados. Próxima as rodovias encontramos a Estrada de Ferro Carajás - EFC, no entanto, devido ao fato de não existirem cruzamentos em nível não existem gargalos originados da interação entre os dois modais.

Figura 35 - Localização das rodovias da área de influência do Itaqui



Fonte: Dados obtidos durante a visita técnica e por meio da aplicação de questionários online; Google Earth (2016). Elaboração: LabTrans/UFSC (2017).

A malha ferroviária associada ao complexo portuário do Itaqui é composta pela Ferrovia Transnordestina Logística S.A. - TLSA, pela Estrada de Ferro Carajás - EFC, concessionada à Vale S.A. e pela Ferrovia Norte-Sul – Tramo Norte - FNSTN, operada pela VLI Multimodal S.A. As instalações do Itaqui recebem cargas provenientes das três ferrovias e as instalações do Terminal Marítimo de Ponta da Madeira – TMPM recebem cargas da EFC e da FNSTN.

4.4 ACESSOS

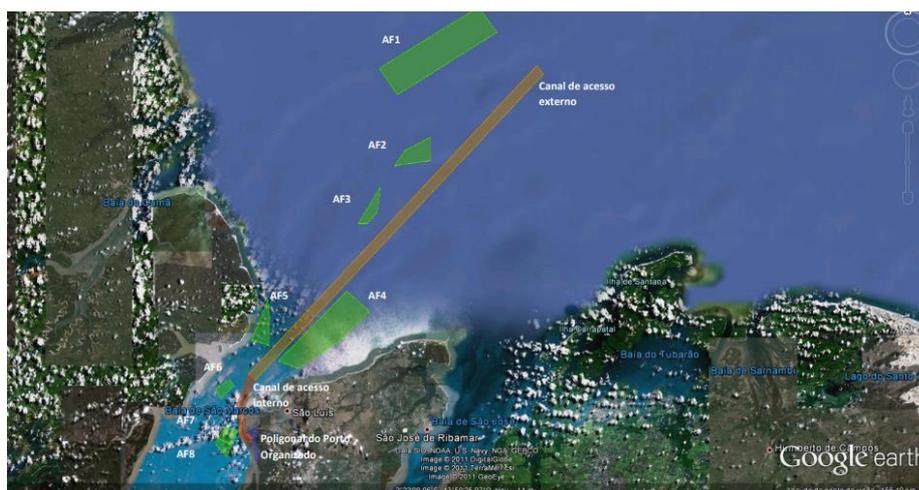
4.4.1 Acesso Aquaviário

4.4.1.1 Canal de acesso

O acesso hidroviário não possui a formação de barra, reduzindo assim os problemas ocasionados com a deposição de sedimentos. Suas elevadas profundidades naturais de acesso e a largura do canal (de quase mil metros), as condições de navegabilidade apresentam-se excelentes.

O canal de acesso ao complexo portuário de São Luís (ver. Figura 36), começa a cerca de 12 milhas ao sul da boia de fundeio 3 - BF3, possui 55 milhas náuticas (101,86 quilômetros aproximadamente) de extensão na direção nordeste-sudeste. A largura do canal, em quase toda a extensão é de 1.000 m, exceto nos trechos entre os pares de boia de luz n° 1 e n° 2, n° 3 e n° 4, n° 5 e n° 10, n° 9 e n° 14, n° 17 e n° 22 em que a largura mínima é de 500m. O canal de acesso é normalmente dragado a 24 metros. O canal de acesso à baía de São Marcos, as áreas de fundeio e o acesso aos portos e terminais do complexo portuário da empresa VALE, Itaqui e da empresa ALUMAR estão representados nas seguintes cartas náuticas: n° 410, 411, 412, 413 e 414, publicadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação do Brasil (DHN).

Figura 36 - Canal externo de acesso ao porto do Itaqui



Fonte – Emap. <https://www.portodoitaqui.com/porto-do-itaqui/infraestrutura>.
Acesso: 24/07/2022.

Para um melhor entendimento, a descrição do canal de acesso está dividida em quatro trechos: canal externo, canal intermediário, canal interno e canal do terminal de uso privativo - TUP Alumar. Seus limites e principais características são apresentados no Quadro 2. Os dois primeiros, canal externo e canal intermediário, estendem-se da entrada da Baía de São Luís até as instalações do terminal marítimo de Ponta da Madeira e são de utilização comum a todas as instalações portuárias do Complexo. O terceiro trecho é chamado de canal interno e possui duas seções, uma a leste e outra a oeste da ilha de Guarapirá. A primeira é utilizada somente pelos navegantes que demandam o porto do Itaqui, já a segunda é compartilhada com todas as embarcações que seguem em direção ao Estreito de Coqueiros.

O quarto e último canal a ser descrito é o canal de aproximação do terminal de uso privado - TUP ALUMAR, localizado nesse mesmo estreito.

Quadro 2 - Características do canal de acesso do Itaqui e as TUPs

Trecho	Início	Fim	Extensão (km)	Profundidade mínima (m) ¹⁷
Canal Externo	Alinhamento das boias nº 1 e nº 2	Primeiro ponto de embarque do práctico	91,8	24
Canal Intermediário	Primeiro ponto de embarque do práctico	Alinhamento do molhe sul da Ponta da Madeira	16,8	24
Canal Interno	Alinhamento do molhe sul da Ponta da Madeira	Final do cais de atracação	2,1	14,3
Canal do TUP Alumar	Alinhamento das boias nº 3 e nº 4	Bacia de evolução	5,5	7

Fonte: PDZ ZONEAMENTO DO PORTO DO ITAQUI, 2019.

No Quadro 3, são apresentadas as profundidades e as larguras limitantes do canal de acesso ao porto do Itaqui, sendo a empresa VALE responsável pela dragagem e monitoramento das boias e sinalização.

Quadro 3- Especificações técnicas do canal de acesso

Características do Canal de Acesso	Medida atual (m)
Profundidade Limitante Mínima	23,00
Profundidade Limitante Máxima	28,00
Largura Limitante	500,00
Calado Máximo Autorizado	22,30

Fonte: Emap. <https://www.portodoitaqui.com/porto-do-itaqui/infraestrutura>
 Observação: Foi utilizado o acréscimo de maré de 5m para a profundidade limitante máxima.

4.4.1.2 Fundeadouros

A Figura 37 apresenta as áreas de fundeio do porto organizado, áreas que estão sob a supervisão da Autoridade Marítima e devem ser seguidas as determinações e restrições estão contidas nas Normas e Procedimentos da Capitania dos Portos – NPCP/2020 da Capitania dos Portos do Maranhão.

Para navios que atracarão no píer 100, 103 e 105, geralmente ficam fundeados na área de fundeio 4 - AF4, área mais próxima aos terminais e que permite o fundeio de navios com calados inferiores a 11,00 metros.

Figura 37 - Área de fundeio da Baía de São Marcos

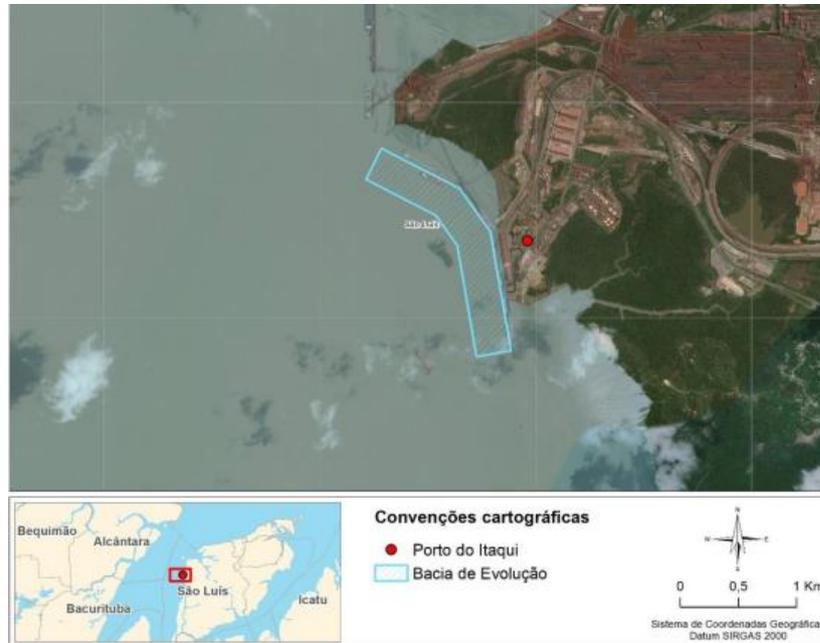


Fonte – Emap. <https://www.portodoitaqui.com/porto-do-itaqui/infraestrutura>.

4.4.1.3 Bacia de evolução

Área em frente aos berços chamada bacia de evolução do porto do Itaqui (ver. Figura 38), tem por objetivo possibilitar a rotação dos navios durante as manobras de atracação e desatracação das embarcações, a fim de que os giros necessários sejam efetuados com segurança. A seguir, todas as bacias de evolução do Itaqui e das TUPs adjacentes são descritas com suas dimensões e suas principais características operacionais, com largura fixa de 300 metros, 643 mil m² de área e 15 metros de profundidade limitante mínima, ao sul da boia lateral encarnada número 1 e 18 metros ao norte dessa mesma boia (PDZ Porto do Itaqui, 2019).

Figura 38 - Localização da bacia de evolução do Porto do Itaqui



Fonte - PDZ ZONEAMENTO DO PORTO DO ITAQUI, 2019.

4.4.2 Acessos terrestres

O porto do Itaqui conta com uma grande rede de conexões rodoviárias e ferroviárias (ver. Figura 39), está localizado próximo ao distrito industrial e ao aeroporto internacional de São Luís, os portos que compõem o complexo portuário de São Luís são servidos por rodovias que o ligam a todas as regiões do país. O porto do Itaqui é servido por mais de 55 mil quilômetros de rede rodoviária, composta pelas rodovias BR-135 e BR-222 que se conectam a estradas federais (BR 316, BR 230, BR 226 e BR 010) e estaduais (MA 230). As ligações com as redes ferroviárias também são extensas, com a Estrada de Ferro Carajás - EFC de 892 quilômetros, a Ferrovia Norte-Sul - FNS de 215 quilômetros e a ferrovia Transnordestina, que atravessa a região Nordeste. Essas conexões transformam o porto em um vetor importante com uma região de influência de mais de 20 milhões de hectares, o que representa uma vantagem significativa sobre os custos de transporte.

Figura 39 - Acessos terrestres Porto do Itaqui



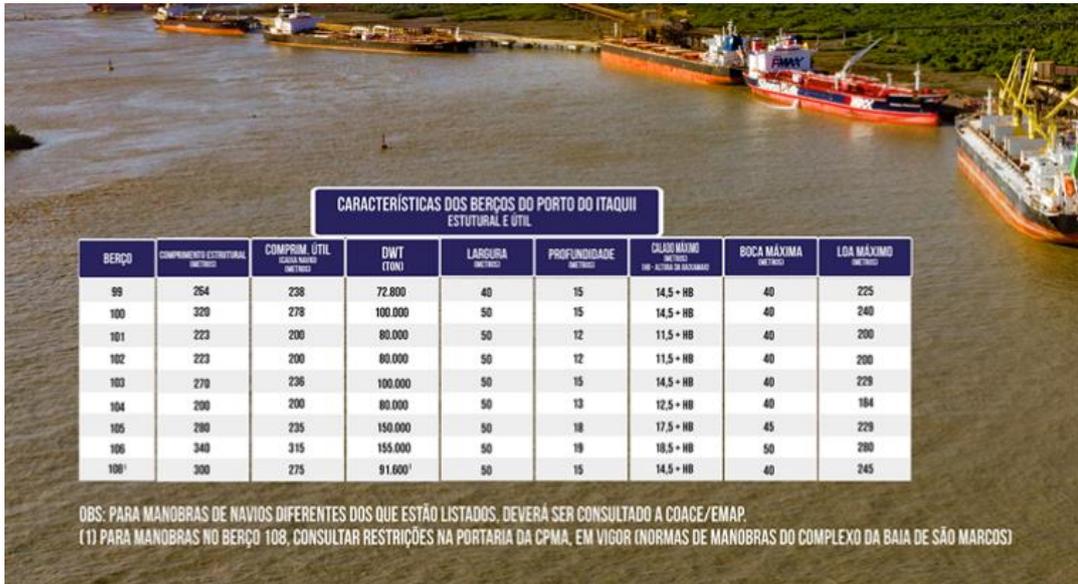
Fonte: patrocinados.estadao.com.br/portodoitaqui/wpcontent/uploads/sites/28/2016/09/Localizaçãopng Acesso em 04 JUL 2022.

4.5 Infraestrutura portuária do porto

4.5.1 Berços de atracação

O Porto do Itaqui possui uma infraestrutura muito eficiente para exportação de grãos, dedica atualmente os berços 100, 103 e 105 para o embarque de grãos. A Figura 40 indica os 9(nove) berços de atracação e a Figura 41 apresenta uma vista aérea do porto e as linhas das esteiras transportadoras que alimentam os berços de carregamento de grãos.

Figura 40 - Características dos berços do porto do Itaquí



CARACTERÍSTICAS DOS BERÇOS DO PORTO DO ITAQUI ESTUTURAL E ÚTIL

BERÇO	COMPIMENTO ESTRUTURAL (METROS)	COMPIM. ÚTIL (METROS)	DWT (TON)	LARGURA (METROS)	PROFUNDIDADE (METROS)	CLASSE MÓDULO (M - ALTURA DE BARRAGEM)	BOCA MÁXIMA (METROS)	LOA MÁXIMO (METROS)
99	254	238	72.800	40	15	14,5 + HB	40	225
100	320	278	100.000	50	15	14,5 + HB	40	240
101	223	200	80.000	50	12	11,5 + HB	40	200
102	223	200	80.000	50	12	11,5 + HB	40	200
103	270	236	100.000	50	15	14,5 + HB	40	229
104	200	200	80.000	50	13	12,5 + HB	40	184
105	280	235	150.000	50	18	17,5 + HB	45	229
106	340	315	155.000	50	18	18,5 + HB	50	280
108 ⁽¹⁾	300	275	91.600 ¹	50	15	14,5 + HB	40	245

OBS: PARA MANOBRAS DE NAVIOS DIFERENTES DOS QUE ESTÃO LISTADOS, DEVERÁ SER CONSULTADO A COACE/EMAP.
(1) PARA MANOBRAS NO BERÇO 108, CONSULTAR RESTRIÇÕES NA PORTARIA DA CPMA, EM VIGOR (NORMAS DE MANOBRAS DO COMPLEXO DA BAIJA DE SÃO MARCOS)

Fonte – Emap. <https://www.portodoitaqui.com/porto-do-Itaquí/infraestrutura>.

Figura 41 - Vista aérea dos berços de embarque de grãos do Itaquí



Fonte – Google Earth, acesso em 17/Jul/2022. Alterações feitas pelo Autor.

As características dos berços 100, 103 e 105, estão descritas no Quadro 4 abaixo:

Quadro 4 - Características dos berços exportadores de grãos

DADOS	BERÇO		
	100	103	105
Comprimento	278,00	270,00	280,00
LOA Máximo (m)	240,00	229,00	229,00
Boca Máxima (m)	40,00	40,00	50,00
DWT Máximo (t)	100	100	155,00
Calado Máximo (m)	14,50	14,50	14,50
Equipamentos de Carregamento	01 Carregador móvel, Bico telescópico,	01 Carregador móvel, Bico telescópico.	01 Carregador móvel, Bico telescópico, Alcance 25 m
Taxa de Carga Nominal	2.000 TM/hora com base para soja; MAX - 2.500 TM/hora – outros granéis sólidos	2.000 TM/hora com base para soja; MAX - 2.500 TM/hora – outros granéis sólidos	2.500 TM/hora com base para soja; MAX – 3.000 TM/hora – outros granéis sólidos
Taxa de Carga Diária Normal	25.000 TM/dia – base soja; MAX - 52.000 TM/dia para outros granéis	25.000 TM/dia – base soja; MAX - 52.000 TM/dia para outros granéis	25.000 TM/dia – base soja; MAX - 52.000 TM/dia para outros granéis
Tempo de Trabalho	24 Horas	24 Horas	24 Horas
BUNKER Disponível	NÃO	NÃO	Sim. Disponível por Shore Pipe.
Restrição de Idade para o Navio	25 Anos	25 Anos	25 Anos. Navios com mais de 18 ano precisam de requisitos especiais
Lado ao Lado	Somente a estibordo	Somente a estibordo	Somente a estibordo
Restrições de Navegação	NÃO	NÃO	Sim. Navios com DWD>90.000 t, só podem atracar de dia.
Calado Máximo do Canal (m)	23,00	23,00	23,00
Densidade da Água (Kg/m ³)	1,017 – 1,019	1,017 – 1,019	1,017 – 1,019
KC – Pé de Piloto (m) HB – Menor Baixa Mar do Dia	0,50	0,50	0,50

Fonte: O Autor.

4.5.2 Sinalização do canal, práticos e rebocadores

O Complexo Portuário do Itaqui encontra-se na chamada zona de praticagem 4 (ZP-4). De acordo com dados obtidos durante a vista técnica realizada na Empresa Maranhense de Administração Portuária - EMAP, esta zona conta com um total de 35 práticos. As companhias de rebocadores que atuam no complexo portuário do Itaqui, atualmente há 23 rebocadores disponíveis, de propulsão azimutal e com potências entre 4200 BHP e 6300 BHP e *bollard pull* variando entre 55,9 e 79,6 toneladas métricas. Durante a execução da pesquisa exploratória foram relatadas recusas de manobras para o porto público devido à falta de rebocadores. Apesar de contarem com um total de 23 equipamentos, devido às características dos rebocadores disponíveis e ao porte das embarcações que frequentam o complexo, algumas manobras requerem o uso de até cinco rebocadores simultaneamente. Fato este que, somado ao uso de três rebocadores do tipo *escort* ao longo de todo o percurso do canal de acesso ao TUP Alumar, faz com que a ocupação dos rebocadores seja alta ocasionando a falta destes para a realização de manobras. Quanto ao auxílio à navegação, o complexo portuário conta com balizamento composto por 64 sinais náuticos dos quais três são mantidos pela EMAP, 34 pela empresa Vale e 27 pela empresa Alumar.

4.5.3 Gerenciamento do tráfego de embarcações

A Secretaria Nacional do Portos - SNP/MTPA, desenvolvem um conjunto de ações denominadas “Inteligência Logística Portuária”, dentre as quais está prevista a implantação do sistema de gerenciamento e informação do tráfego de embarcações - VTMISS – do inglês *Vessel Traffic Management and Information System*, nos portos públicos brasileiro com o objetivo de coletar e processar dados do tráfego de embarcações por meio de sistemas e equipamentos que serão instalados na área do porto organizado. Esse sistema deverá prover:

- Cobertura da área do porto organizado, áreas internas e externas do canal de acesso, bacia de manobras, áreas de espera e fundeadouros;
- Compartilhamento de informações do tráfego com os serviços aliados e de integração com sistemas de gerenciamento do porto;
- Sistemas dedicados à segurança portuária;
- Sistema de apoio e gerenciamento da praticagem, sistemas de gerenciamento de carga e da propriedade em geral;

- Planejamento de acostagem;
- Sistema de cobrança de taxas portuárias. » controle de quarentena;
- Controle alfandegário;
- Apoio às operações da Polícia Marítima.

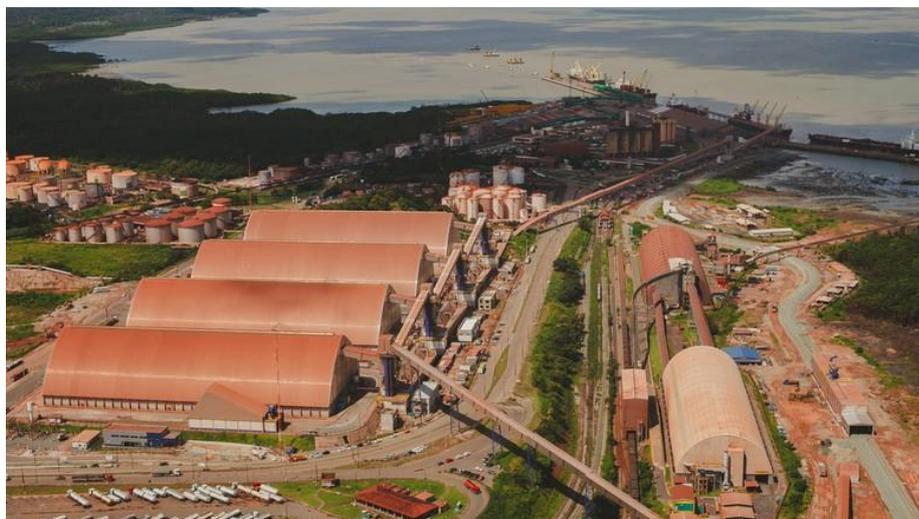
Para isso, devem ser empregados hardwares e softwares de alto nível, base de dados, protocolos e webservices, utilizando padrões conhecidos e de eficiência comprovada.

4.6 Terminal de grãos - Tegram

O consórcio formado pelas empresas Terminal Corredor Norte, Glencore Serviços, Corredor Logística e Infraestrutura e ALZ Terminais Portuários, destaca que os investimentos feitos no Tegram e concluídos em 2020, já produziram resultados satisfatórios, em 2018 o Tegram registrou uma movimentação de 6,3 milhões de toneladas de grãos, em 2021 o Tegram movimentou cerca de 11.255.325 toneladas (soja, milho, farelo de soja). Entretanto, vários fatores precisam ser trabalhados os quais notadamente são restrições ao processo logístico, a simulação permitirá analisar o comportamento nas operações de transporte e carregamento no terminal de grãos, indicando os riscos sem, no entanto, disponibilizar recursos, permitindo o desenvolvimento de projetos mais eficientes (FILHO, 2008).

A sua infraestrutura é composta por quatro armazéns (ver. Figura 42) com capacidade estática total de 500 mil toneladas de grãos (125 mil toneladas por armazém) e equipamentos de alta tecnologia, como um *shiploader*, balanças, moegas rodoviárias com oito tombadores (dois em cada armazém) que permitem receber mais de 960 caminhões ao dia, total de 46 mil toneladas descarregadas em média a cada 24 horas e moega ferroviária com capacidade para descarregar quatro vagões simultaneamente, a uma taxa de 2 mil toneladas de grãos por hora (composições de 80 vagões, com capacidade líquida de 100 toneladas por vagão).

Figura 42 - Infraestrutura do Tegram



Fonte: Globo Rural, março/2023.

4.7 Dados operacionais específicos

4.7.1 Situação Atual

4.7.1.1 Fatores que determinam as operações

a) Número de manobras permitidas

São permitidas 8 manobras durante o dia e 7 manobras a noite, incluindo as operações simultâneas, por janela de operação.

b) Quantidade de rebocadores

Atualmente vinte e três (23) rebocadores atendem todo o complexo portuário da Baía de São Marcos, que incluem o porto público do Itaquí, terminal da Ponta da Madeira - TMPM e o terminal privativo da ALUMAR. Existe a necessidade de mais rebocadores para atender a demanda atual, as operações simultâneas as vezes são paralisadas pela indisponibilidade desses equipamentos, mesmo assim quando se tem mais que uma manobra simultânea em um dos píeres da Vale (TMPM), terminal que opera com grandes navios, é necessária a utilização de outros rebocadores, contratados junto as outras empresas. Inspeções periódicas *underwater*, docagens e as manutenções preventiva e corretiva, são fatores que influenciam na disponibilidade desses equipamentos e a utilização de dois (02) rebocadores no costado dos

navios em períodos críticos de maré, onde a corrente atuando no momento da amarração dos mesmos pode causar um estresse, facilitando que o navio tenha problema em ficar atracado. Períodos próximos a janela de manobra, se torna mais complicado se conseguir rebocadores para auxiliar nas manobras simultâneas.

c) Equipamentos portuários

Apresentados os equipamentos portuários disponíveis no porto do Itaqui e para melhor entendimento foram divididos entre os que operam diretamente no cais, os que servem de ligação e os que operam na retroárea. Os equipamentos de cais existentes no porto do Itaqui são operados e de propriedade das empresas COPI, Pedreiras, ENEVA, Consórcio Tegram, VLI e Vale S.A. e suas principais características estão descritas no Quadro 5.

Quadro 5 - Equipamentos instalados no cais, em funcionamento

Tipo	Quant	Berço	Instalação Ano	Capacidade Nominal	Operador Portuário	Produto
Guindaste sobre Pneus (MHC)	1	100	2011	25 t	COPI	Granel Sólido
Guindaste sobre Pneus (MHC)	2	101 e 103	2008/2012	25 t	COPI	Granel Sólido
Guindaste sobre Pneus (MHC)	1	100 e 103	2001	40 t	Pedreiras	Granel Sólido
Descarregador de Granel	1	101	2010	1000 t/h	ENEVA	Granel Líquido
Carregador de Granel	1	105	2001	2000 a 8000 t/h	VLI	Granel Sólido
Carregador de Granel	1	103	2013	2500 t/h	Consórcio Tegram	Granel Sólido
Carregador de Granel	1	105	2004	1000 t/h	Vale S/A	Cobre
Guindaste de Bordo		99				

Fonte: PDZ 2019 Emap. Modificado pelo Autor.

Os equipamentos de ligação instalados no complexo logístico de embarque de grãos conectam a infraestrutura de acostagem com a retroárea do porto, especificamente os armazéns. Para este fim, o porto do Itaqui possui diversas correias transportadoras as quais são caracterizadas apresentadas no Quadro 6, cuja produtividade será determinada em função da densidade da carga movimentada.

Quadro 6 - Equipamentos de ligação que estão operando.

Tipo	Quant	Berço	Instalação Ano	Capacidade Nominal	Operador Portuário
Correia Transportadora	1		2011	1000 t/h	ENEVA
Correia Transportadora p/ Expedição	2	100 e 103	2013	2500 t/h	TEGRAM
Guindaste sobre Pneus (MHC)	1	105	?	2000 a 8000 t/h	VLI / VALE
Correia Transportadora	1		2004	1000 t/h	ENEVA

Fonte: PDZ 2019 Emap. Modificado pelo Autor.

Os equipamentos de retroárea, instalados para atendimento às operações de embarque de grãos, são apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 - Equipamentos da retroárea utilizados no carregamento de grãos.

Tipo	Quant	Berço	Instalação Ano	Capacidade Nominal	Operador Portuário	Produto
Guindaste sobre Pneus (MHC)	1	100	2011	25 t	COPI	Granel Sólido
Guindaste sobre Pneus (MHC)	2	101 e 103	2008	25 t	COPI	Granel Sólido
Guindaste sobre Pneus (MHC)	1	100 e 103	2001	40 t	Pedreiras	Granel Sólido
Descarregador de Granel	1	101	2010	1000 t/h	ENEVA	Granel Líquido
Carregador de Granel	1	105	2001	2000 a 8000 t/h	VLI	Granel Sólido
Carregador de Granel	1	103	2013	2500 t/h	Consórcio Tegram	Granel Sólido
Correia Transportadora para Recepção	1	100 e 103	2013	2500 t/h	Consórcio Tegram	Granel Sólido
Balança	2		?		EMAP	
Balança	2		?		EMAP	
SCANNER	1		2012	200 un/h	EMAP	Granéis Líquidos

Moega Rodoviária	8	Terminal	2013/2014	750 t/h cada	Consórcio Tegram	Granel Sólido
Balança Rodoviária	8	Terminal	2014	100 t cada	Consórcio Tegram	Granel Sólido
Balança de Fluxo Expedição de navios	1		2014	2500 t/h	Consórcio Tegram	Granel Sólido
Balança de Fluxo Recepção Ferro	1		2014	2000 t/h	Consórcio Tegram	Granel Sólido
Moega Ferroviária	2		2015/2020	2000 t/h	Consórcio Tegram	Granel Sólido

Fonte: PDZ 2019 Emap. Modificado pelo Autor.

4.8 Análise da capacidade e premissas para o porto do Itaqui

Segundo o Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto do Itaqui, 2019, no que se refere às perspectivas de novos investimentos, a duplicação da Estrada de Ferro de Carajás – EFC e a conclusão da ferrovia Norte Sul – FNS merecem destaque, além disso estão no horizonte alguns investimentos e ações relevantes para que as premissas sejam realizadas:

- a) Entrada de operação do berço 99 em 2022, recém-construído e com capacidade estimada de 1.500.000 t/ano, encontra-se em fase de comissionamento e homologação, além de exportar celulose, o berço 99 será dedicado à movimentação de commodities como trigo e fertilizantes e irá contribuir para reduzir o tempo de espera dos navios da fila de carregamento. O 99 é um berço multipropósito, é contínuo ao berço 100, com largura de 40,00 m e comprimento de 264 m, permitirá aumentar a quantidade de embarque de granéis sólidos, se houver a interligação da esteira de carregamento com a linha de carregamento do Tegram.
- b) Construção do berço 98 até 2025, preparado para receber cargas gerais e atender a crescente demanda de cargas no porto do Itaqui. Com 270 metros de comprimento e calado de 18 metros, será contínuo ao berço 99, já integrado ao berço 100, totalizará cerca de 860 m de cais (ver. Figura 43).

Figura 43 - Berços 99 e 98 integrados de forma contínua ao berço 100



Fonte: Emap. <https://www.portodoitaqui.com/porto-do-itaqui/infraestrutura>. Acesso 17/07/2022.

- c) Produtividade mínima por berço – 25.000 t/dia.
- d) Aumento do número de navios de 1000 para 1200 /ano.
- e) Utilizar o calado dinâmico nas operações no Tegram
- f) Projeção da demanda para carregamento Tegram
- g) Implantação de novos projetos.
- h) Instalação de novos equipamentos com maior produtividade.
- i) Aumento do número de berços em operação.

O quadro 8 quantifica a carga prevista para 2023 e a projeção da carga prevista, Tegram /2025.

Quadro 8 - Capacidade de embarque Tegram e VLI

ANO	VOLUME (t)	
2023	14.000.000	
2025	20.000.000	Tegram 15.000.000
		VLI 5.000.000

Fonte: O Autor.

O complexo portuário do Itaqui com a construção do berço 98, terá a quantidade de berços conforme descrito no Quadro 9:

Quadro 9 - Número de berços previsão para 2025

Porto	Quantidade
Itaqui	10
VALE	05
ALUMAR (TUP)	02
TOTAL	17

Fonte: O Autor.

4.9 Otimização da capacidade e transporte dos navios

Trechos de cais considerados nesta seção são apresentados os cálculos de capacidade de cais, obtidos para a logística de exportação de grãos no porto do Itaqui. As capacidades das instalações existentes são importantes quando tratamos do item planejamento, considerando ano-base 2021, as quantidades movimentadas estão demonstradas no Quadro 10, já inseridas as melhorias realizadas no Tegram. Atualmente temos já instalado o sistema de expedição de grãos no Berço 100.

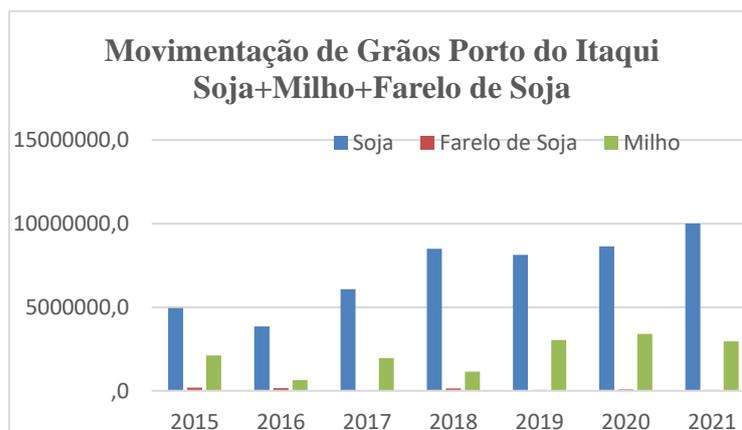
Quadro 10 - Movimentação de grãos porto do Itaqui

MOVIMENTAÇÃO PORTO DO ITAQUI	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Soja	4.955.299	3.849.528	6.070.931	8.491.504	8.124.836	8.643.348	10.009.221
Farelo de Soja	185.476	152.994	27.500	145.319	50.412	87.353	43.862
Milho	2.112.038	638.850	1.951.119	1.149.648	3.031.690	3.411.716	2.964.516
DEMANDA REAL	7.252.813	4.641.372	8.049.550	9.786.471	11.206.938	12.142.417	13.017.599

Fonte: Autor.

O Gráfico 1 mostra a evolução da movimentação de grãos, a projeção da demanda de soja, milho e farelo de soja para os anos analisados, pode-se observar que a projeção de demanda de soja e milho apresenta uma tendência crescente ao longo dos anos.

Gráfico 1 - Demanda movimentada VLI + Tegram



Fonte: O Autor.

4.9.1 Análise Demanda x Capacidade

O Plano Mestre avaliou a capacidade do complexo portuário do Itaqui em atender à demanda prevista em termos de instalações portuárias, acesso aquaviário e acessos terrestres, com o objetivo de verificar a existência de déficits de capacidade, tanto atuais como futuros, de forma que possam ser antecipadas ações para que esses gargalos sejam mitigados e seus efeitos minimizados (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL, 2018).

Até 2021, os berços 100 e 103 foram utilizados para o embarque de celulose, carga que será embarcada no berço 99 a partir da finalização da fase de comissionamento do berço, que deverá ocorrer até o final do ano de 2022, a partir de 2023 os berços 100 e 103 serão utilizados exclusivamente nas movimentação de soja + farelo de soja + milho para exportação.

O Plano Mestre do Itaqui (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL, 2018) considera 70% a taxa de ocupação dos berços de admissível, as taxas de ocupação dos berços 100 e 103 estão acima do limite e com a transferência das operações de embarque de celulose para o berço 99, haverá uma redução desta taxa que permitirá o aumento das operações de carregamento de grãos, utilizando as atuais condições operacionais até que alcance a capacidade de movimentação dos berços e a carga restante poderia ser alocada no berço 105 ou 99, desde que haja a interligação das esteiras ou a instalação de equipamentos portuários de carregamento.

O Plano Mestre do Itaqui – Sumário Executivo (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL, 2018) faz uma análise da projeção da demanda x capacidade do berço, esta análise é importante para a identificação dos gargalos que impactam no

carregamento e transporte dos grãos, a taxa de ocupação dos berços permite atracar mais navios, desde que a carga esteja pronta a embarcar.

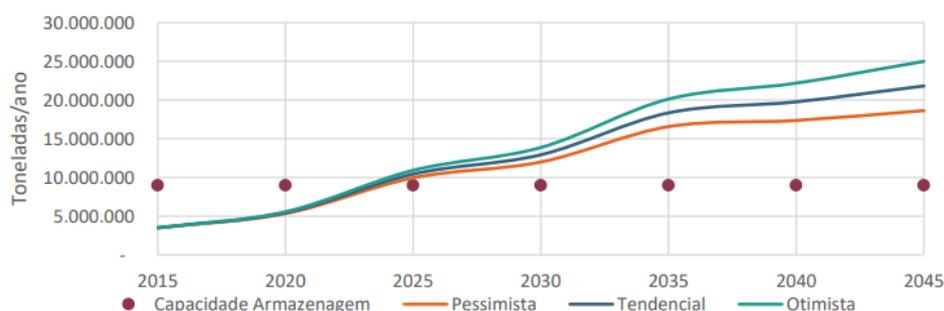
4.9.2 Análise do recebimento e armazenagem

A armazenagem de grãos vegetais (soja e milho) e de farelo de soja é realizada nos quatro armazéns do Tegram e nas instalações de armazenagens presentes no terminal marítimo da Ponta da Madeira - TPM.

O tempo médio de estadia admissível para fins de cálculo de capacidade é de 20 dias segundo informado pelo terminal. Com esses parâmetros, é calculado o valor de 9 milhões t/ano de capacidade dinâmica, que é inferior à capacidade de cais do Tegram que é de 10 milhões de toneladas, já que as operações no berço 100 já estão em funcionamento (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL, 2018).

Se o tempo médio de estadia for de 15 dias em vez de 20 dias, a capacidade dinâmica de armazenagem do terminal será de 12 milhões t/ano, valor esse superior à Movimentação Mínima Contratual (MMC) do Consórcio de 10 milhões t/ano a partir do décimo quarto ano do contrato de arrendamento. de modo que para suprir a demanda, seria necessário um período médio de 13 dias das cargas nas instalações de armazenagem (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL, 2018). O Gráfico 2 representa a projeção da demanda versus capacidade de armazenamento dinâmico do Tegram, para soja e milho.

Gráfico 2 - Demanda vs Capacidade de Armazenagem Dinâmica no Tegram



Elaboração: LabTrans/UFSC (2017).
Fonte – Plano Mestre do Porto do Itaquí (2018).

5 ANÁLISE UTILIZANDO O SOFTWARE ARENA

O simulador será alimentado com as informações adquiridas, conforme descritas na metodologia. Ao se realizar a primeira simulação no software ARENA, utilizou-se os dados reais do terminal em estudo.

Berço 100. Foram consideradas as três principais cargas: soja, milho, farelo de soja.

Berço 103. Foram consideradas as três principais cargas: soja, milho e farelo de soja.

Para a realização da simulação algumas premissas foram adotadas, sendo elas:

- O canal de acesso aquaviário está sempre liberado;
- Dias de operação – 330;
- Disponibilidade de rebocadores para as operações portuárias;
- Os armazéns de grãos (exportação) possuem lote suficiente para atender a demanda de navios;
- São consideradas todas as operações simultâneas do porto e disponibilidade de cais;
- Sistema FIFO (first in, first out), ou seja, não há prioridade de carga, o atendimento é por ordem de chegada;
- Não haverá aumento dos lotes médios dos navios no horizonte de simulação.

5.1 Etapa de planejamento

Os cenários considerados foram baseados sob a ótica de demanda de granéis vegetais para exportação, sob a ótica de superestrutura e operação, utilização de equipamentos e armazéns ou carregamento e descarregamento direto do caminhão e sob a ótica de oferta entrada em operação ou não do Tegram. Foram considerados três cenários, sendo eles:

- Cenário 1: Operação realizada atualmente pelo Tegram, os berços 100 e 103, foram consideradas infraestruturas de armazenagem já existentes. Nesse cenário, as produtividades utilizadas foram as observadas atualmente no Tegram, uma vez que as operações são realizadas dessa mesma maneira, cada berço opera com 01(um) *shiploader* com capacidade nominal de 25.000 t/dia, não sendo consideradas interrupções durante a operação de carregamento;

- Cenário 2: Na configuração atual, foi instalado no berço 103 mais 01(um) *shiploader*, sendo a produtividade estimada do conjunto instalado (02 *shiploaders*) de 42.000 /dia;
- Cenário 3: Na configuração atual (02 berços) foi inserido o terceiro berço com capacidade de embarque de 25.000 t/dia.

5.2 Etapa de modelagem

O modelo de simulação foi definido a partir do levantamento de informações junto a documentos oficiais da área, como o Plano Mestre, bem como levantamento de informações junto a especialistas do porto e da literatura especializada. Os navios foram considerados como entidade, e os atributos elencados foram o tipo de carga e a movimentação total (peso em toneladas). Como recursos foram considerados os berços e os carregadores descritos nos cenários em que eles foram simulados.

5.3 Etapa de levantamento de dados

De acordo com o modelo definido na etapa anterior, foi possível determinar os dados necessários para executar o modelo, que foram os seguintes:

- Chegada de navios: a chegada de navios em um porto geralmente é uma distribuição aleatória, sendo que eles apresentam características distintas entre si, tais como: tamanho (LOA, boca, calado); natureza da carga e quantidade transportada (peso), dentre outros. Para o estudo de caso utilizou-se inicialmente os dados de chegada de navios no complexo portuário do Itaquí, de todo o ano, tendo como fonte os dados do porto. Desse banco de dados foram utilizadas duas variáveis: Data e horário da chegada, onde a primeira foi utilizada para criar o *line-up* de cada uma das cargas consideradas. A partir da data da chegada e horário informados, foi possível a criação de um arquivo contendo o tempo decorrido (em horas) de chegada de um navio desde a chegada do último. Neste caso, os dados utilizados para criação da curva de chegada de navios e o número de horas decorrido entre a chegada deles. Para utilizar os dados levantados foi gerada uma equação de distribuição estatística a partir das chegadas. A ferramenta *Input Analyzer* do ARENA definiu o modelo que melhor se ajusta aos dados, a expressão que representa a distribuição estatística

é a EXPO (13,4) horas, a base de chegada está no ANEXO A, a Figura 44 representa uma amostra deste anexo;

Figura 44 - Dados de registro de chegadas dos navios no fundeio

Nome da Instalação	Número atracação	IMO da embarcação	Nomenclatura Simplificada	Data da Chegada	Intervalo (h)
Itaqui	1216219	9452555	Milho	25/12/2021 13:00	-
Itaqui	1212024	9218789	Milho	30/12/2021 06:18	113,3
Itaqui	1216731	9597123	Farinha De Soja	07/01/2022 20:40	206,3666667
Itaqui	1216733	9593440	Milho	08/01/2022 08:36	11,93333333
Itaqui	1216014	9344069	Milho	08/01/2022 22:00	13,4
Itaqui	1216738	9616905	Milho	16/01/2022 00:36	170,6
Itaqui	1222178	9717424	Soja	18/01/2022 04:30	51,9
Itaqui	1218061	9423293	Milho	19/01/2022 07:00	26,5
Itaqui	1218069	9600621	Soja	20/01/2022 04:54	21,9
Itaqui	1224779	9748796	Soja	25/01/2022 20:06	135,2
Itaqui	1224621	9252424	Soja	26/01/2022 22:12	26,1
Itaqui	1226565	9394753	Soja	27/01/2022 03:36	5,4
Itaqui	1224572	9442407	Soja	30/01/2022 13:30	81,9
Itaqui	1225261	9254111	Soja	01/02/2022 15:48	50,3
Itaqui	1222180	9591519	Soja	02/02/2022 08:40	16,86666667
Itaqui	1232030	9577460	Soja	03/02/2022 06:24	21,73333333

Fonte: Porto do Itaqui, 2022.

- **Carga dos navios:** a quantidade de carga que cada navio movimentou no porto, em toneladas, foi utilizada para determinar o tempo de operação. Esses valores foram fornecidos pelo porto e as informações foram inseridas no ARENA. Assim, essa informação é um atributo que é escolhido aleatoriamente dentro de um banco de dados observados;
- **Carregamento/desatracação:** a capacidade de um terminal portuário está inteiramente conectada com a produtividade dos seus equipamentos. Para utilizar esse índice, partiu-se dos valores observados de produtividade para cada uma das cargas analisadas. A produtividade é dada pela carga do navio dividida pelo intervalo de tempo no qual durou a operação, e assim sua unidade é toneladas por hora. No entanto, esse valor não é fixo, uma vez que diversos fatores, principalmente climáticos, acabam alterando-o, como por exemplo, em caso de fortes chuvas, quando há necessidade de paralisação das atividades, aumentando o tempo, e consequentemente diminuindo a produtividade. Assim, para as cargas embarcadas foi criada uma curva de distribuição estatística do tipo triangular, curva que melhor representa a situação, a variável muda com o tempo e nas operações portuárias são utilizadas para representar esse tipo de variável, que possui um valor médio representativo, mas com alguns pontos inferiores e outros superiores (não são outliers, são faixas de pontos inferiores e superiores), o banco de dados fornecido

gerou uma distribuição estatística representada pela curva TRIA (35.85, 62.4, 108.75). onde 35.85 horas representa o tempo mínimo em horas do carregamento do navio, 108.75 horas representa o tempo máximo e 62.4 horas é o tempo médio (moda) de carregamento do navio, valor utilizado como dado de entrada no modelo a ser simulado.

5.4 Etapa de experimentação

Após determinar os fluxos e as premissas e concluir a etapa de levantamento dos dados, o sistema foi modelado, foi definido que o tempo de simulação seria de 1 ano inteiro (330 dias), uma vez que normalmente os indicadores portuários são apresentados nessa escala temporal. Também se definiu arbitrariamente que seriam executadas 1(uma) replicação.

De forma geral, a construção do modelo dentro do ARENA foi feito segundo a metodologia definida sendo realizadas as seguintes etapas:

Etapa 1: Geração dos navios - Chegada

- Através do Módulo “*Create*” temos a chegada dos navios que irão carregar grãos na área de fundeio AF4, os navios são criados de acordo com expressão gerada pelo *Input Analyzer*;

Etapa 2: Definição do berço para atracação e sua configuração;

- Através do módulo “*Decide*”, foram criadas as condições de carregamento, o cenário 1(real) temos como recursos nos berços 100 e 103 um *shiploader* de 25.000 t/dia de capacidade produtiva efetiva referente ao tipo de carga que o navio está movimentando. No cenário 2, o berço 103 está configurado com 02(dois) *shiploaders*, com capacidade efetiva constante de 42.000 t/dia e no cenário 3 temos os berços 100 e 103, sendo inserido mais 01(um) berço de atracação, com capacidade nominal de 25.000 t/dia, similar aos berços existentes.

Etapa 3: Operação

- Após o navio “atracar” no berço, uma vez que o berço atende a um tipo de produto, sendo a produtividade do berço uma constante. Nessa etapa, o recurso

berço fica ocupado. A produtividade foi dada por uma equação (como comentada no item 5.3) através do *Input Analyzer*.

Etapa 4: Saída do sistema

- Através do módulo “*Dispose*” o navio deixa o sistema.

Após modelar o sistema no Arena, gerar alguns resultados iniciais e realizar as adaptações necessárias, o modelo foi rodado, sendo feita 01(uma) replicação e os resultados estão apresentados na seção que segue.

5.4.1 Modelo

Para cada cenário são desenvolvidos os diagramas de blocos, que servirão como modelo, após executar a simulação um arquivo extensão XLS será aberto ele será dividido em 7 planilhas: *ProjectInformation*, *AcrossReplicationSummary*, *DiscreteTimeStatsByRep*, *ContinuousTimeStatsByRep*, *CounterStatsByRep*, *OutputStatsByRep* e *FrequencyStatsByRep*.

- ***ProjectInformation***: mostrará as informações base do projeto, dentre elas, nome do projeto, diretório do arquivo, data em que foi executado, a unidade de tempo (segundos, minutos, horas ou dias), o número de replicações da simulação, o conjunto médio de estatísticas coletados e por fim o intervalo de confiança;
- ***AcrossReplicationSummary***: É a planilha destinada a mostrar um sumário de todos os dados da simulação, ou seja, ele dará dados gerais dos dados que serão detalhados nas outras planilhas;
- ***DiscreteTimeStatsByRep***: Essa será a planilha destinada a mostrar os dados de tempo discretizados, ou seja, com análises e números finitos;
- ***ContinuousTimeStatsByRep***: Essa será a planilha destinada a mostrar os dados de tempo contínuos, ou seja, com análises e números infinitos, mínimos;
- ***CounterStatsByRep***: Serão as contra estatísticas, que no caso de nossas simulações não há de existir;
- ***OutputStatsByRep***: Essa será a planilha destinada a detalhar os dados de saída da simulação, ou seja, serão os resultados;
- ***FrequencyStatsByRep***: Essa planilha mostrará a frequência os dados da

simulação, porém em nossas simulações não haverá.

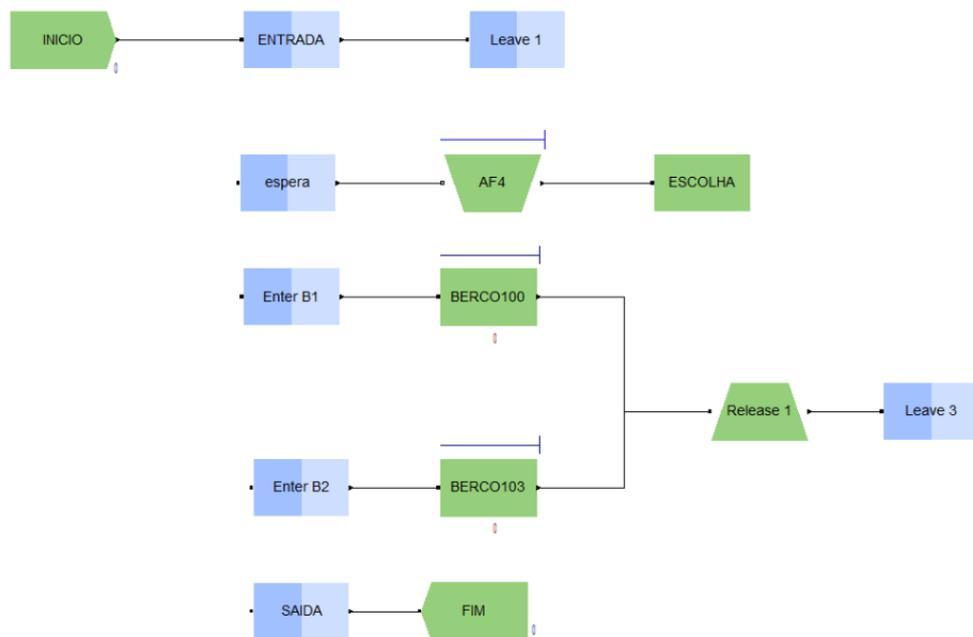
Essa será a organização de toda simulação executada, porém, suas descrições internas mudarão a depender das entidades, recursos e filas que foram inseridas no arquivo da simulação. Para analisar cada cenário só precisaremos analisar detalhadamente 3 planilhas, a *DiscreteTimeStatsByRep*, *ContinuousTimeStatsByRep* e a *OutputStatsByRep*.

5.4.1.1 Cenário 1

A figura 45 representa o modelo utilizado para a simulação do cenário 1, que representa a situação atual de operação do terminal de grãos do porto.

5.4.1.1.1 Diagrama de Blocos

Figura 45 - Modelo de simulação do cenário 1



Fonte: O Autor

5.4.1.1.2 Resultados do cenário 1

Após a simulação, os relatórios gerados permitem analisar os resultados e a Figura 46 contém os dados de entrada utilizados nas replicações, as equações e definições dos dados de entrada (quantidade e produtividade dos *shiploaders*, berços, equação de chegada dos navios

na área de fundeio, equação de carregamento dos navios nos berços) permitirão avaliar os resultados e compará-los com os dados coletados e informados pelo porto, a decisão de continuar ou não com modelo dependerá desses dados.

Figura 46 - Dados de entrada, definição das entidades

Discrete-Time Statistics (Tally)									
Project Name	Name	Type	Source	Average Of Replication Averages	Minimum Replication Average	Maximum Replication Average	Overall Min Value	Overall Max Value	Avg Observations Per Replication
PORTO ITAQUI	BERCO100.Queue	Waiting Time	Queue	0	0	0	0	0	112
	BERCO103.Queue	Waiting Time	Queue	0	0	0	0	0	109
	FILA Queue	Waiting Time	Queue	3,105673216	3,105673216	3,105673216	0	11,70616798	220
	Navios	NVA Time	Entity	0	0	0	0	0	219
		Other Time	Entity	0	0	0	0	0	219
		Total Time	Entity	6,010172126	6,010172126	6,010172126	2,040891866	14,95563995	219
		Transfer Time	Entity	0,104166667	0,104166667	0,104166667	0,104166667	0,104166667	219
		VA Time	Entity	2,858666346	2,858666346	2,858666346	1,562744288	4,442570362	219
		Wait Time	Entity	3,047339113	3,047339113	3,047339113	0	11,70616798	219

Fonte: O Autor

A planilha abaixo representa uma análise dos dados discretos (*Discretetimestatsbyrep*), nas colunas teremos o nome, o objeto, o tipo do objeto, a origem do objeto, a média, o mínimo, o máximo e o número observado (ver. Figura 47).

Figura 47 - Interação estatística considerando o tempo discreto versus replicações

ProjectName	Project RunDate Time	Replication	Name	Type	Source	Average	BatchMeansHalfWidth	Minimum	Maximum	NumberObservations
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05	1	BERCO100.Queue	Waiting Time	Queue	0	Insufficient	0	0	112
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05	1	BERCO103.Queue	Waiting Time	Queue	0	Insufficient	0	0	109
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05	1	FILA Queue	Waiting Time	Queue	3,105673216	Insufficient	0	11,70616798	220
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05	1	Navios	NVA Time	Entity	0	Insufficient	0	0	219
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05	1	Navios	Other Time	Entity	0	Insufficient	0	0	219
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05	1	Navios	Total Time	Entity	6,010172126	Insufficient	2,040891866	14,95563995	219
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05	1	Navios	Transfer Time	Entity	0,104166667	Insufficient	0,104166667	0,104166667	219
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05	1	Navios	VA Time	Entity	2,858666346	Insufficient	1,562744288	4,442570362	219
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05	1	Navios	Wait Time	Entity	3,047339113	Insufficient	0	11,70616798	219

Fonte: O Autor

Podemos tirar as seguintes informações da planilha:

- Navios com origem *Entity* (Entidade), ou seja, ele será a entidade, o objeto que estudaremos nessa simulação;
- BERCO100 com origem *Queue* (fila), ou seja, é a fila formada no berço 100;
- BERCO103 com origem *Queue*, ou seja, é a fila formada no berço 103;
- FILA com origem *Queue* que é a fila formada pelos navios na área de fundeio.

Na coluna *Type* temos:

- *NVA Time* que é o tempo sem contribuições para o sistema que nesse caso está zerado, pois todo o tempo que a entidade navio gasta no sistema é utilizada de alguma forma;

- *Other Time* que são outros tempos que a entidade utilizaria no sistema, no caso do cenário 1 não há nenhum tempo desse tipo;
- *Total Time* que é o tempo total que a entidade gasta no sistema, nesse cenário a entidade “navio” gasta uma média de 5,82 dias, um mínimo de 2,04 dias e um máximo de 14,95 dias para completar a simulação;
- *Transfer Time* é o tempo que uma entidade gasta para ser transferida entre os processos da simulação, ou seja, o tempo que ela gasta de uma de um bloco a outro. Nesse cenário a entidade ”navio” gasta em média 0,10416667;
- *VA Time* é o tempo com contribuições para o sistema, nesse cenário houve uma média de 2,858666346, um mínimo de 1,562744288 e um máximo de 4,442570362 dias;
- *Waiting Time* é o tempo de espera que terá dentro da fila, nesse cenário o *Waiting Time* do BERCO100 e do BERCO103 é 0 pois só pode entrar um navio por vez nos berços, ou seja, na fila BERCO100 e BERCO103 não há como ter fila de espera, porém, no *Waiting Time do FILA Queue* há uma média de 3,047339113 dias, mínimo de 0 e máximo de 11,70616798 dias, pois as entidades ficam esperando nessa fila que se localiza na área de fundeio AF4 enquanto outras entidades são processadas nos berços 100 e 103.

Por fim, na coluna *NumberObservation* mostra o número de entidades analisadas, dessa forma foram observados 219 navios/ano, 112 foram processadas no BERCO100, 109 no BERCO 103 e existem 220 navios/ano na fila.

A Figura 48 mostra o relatório da análise dos dados contínuos (*Continuoustimestatsbyrep*), em que é dividida, também, por linhas que mostram o objeto e colunas que mostram nome, tipo, origem, média, mínimo, máximo e último valor *Record*.

Figura 48 - Planilha dos dados contínuos

ProjectName	Project RunDateTime	Replication	Name	Type	Source	Average	BatchMeansHalfWidth	Minimum	Maximum	LastRecordedValue
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05		1 BERCO100.Queue	Number Waiting	Queue	0	Insufficient	0	0	0
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05		1 BERCO103.Queue	Number Waiting	Queue	0	Insufficient	0	0	0
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05		1 ESPACO	Instantaneous Utilization	Resource	0,89512214	Insufficient	0	1	1
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05		1 ESPACO	Number Busy	Resource	1,790244279	Insufficient	0	2	2
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05		1 ESPACO	Number Scheduled	Resource	2	Insufficient	2	2	2
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05		1 FILA Queue	Number Waiting	Queue	1,959999751	0,726794944	0	8	5
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05		1 Navios	WIP	Entity	3,750244031	0,808997709	0	10	7
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05		1 SHIPLoader2	Instantaneous Utilization	Resource	0,832953799	Insufficient	0	1	1
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05		1 SHIPLoader2	Number Busy	Resource	0,832953799	Insufficient	0	1	1
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05		1 SHIPLoader2	Number Scheduled	Resource	1	Insufficient	1	1	1
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05		1 carregador	Instantaneous Utilization	Resource	0,894326671	Insufficient	0	1	1
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05		1 carregador	Number Busy	Resource	0,894326671	Insufficient	0	1	1
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05		1 carregador	Number Scheduled	Resource	1	Insufficient	1	1	1

Fonte: O Autor

- O BERCO100 com origem *Queue* (fila), ou seja, é a fila formada no berço 100;
- O BERCO103 com origem *Queue*, ou seja, é a fila formada no berço 103;
- A FILA com origem *Queue* (fila) que é a fila formada pelos navios na área de fundeio;
- O ESPACO com origem *Resource*(recurso), ou seja, é o recurso que simulará o espaço da área de fundeio em que as embarcações ficam na realidade;
- O *SHIPLOADER2* com origem *Resource* (recurso), é a representação do *shiploader* do berço 103;
- E o carregador com origem *Resource* (recurso) que representa o *shiploader* do berço 100.

Na coluna *Type* temos:

- *WIP* é o número de entidades que tinham simultaneamente no sistema, nesse cenário teve média de 3,497198479, mínimo de 0 e máximo de 10;
- *Number Waiting* é o número de entidades que esperaram no sistema. Nesse cenário o *Number Waiting* do BERCO100 e BERCO103 é nulo pois não houve entidades que ficaram esperando na fila dos berços, afinal, só pode entrar uma entidade por vez para ser processada, enquanto na o *Number Waiting* da FILA ficou com média de 1,959999751, mínimo de 0 e máximo 8 embarcações que ficaram esperando nessa fila que fica localizada na área de fundeio AF4;
- *Instantaneous Utilization* é a taxa de utilização de determinado recurso. Nesse cenário o recurso ESPACO teve uma taxa de utilização de 0,90, ou seja, 90%, o recurso *SHIPLOADER2* teve uma taxa de 0,83, ou seja, 83% e o recurso carregador teve uma taxa de 0,89, ou seja, 89%;
- *Number Busy* é o número de ocupação daquele recurso. O *Number Busy* do carregador e do *SHIPLOADER2* é igual ao seu *Instantaneous Utilization* pois eles são recursos que estão localizados apenas em um bloco de processo, enquanto o *Number Busy* do ESPACO está com média de 1,790244279, mínimo de 0 e máximo de 2, pois o recurso ESPACO está interligado a dois blocos de processos, dessa forma sua ocupação fica distribuída entre dois blocos de trabalhos;
- *Number Scheduled* mostra justamente em quantas células ou blocos aquele recurso está inserido. Nesse cenário o *SHIPLOADER2* e o carregador estão somente em um bloco, enquanto o ESPACO está situado em dois blocos.

A última planilha a ser verificada é a *OutputStatsByRep* que mostrará os resultados obtidos (ver Figura 49).

Figura 49 - Resultados após a replicação

ProjectName	Project RunDateTime	Replication	Name	Type	Source	RecordedValue	IsPeriodic
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05	1	ESPACO.NumberSeized	Total Number Seized	Resource	220	0
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05	1	ESPACO.ScheduledUtilization	Scheduled Utilization	Resource	0,89512214	0
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05	1	Navios.NumberIn	Number In	Entity	225	0
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05	1	Navios.NumberOut	Number Out	Entity	219	0
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05	1	SHIPLOADER2.NumberSeized	Total Number Seized	Resource	109	0
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05	1	SHIPLOADER2.ScheduledUtilization	Scheduled Utilization	Resource	0,832953799	0
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05	1	System.NumberOut	Number Out	System	219	0
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05	1	carregador.NumberSeized	Total Number Seized	Resource	112	0
PORTO ITAQUI	2023-08-30 15:09:05	1	carregador.ScheduledUtilization	Scheduled Utilization	Resource	0,894326671	0

Fonte: O Autor

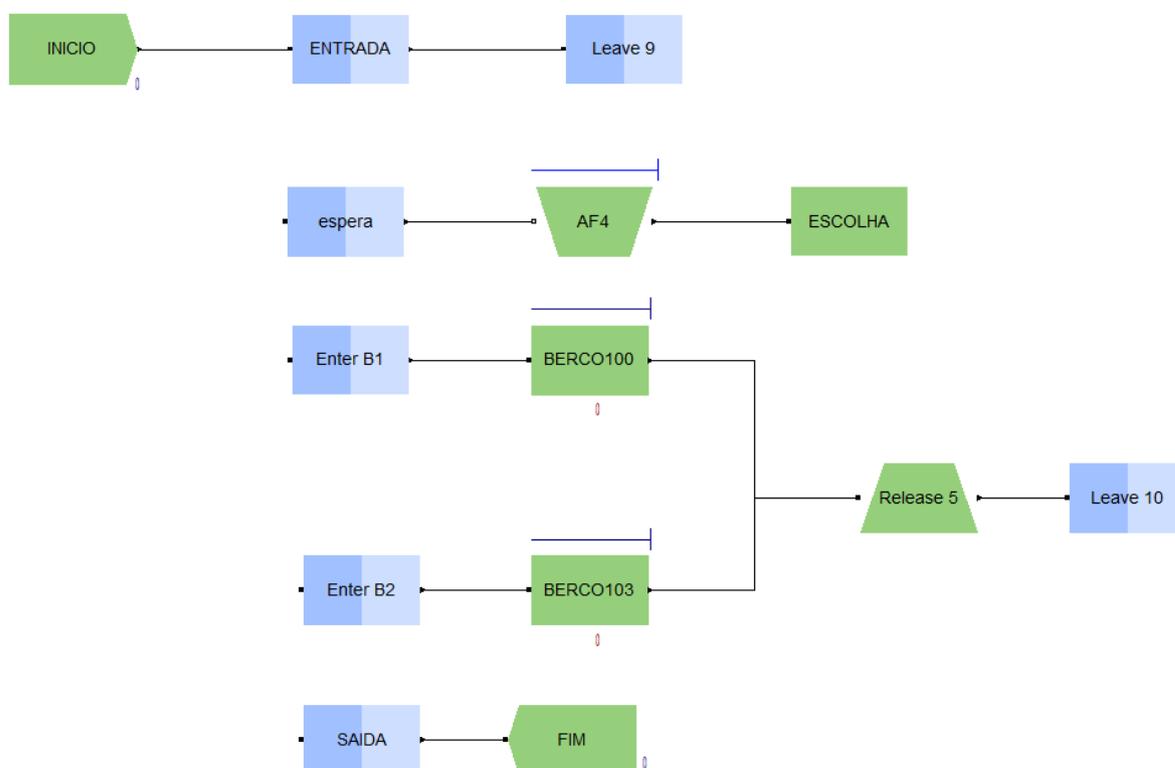
- *Navios.NumberIn* com origem *Entity* que representa o número de entidades que entraram no sistema que nesse caso foram 225;
- *Navios.NumberOut* com origem *Entity* que representa o número de entidades que saíram do sistema que foram 219;
- *ESPACO.NumberSeized* com origem *Resource* que representa o número de entidades processadas no recurso ESPACO que foram 220;
- *ESPACOS.cheduledUtilization* com origem *Resource* que representa a taxa de utilização do recurso que foi de 0,90 ou 90%;
- *SHIPLOADER2.NumberSeized* com origem *Resource* que representa o número de entidades que foi processada nesse recurso que foram 109;
- *SHIPLOADER2.ScheduledUtilization* com origem *Resource* que representa a taxa de utilização desse recurso que foi de 0,83 ou 83%;
- *Carregador.NumberSeized* com origem *Resource* que representa o número de entidades processadas pelo recurso, que foram 112;
- *Carregador. ScheduledUtilization* com origem *Resource* que representa a taxa de utilização do recurso no sistema que foi de 0,89 ou 89%;
- *System.NumberOut* com origem *System* que representa quantas entidades saíram do sistema, ou seja, que foram totalmente processadas pela simulação, que foram 196.

5.4.1.2 Cenário 2

A figura 50 representa o modelo utilizado para a simulação do cenário alternativo 2.

5.4.1.2.1 Diagrama de Blocos

Figura 50 - Modelo de simulação do cenário 2



Fonte: O autor

5.4.1.2.2 Resultados do cenário 2

Após a simulação, este cenário apresenta os seguintes resultados:

Na planilha da Figura 51 que mostra os dados de entrada, o tempo de espera das entidades dentro da fila (*Waiting Time*) para os berços 100 e 103 é ZERO, pois só pode entrar um navio por vez nos berços, porém, o tempo de espera da *FILA Queue* há uma média de 1,059732182 dias, mínimo de ZERO e o máximo de 6,323937809 dias, as entidades ficam esperando na fila de espera fundeados na AF4, enquanto as outras entidades estão sendo processadas.

Na coluna *NumberObservation* mostra que 225 navios foram analisados, sendo 97 navios processados no berço100 e 130 processados no berço103 e 227 no *FILA Queue*.

Figura 51 - Interação estatística considerando o tempo discreto versus replicações

ProjectName	Project RunDateTime	Replication	Name	Type	Source	Average	BatchMeansHalfWidth	Minimum	Maximum	NumberObservations
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 BERCO100.Queue	Waiting Time	Queue	0	Insufficient	0	0	97
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 BERCO103.Queue	Waiting Time	Queue	0	Insufficient	0	0	130
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 Entity 1	NVA Time	Entity	0	Insufficient	0	0	225
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 Entity 1	Other Time	Entity	0	Insufficient	0	0	225
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 Entity 1	Total Time	Entity	3,423102812	Insufficient	1,699916612	9,434844073	225
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 Entity 1	Transfer Time	Entity	0,104166667	Insufficient	0,104166667	0,104166667	225
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 Entity 1	VA Time	Entity	2,259824341	Insufficient	1,595749946	4,416457335	225
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 Entity 1	Wait Time	Entity	1,059111804	Insufficient	0	6,323937809	225
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 FILA Queue	Waiting Time	Queue	1,059732182	Insufficient	0	6,323937809	227

Fonte: O Autor

Fazendo uma análise dos dados contínuos (Figura 52) e dos resultados gerados na planilha *OutputStatsByRep* (Figura 53), temos o seguinte:

- Número de navios que entraram no sistema – 230
- Número de navios que foram processados e saíram do sistema – 225
- Número de entidades processadas no recurso ESPAÇO – 227
- Taxa de ocupação do recurso ESPAÇO – 73%
- Número de entidades(navios) carregados pelo recurso *shiploader* – 97
- Número de entidades(navios) carregados pelo recurso *SHIPLOADER2* – 130
- Taxa de ocupação do recurso do berço 100 (*shiploader*) – 77%
- Taxa de ocupação do recurso do berço 103(*SHIPLOADER2*) – 63%
- Número de entidades na fila de espera – 6

Figura 52 - Planilha dos dados contínuos

ProjectName	Project RunDateTime	Replication	Name	Type	Source	Average	BatchMeansHalfWidth	Minimum	Maximum	LastRecordedValue
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 BERCO100.Queue	Number Waiting	Queue	0	Insufficient	0	0	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 BERCO103.Queue	Number Waiting	Queue	0	Insufficient	0	0	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 ESPAÇO	Instantaneous Utilization	Resource	0,734625193	Insufficient	0	1	1
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 ESPAÇO	Number Busy	Resource	1,469250387	Insufficient	0	2	2
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 ESPAÇO	Number Scheduled	Resource	2	Insufficient	2	2	2
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 Entity 1	WIP	Entity	2,147175731	0,372277431	0	8	5
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 FILA Queue	Number Waiting	Queue	0,677925344	Insufficient	0	6	3
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 SHIPLOADER2	Instantaneous Utilization	Resource	0,632712083	Insufficient	0	1	1
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 SHIPLOADER2	Number Busy	Resource	0,632712083	Insufficient	0	1	1
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 SHIPLOADER2	Number Scheduled	Resource	1	Insufficient	1	1	1
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 carregador	Instantaneous Utilization	Resource	0,771755198	Insufficient	0	1	1
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 carregador	Number Busy	Resource	0,771755198	Insufficient	0	1	1
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 carregador	Number Scheduled	Resource	1	Insufficient	1	1	1

Fonte: O Autor

Figura 53- Resultados após a replicação

ProjectName	Project RunDateTime	Replication	Name	Type	Source	RecordedValue	IsPeriodic
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 ESPAÇO.NumberSeized	Total Number Seized	Resource	227	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 ESPAÇO.ScheduledUtilization	Scheduled Utilization	Resource	0,734625193	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 Entity 1.NumberIn	Number In	Entity	230	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 Entity 1.NumberOut	Number Out	Entity	225	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 SHIPLOADER2.NumberSeized	Total Number Seized	Resource	130	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 SHIPLOADER2.ScheduledUtilization	Scheduled Utilization	Resource	0,632712083	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 System.NumberOut	Number Out	System	225	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 carregador.NumberSeized	Total Number Seized	Resource	97	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:11:39		1 carregador.ScheduledUtilization	Scheduled Utilization	Resource	0,771755198	0

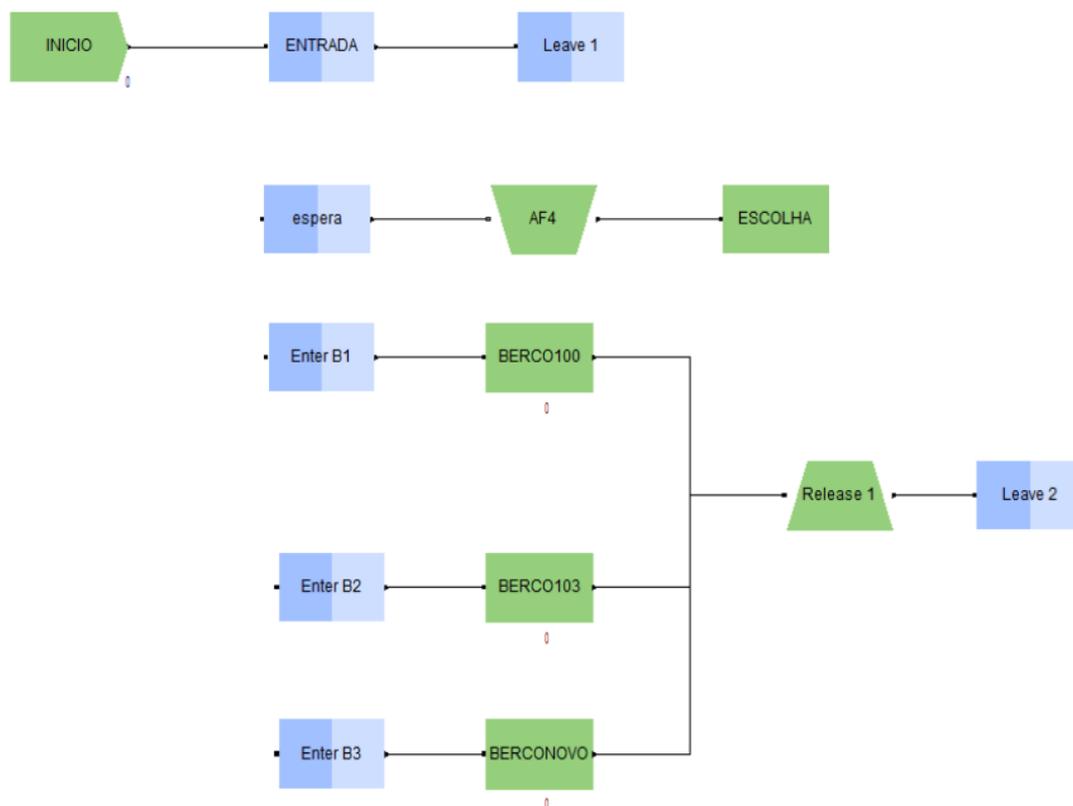
Fonte: O Autor

5.4.1.3 Cenário 3

5.4.1.3.1 Diagrama de Blocos

A figura 54 representa o modelo utilizado para a simulação do cenário 3.

Figura 54 - Modelo de simulação do cenário 3



Fonte: O autor

5.4.1.3.2 Resultados do cenário 3

Após a simulação, este cenário apresenta os seguintes resultados:

Na planilha da Figura 55, o tempo de espera das entidades dentro da fila (*Waiting Time*) para os berços 100, 103 e o berço NOVO é ZERO, pois só pode entrar um navio por vez nos berços, porém, o tempo de espera da *FILA Queue* há uma média de 0,572187991 dias, mínimo de ZERO e o máximo de 5,820711974 dias, as entidades ficam esperando na fila de espera fundeados na AF4, enquanto as outras entidades estão sendo processadas. Na coluna

NumberObservation mostra que 234 navios foram analisados, sendo 88 navios processados no berço100, 81 no berço103 e 65 no berço novo e 234 no *FILA Queue*.

Figura 55 - Interação estatística considerando o tempo discreto versus replicações

ProjectName	Project RunDate/Time	Replication	Name	Type	Source	Average	BatchMeansHalfWidth	Minimum	Maximum	NumberObservations
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	BERCO100.Queue	Waiting Time	Queue	0	Insufficient	0	0	88
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	BERCO103.Queue	Waiting Time	Queue	0	Insufficient	0	0	81
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	BERCONOVO.Queue	Waiting Time	Queue	0	Insufficient	0	0	65
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	Entity 1	NVA Time	Entity	0	Insufficient	0	0	234
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	Entity 1	Other Time	Entity	0	Insufficient	0	0	234
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	Entity 1	Total Time	Entity	3,535753957	Insufficient	1,802899764	8,205948534	234
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	Entity 1	Transfer Time	Entity	0,104166667	Insufficient	0,104166667	0,104166667	234
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	Entity 1	VA Time	Entity	2,859404899	Insufficient	1,595749946	4,298391421	234
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	Entity 1	Wait Time	Entity	0,572182391	Insufficient	0	5,820711974	234
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	FILA Queue	Waiting Time	Queue	0,572182391	Insufficient	0	5,820711974	234

Fonte: O Autor

Fazendo uma análise dos dados contínuos (ver Figura 56) e dos resultados gerados na planilha *OutputStatsByRep* (ver Figura 57), temos o seguinte:

- Número de navios que entraram no sistema – 234
- Número de navios que foram processados e saíram do sistema – 234
- Número de entidades processadas no recurso ESPAÇO – 234
- Taxa de ocupação do recurso ESPAÇO – 63%
- Número de entidades (navios) carregados pelo recurso *shiploader* – 88
- Número de entidades (navios) carregados pelo recurso *SHIPLOADER2* – 81
- Número de entidades (navios) carregados pelo recurso *SHIPLOADER3* – 65
- Taxa de ocupação do recurso do berço 100 (*shiploader*) – 70%
- Taxa de ocupação do recurso do berço 103 (*SHIPLOADER2*) – 63%
- Taxa de ocupação do recurso do berço NOVO (*SHIPLOADER3*) – 51%
- Número de entidades na fila de espera – 7

Figura 56 - Planilha dos dados contínuos

ProjectName	Project RunDate/Time	Replication	Name	Type	Source	Average	BatchMeansHalfWidth	Minimum	Maximum	LastRecordedValue	IsPeriodic
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	BERCO100.Queue	Number Waiting	Queue	0	Insufficient	0	0	0	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	BERCO103.Queue	Number Waiting	Queue	0	Insufficient	0	0	0	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	BERCONOVO.Queue	Number Waiting	Queue	0	Insufficient	0	0	0	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	ESPAÇO	Instantaneous Utilization	Resource	0,633311184	Insufficient	0	1	0	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	ESPAÇO	Number Busy	Resource	1,899933552	Insufficient	0	3	0	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	ESPAÇO	Number Scheduled	Resource	3	Insufficient	3	3	3	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	Entity 1	WIP	Entity	2,266757331	Insufficient	0,401075425	0	10	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	FILA Queue	Number Waiting	Queue	0,36682378	Insufficient	0	7	0	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	SHIPLOADER2	Instantaneous Utilization	Resource	0,625595004	Insufficient	0	1	0	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	SHIPLOADER2	Number Busy	Resource	0,625595004	Insufficient	0	1	0	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	SHIPLOADER2	Number Scheduled	Resource	1	Insufficient	1	1	1	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	SHIPLOADER3	Instantaneous Utilization	Resource	0,508851214	Insufficient	0	1	0	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	SHIPLOADER3	Number Busy	Resource	0,508851214	Insufficient	0	1	0	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	SHIPLOADER3	Number Scheduled	Resource	1	Insufficient	1	1	1	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	carregador	Instantaneous Utilization	Resource	0,698706511	Insufficient	0	1	0	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	carregador	Number Busy	Resource	0,698706511	Insufficient	0	1	0	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	carregador	Number Scheduled	Resource	1	Insufficient	1	1	1	0

Fonte: O Autor

Figura 57 - Resultados após a replicação

ProjectName	Project RunDateTime	Replication	Name	Type	Source	RecordedValue	IsPeriodic
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	ESPACO.NumberSeized	Total Number Seized	Resource	234	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	ESPACO.ScheduledUtilization	Scheduled Utilization	Resource	0,633311184	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	Entity 1.NumberIn	Number In	Entity	234	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	Entity 1.NumberOut	Number Out	Entity	234	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	SHIPLOADER2.NumberSeized	Total Number Seized	Resource	81	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	SHIPLOADER2.ScheduledUtilization	Scheduled Utilization	Resource	0,625595004	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	SHIPLOADER3.NumberSeized	Total Number Seized	Resource	65	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	SHIPLOADER3.ScheduledUtilization	Scheduled Utilization	Resource	0,508851214	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	System.NumberOut	Number Out	System	234	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	carregador.NumberSeized	Total Number Seized	Resource	88	0
Unnamed Project	2023-08-30 15:13:48	1	carregador.ScheduledUtilization	Scheduled Utilization	Resource	0,698706511	0

Fonte: O Autor

6 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Dentro desse contexto, os resultados são apresentados analisando-se três variáveis respostas: capacidade de atendimento (fila), índice de produtividade do berço não levando em consideração as variáveis que impactam diretamente neste item (ex: chuva, quebra de equipamentos, manutenção, falta de carga) e o número de navios atendidos em cada cenário.

No Anexo A temos a quantidade de navios que chegaram a área de fundeio 4 - AF4 e o Anexo B relaciona os navios carregados nos berços 100 e 103, nos anos 2020 e 2021.

6.1 Validação do modelo conceitual

A validação será feita comparando os dados fornecidos pela administração do porto com os resultados obtidos após a simulação do modelo do cenário 1, que representa em nosso estudo o modelo real em operação no Itaqui.

A Figura 59 e a Figura 60 mostram a planilha da programação de navios para um certo intervalo de tempo do porto do Itaqui (*Line-Up*) para os berços 100 e 103. A coluna “Berços” indica o local de atracação, a coluna Status indica a situação do navio, a coluna “Prev. Chegada ETA/NOR” indica a data e horário previsto, a coluna “Prev. Atrac.- ETB” indica o dia previsto para atracação no berço designado, a coluna “Prev. Desatrac. - ETS” indica a data prevista para desatracação do navio e nas colunas seguintes temos a indicação da carga a ser embarcada e o terminal responsável pela operação.

Figura 58 – Programação de navios para o berço 100

PORTO DO ITAQUI														Programação - LINE UP									
Atacados - Berthed														Fundeio - At Anchorage				Esperado - Forecasted			Manutenção		
Berço (Berth)	Status	IMO	Navio Vessel	LOA	Boca Beam	DWT	Capacidade Chegada Arrival Draft	Capacidade saída Sailing Draft	Prev. Chegada ETA / NOR	Prev. Atrac. ETB	Prev. Desatrac. ETS	Oper. p. B.	Produto Cargo	Qtde. QTY (MT)	Agente Agency	Operador Portuário Port Op.							
BERÇO 99 Prof.: 14,5m DWT: 75.000	ATRACADO	9419254	GREAT FOREST	196,28	32,31	53.035	7,50	11,50	6/7/22 6:30	11/7	16/7	C	CELULOSE	50.000	WILSON SONS	GS OPERAÇÕES							
BERÇO 100 Prof.: 14,5m DWT: 100.000	ATRACADO	9729908	ASTERION	229,00	32,26	81.150	7,50	12,00	23/6/22 23:05	10/7	13/7	C	SOJA	65.000	WILSON	TEGRAM							
	FUNDEADO	9452608	JAWOR	229,00	32,29	79.649	6,60	13,90	26/6/22 2:00	13/7	15/7	C	SOJA	65.000	FERTIMPORT	TEGRAM							
	FUNDEADO	9552836	VELOCE	229,00	32,24	83.410	8,40	13,45	6/7/22 22:00	15/7	17/7	C	SOJA	64.000	LBH BRASIL	TEGRAM							
	FUNDEADO	9783148	SAKIZAYA QUEEN	228,99	32,26	81.858	7,23	13,77	6/7/22 8:24	17/7	19/7	D	SOJA	65.000	FERTIMPORT	TEGRAM							
	FUNDEADO	9607801	PATRA	225,00	32,26	80.596	7,00	13,00	9/7/22 9:35	19/7	22/7	C	SOJA	72.765	ALPHAMAR	TEGRAM							
	FUNDEADO	9710543	C FORCE	228,95	32,30	81.800	7,40	13,30	16/7/22 0:01	22/7	25/7	C	SOJA	63.000	ROCHAMAR	TEGRAM							
Atualização: 11/07 15:00	ESPERADO	9750309	EVER GRACE	229,00	32,24	82.039	7,50	13,10	17/7/22 12:00	25/7	27/7	C	MILHO	66.000	CARGONAVE	TEGRAM							
	ESPERADO	9600619	DONA BIBI	229,00	32,26	81.966	6,00	13,13	24/7/22 0:00	27/7	29/7	C	MILHO	57.026	LBH BRASIL	TEGRAM							
	ESPERADO	9890616	CL ANZI HE	199,99	32,26	63.500	7,30	11,30	12/7/22 2:00	29/7	1/8	C	MILHO	65.000	ORION RODOS	TEGRAM							

Fonte: Empresa Maranhense de Administração Portuária - EMAP

Figura 59- Programação de navios para o berço 103

	ATRACADO	9583184	AM CONTRECOUER	228,99	32,26	82.177	7,23	13,75	24/6/22 0:50	13/7	13/7	C	SOJA	70.000	FERTIMPORT	TEGRAM
BERÇO 103 Prof.: 14,5m DWT: 100.000	FUNDEADO	9361225	STAR MOIRA	228,99	32,26	82.295	6,92	12,96	8/7/22 7:42	13/7	15/7	C	SOJA		ROCHAMAR	TEGRAM
	FUNDEADO	9461312	KEY HUNTER	228,99	32,26	82.099	7,00	13,00	8/7/22 5:00	15/7	18/7	C	SOJA	68.000	ALPHAMAR	TEGRAM
	FUNDEADO	9218428	OURANIA LUCK	224,99	32,26	75.961	7,50	12,98	10/7/22 15:00	18/7	20/7	C	SOJA	66.300	CARGONAVE	TEGRAM
Atualização: 11/07 15h00	ESPERADO	9452610	ORNAK	228,98	32,25	79.677	7,56	14,25	13/7/22 20:00	20/7	22/7	C	MILHO	72.600	WILLIAMS	TEGRAM
	ESPERADO	9592719	ATHINA CARRAS	229,00	32,26	82.057	1,30	14,01	15/7/22 8:00	22/7	25/7	C	SOJA	69.750	LBH BRASIL	TEGRAM
	ESPERADO	9311141	PRABHU SAKHAWAT	225,00	32,26	75.944	7,50	13,00	21/7/22 12:00	25/7	27/7	C	SOJA	66.000	CARGONAVE	TEGRAM
	ESPERADO	9461166	WANGARATTA	228,99	32,26	82.206	7,80	13,10	26/7/22 12:00	27/7	29/7	C	SOJA	66.000	CARGONAVE	TEGRAM

Fonte: Empresa Maranhense de Administração Portuária - EMAP

Podemos extrair das planilhas as informações que estão descritas no Quadro 11 abaixo:

Quadro 11 – Dados relevantes da programação dos navios

Berço	Navios na fila de espera	Tempo máximo no fundeio (dias)	Tempo máx. de carregamento (dias)	Produto	Terminal
100	4	17	2	Soja	Tegram
103	3	8	3	Soja	Tegram

Total = 7 Média = 12,5 dias Média = 2,5 dias

Fonte: Elaborado pelo Autor

Os dados de maior relevância dos relatórios gerados durante a modelagem dos cenários foram analisados e estão no Quadro 12.

Quadro 12 - Resultados gerados após a modelagem

Cenário	Berços em Operação	Produção Efetiva (t/dia)	Taxa de Utilização do Berço	Navios Atendidos <i>Shiploader</i>	Total de Navios Entrada Atendidos	Número Navios na Fila de Espera	Tempo Máximo Fundeio (Dias)
1	100	25.000	89 %	112	225	8	11,7
	103	25.000	83 %	109	219		
2	100	25.000	77 %	97	230	6	6,3
	103	42.000	63 %	130	225		
3	100	25.000	70 %	88	234	7	5,8
	103	25.000	63 %	81	234		
	NOVO	25.000	61 %	65			

Fonte: O Autor.

O modelo conceitual após a replicação apresenta resultados compatíveis com o cenário real, o Quadro 13 consolida estas observações:

Quadro 13 – Comparação entre o real e o conceitual

BERÇOS	Número de navios na fila de espera		Tempo de fundeio (dias)		Taxa de utilização dos berços	
	Real	Conceitual	Real	Conceitual	Real	Conceitual
100	7	8	12,5	11,7	95%	89%
103					85%	83%

Fonte: Elaborado pelo Autor

6.2 Avaliação dos resultados

De forma geral, há o aumento do número de navios atendidos nos cenários 2 e 3, com instalação de um novo recurso (*shiploader*) no berço 103 e com a construção de mais um berço de atracação, respectivamente. Os demais recursos permanecem idênticos ao do cenário 1 (número de rebocadores, tempo de janela de atracação, equipe de amarradores, quantidade de práticos, capacidade de armazenagem e acessos).

6.2.1 Operacional

Em relação aos berços que movimentam soja, farelo de soja e milho, de acordo com os resultados da simulação ocorre uma queda considerável nos tempos de fila, tempo máximo que o navio ficará fundeado na área de fundeio 4 - AF4, que irá variar de acordo com o cenário escolhido, mas em todos a fila de espera terá navios, no cenário 1 teremos 8 navios no fundeio, tempo máximo de espera para entrar no sistema será 11,7 dias, cenário 2 com 6 navios e tempo de espera de 6,3 dias e cenário 3 com 7 navios e tempo de espera de 5,8 dias.

No cenário 1 temos a entrada de 225 navios no sistema e são atendidos 219 navios, no cenário 2 temos a entrada de 230 navios e são atendidos 225 navios e no cenário 3 temos a entrada de 234 navios e todos são atendidos

Analisando a taxa de ocupação dos berços, item de grande relevância para a administração portuária, após a simulação o cenário 1 que representa a condição atual do Tegram, os berços que movimentam grãos operam acima do limite (70%) ou bem próximo a ele, 89% berço 100 e 82% para o berço 103. Essa situação se ameniza nos outros cenários, com

a adequação do berço 103 para a instalação de mais um *shiploader* onde a taxa de ocupação do berço passa a ser de 63% e temos também uma redução na taxa de ocupação do berço 100 para 77% e com construção de um novo berço, as taxas de ocupação dos berços 100 passa a ser de 70%, limite máximo fixado pelo PDZ do porto do Itaquí, do berço 103 será 63% e do berço NOVO será de 61%, taxas abaixo do limite fixado.

O cenário real após a etapa de modelamento apresenta como resultados valores compatíveis com os dados atuais, a fila de espera de navios máxima em torno de 12(doze) navios, a taxa de ocupação dos berços 100 e 103 acima de 80%.

O crescimento da carga é fato e os dados apresentados e levantados em publicações especializadas nos levam a fazer as seguintes considerações:

- a) O aumento do volume de carga movimentada nos terminais de grãos é significativo, a projeção para 2025 é o porto do Itaquí chegar a movimentar 15.000.000 de toneladas de grãos.
- b) A totalidade dos navios que atracam para carregar grãos são da classe PANAMAX e KANSARMAX, considerando o cenário atual para o Tegram, teremos:

DWT	70.000 toneladas por píer (média)
Prancha	25.000 t/dia
Tempo	2,8 dias

- c) Capacidade embarque por ano sem perdas (Pier 100 e 103)

02 piers	140.000 toneladas a cada 2,8 dias
Dias/ano	330
Total previsto ano	16.500.000 toneladas

- d) Capacidade embarque por ano com perdas

Primeiro semestre – chuva (Dez a jun)	
Queda de produtividade – 40% no primeiro semestre	
Dias trabalhados efetivamente no primeiro semestre – 114 dias	
Dias trabalhados efetivamente no ano – 150 + 114 = 264 dias	
Total previsto ano – 13.200.000 toneladas	

- e) Considerando a instalação de um carregados no berço 103, temos:

Capacidade	70.000 toneladas por píer (média)
Prancha	42.000 t/dia
Tempo	1,67 dias

Total previsto ano 27.700.000 toneladas, sem considerar perdas operacionais.

Total previsto ano 20.000.000 toneladas/ano

Através dos resultados das simulações, destacaram-se os seguintes pontos:

- O número de navios de grãos atendidos é maior nos cenários no quais a operação é mais eficiente, ou seja, quando opera o berço 103 com 02(dois) *shiploaders* e com a operação de um terceiro berço;
- A diminuição dos tempos médios de fila é o principal ganho observado com a implantação das melhorias no berço 103 e com entrada de operação de um terceiro berço;
- Se analisados os índices de ocupação dos berços, o cenário atual a taxa de ocupação está bem acima do recomendado, fato que não ocorre nos outros cenários (2 e 3), a taxa de ocupação está abaixo ou levemente superior aos índices recomendados pela literatura da área.

6.2.2 Custos

As dimensões dos berços de atracação é uma restrição que impacta todo o processo, o comprimento máximo - LOA do navio não pode exceder ao comprimento do berço de atracação, estima-se que para construir um berço público com 320 metros de comprimento e 40 metros de largura, o investimento é na ordem de R\$ 320.000.000,00 (trezentos e vinte milhões), investir em reforçar um berço para receber navios maiores representa alto investimento, estima-se atualmente o valor em torno de R\$ 140.000.000,00 (cento e quarenta milhões de reais), valor 3 vezes maior do valor estimado para a instalação de equipamentos de alta produtividade, instalação de novas linhas de correias interligando os berços 100 e 103 ao berço 105 e instalando um novo *SHIPLOADER* em um dos berços, investimento estimado em torno de R\$ 45.000.000,00 (quarenta e cinco milhões), a prancha hoje do berço 103 de 25.000 t/dia passaria para 42.000 t/dia, aumentando a produtividade em torno de 40%, um ganho real para o sistema.

Considerando a redução do tempo de permanência dos navios no fundeio com os cenários alternativos propostos no estudo, representa uma redução significativa nos custos operacionais, visto que a cobrança sobre estadia cobrada pelo atraso do carregamento de um navio graneleiro do tipo PANAMAX custa em média R\$ 130.000,00/diária, no cenário 1 temos em torno de 12 dias de permanência no fundeio e no cenário 2 temos 7 dias, o que representa uma redução de R\$ 690.000,00 por navio.

7 CONCLUSÃO

A execução do modelo de simulação utilizando o software ARENA gerou resultados coerentes comparáveis à realidade a respeito do funcionamento operacional do sistema, permitindo apoio ao planejamento e às decisões futuras da operação.

Conclui-se que os cenários 2 e 3 apresentam os melhores ganhos em termos de diminuição do tempo de fila e aumento da produtividade efetiva dos berços em análise. No estudo apresentado, os cenários tiveram como dados de entrada a relação dos navios que chegam no fundeio e a partir das variações das entidades, os cenários foram modelados, os resultados demonstraram o aumento do atendimento de navios quando há o aumento da produtividade efetiva nas operações de carregamento, da redução do tempo de fundeio, do número de navios na fila e da taxa de ocupação dos berços de atracação.

Após analisarmos os resultados da simulação, concluímos que o cenário 2 apresenta-se de forma mais assertiva, visto que os investimentos deste cenário são menores cerca de 15% (quinze por cento) do valor total do investimento para a construção de um novo berço.

Para trabalhos futuros sugerimos elaborar diferentes cenários, alterando os dados que definem a curva exponencial de chegada dos navios na área de fundeio 4 - AF4 e estudar cenários mais longevos, nos quais as movimentações apresentem alterações das capacidades de armazenamento do terminal e a utilização do modal ferroviário como principal meio de chegada dos grãos ao terminal e testar o sistema para verificar como se comporta quando a demanda for acima de sua capacidade.

O desenvolvimento de novos projetos no porto, a instalação de novos equipamentos de carregamento de alta produtividade, interligação das esteiras de carregamento com a instalação de torres de transferência, balanças, moegas de grande capacidade de carga, trarão resultados expressivos ao processo logístico de exportação de grãos, na premissa de atingir uma produtividade em torno de 50.000 t/dia por berço.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFREDINI, P; ARASAKI, E. **Engenharia portuária manual técnico** 2ª ed., Escola Politécnica de São Paulo: Edgard Blücher, 2018.

ALFREDINI, P; ARASAKI, E. **Obras e gestão de portos e costas: a técnica aliada ao enfoque logístico e ambiental**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 2008.

ALVES, J. P. J. **Modelagem e simulação dos terminais de granéis agrícolas no Porto de Santos**. PUC-Rio, 2012.

BARROS, C. F. S. **Procedimento para classificação de portos organizados brasileiros**. Universidade de Brasília, 6 ago. 2013.

BRASIL. Lei N° 12.815, de 5 de junho de 2013. **Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários**. Brasília, DF.

BRASIL. Secretaria de Portos. PNLN 2015. **Plano Nacional de Logística Portuária. Relatório de Metodologias**. Disponível em: https://infraestrutura.gov.br/images/SNP/planejamento_portuario/arquivos_pnlp/RelatoriodeMetodologiasPNLP.pdf Acesso em: agosto de 2022.

BUENO DA COSTA, M.A. **Simulação de Sistemas, 2002**. Disponível em: <www.simucad.dep.ufscar.br> Acesso: 03/01/2023
<https://www.ppgep.ufscar.br/pt-br/equipe/grupos-de-pesquisa/simucad-psplab>

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações**. 4 ed. São Paulo: Elsevier Brasil, 2014. 320 p.

DAGLI C. D. **Simulation Modeling and Analysis of Complex Port Operations with Multimodal Transportation**. Conference Organized by Missouri University of Science and Technology 2013- Baltimore, MD.

DOUGLAS S. J.; LARA R.; SOARES M. P.; CALDAS P. R. A.; DA SILVA, W. P.. **Software arena: uma aplicação a um terminal portuário de Santos**. In: FATECLOG, 10., 2019, São Paulo. Anais [...]. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://fateclog.com.br/anais/2019/SOFTWARE%20ARENA%20UMA%20APLICA%C3%87%C3%83O%20A%20UM%20TERMINAL%20PORTU%C3%81RIO%20DE%20SANTOS.pdf>. Acesso em: 27 de ago. 2022.

EMAP. **Estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental - evtea**. 2021.

EMAP PORTO DO ITAQUI. **Infraestrutura**. Disponível em: <<https://www.portodoitaqui.com/porto-do-itaqui/infraestrutura>>. Acesso em: 19 jun. 2022.

EMAP PORTO DO ITAQUI. **Plano-mestre**. Disponível em: <https://www.portodoitaqui.com/files/arquivos/plano-mestre.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2022.

FILHO, A. G. **Portos, ferrovias e navegação em Santa Catarina**. Edufsc, 2013.

FILHO, P. J. de F. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena**. 2ª ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em arena**. Florianópolis: Visual Books, 2001. 322 p.

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

HARDT, I.; MOROSINI FRAZZON, E. **Análise operacional dos berços de atracação do porto de São Francisco do Sul/SC**. *Exacta*, v. 15, n. 4, p. 46–62, 2017.

JUBINI S.V.; AVELAR P. M.; VITOR S. S.; HENRIQUES M. R. **Carregamento e Descarregamento de Navios na Zona Portuária de Vitória - ES: Simulação com Modelo Desenvolvido no Software Arena**. XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. João Pessoa/PB, 2016.

KELTON, D.; SADOWSKI, D. A.; SADOWSKI, R. P. *Simulation with ARENA*. New York, McGraw-Hill, 2010.

KELTON, D.; SADOWSKI, R. P.; ZUPICK, N. B. **Simulation witch Arena**. New York, McGraw-Hill, 2014.

KOTACHI, M.; RABADI, G.; OBEID, M. F. **Simulation modeling and analysis of complex port operations with multimodal transportation**. *Procedia Computer Science*, v. 20, p. 229-234, 2013.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation Modeling and Arena Analysis**. McGraw·Hill, 1991.

MARTINGO, J. D. A. **Elementos geométricos para o planeamento físico de terminais portuários**. UNIVERSIDADE DO PORTO, 2014.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **3º Ciclo de Planejamento Portuário 2015-2019**. Disponível em:

<https://codomar.gov.br/images/2019_canal_servidor/12/PNLP_Apresenta%C3%A7%C3%A3oFechamento_20191211ajuste.pdf>.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL. **PLANO MESTRE DO COMPLEXO PORTUÁRIO DO ITAQUI**. 2018.

MIYAGI, P. E. **Introdução a simulação discreta**. São Paulo, 2006.

PIANC. **Masterplans for the development of existing ports**. The World Association for Waterborne Transport Infrastructure. PIANC Report n° 158: Maritime Navigation Commission. 2014.

PRADO, D. **Teoria das filas e da simulação**. Rio de Janeiro: Editora FALCONI, 2014.

PRADO, D. **Usando o arenas em simulação**. Falconi, 2014b.

PROMODEL. **Promodel version 7: user guide**. Disponível em:

<<https://www.monografias.com/trabajos-pdf2/user-guide-pro-model-version/user-guide-pro-model-version.pdf>>.

REIS, J. G. M. et al. **A Qualidade aplicada ao Supply Chain Management**. Atlas, 2015.

RIBEIRO, F. E. M. **Aplicação de um método de simulação em um terminal portuário de granéis agrícolas**. Universidade de São Paulo, 2021.

SANTOS, A. P.; LONGARAY, A. A.; MUNHOZ, P. R.; AMARA, T. A. **Análise do comportamento de um sistema portuário: utilização do software arena para apoio à decisão**. In: CONGRESSO NACIONAL DE DESEMPENHO PORTUÁRIO, 5., 2018, Santa Catarina. Anais[...]. 2017. Disponível em: <https://proceedings.science/cidesport/cidesport-2018/trabalhos/analise-do-comportamento-de-um-sistema-portuario-utilizacao-do-software-arena-pa?lang=pt-br>. Acesso em: 22 de jun. 2022.

SARNAGLIA, V. D. M. **Modelagem da operação portuária aplicada à quantificação de emissões atmosféricas**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

SILVA, A. L. L. DA. **Análise da capacidade operacional de um terminal portuário de importação de fertilizantes por meio da simulação**. Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.

TOMÉ, P. T. F. **Avaliação operacional portuária utilizando simulação: estudo de caso do berço 401 do Porto de São Francisco do Sul - SC**. 2019.

TRISKA, Yuri. **Cálculo de Capacidade de Movimentação de Cais Portuário: Aplicação Para Terminal de Granéis Sólidos**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2015.

ANEXO

ANEXO A

ORDEM DE CHEGADA DE NAVIOS NO FUNDEIO – AF4

ANO 2022

Nome da Instalação	Número atracação	IMO da embarcação	Nomenclatura Simplificada	Data da Chegada	Intervalo (h)				
Itaquí	1216219	9452555	Milho	25/12/2021 13:00	-				
Itaquí	1212024	9218789	Milho	30/12/2021 06:18	113,3				
Itaquí	1216731	9597123	Farinha De Soja	07/01/2022 20:40	206,3666667				
Itaquí	1216733	9593440	Milho	08/01/2022 08:36	11,93333333				
Itaquí	1216104	9344069	Milho	08/01/2022 22:00	13,4				
Itaquí	1216738	9616905	Milho	16/01/2022 00:36	170,6				
Itaquí	1222178	9717424	Soja	18/01/2022 04:30	51,9				
Itaquí	1218061	9423293	Milho	19/01/2022 07:00	26,5				
Itaquí	1218069	9600621	Soja	20/01/2022 04:54	21,9				
Itaquí	1224779	9748796	Soja	25/01/2022 20:06	135,2				
Itaquí	1224621	9252424	Soja	26/01/2022 22:12	26,1				
Itaquí	1226565	9394753	Soja	27/01/2022 03:36	5,4				
Itaquí	1224572	9442407	Soja	30/01/2022 13:30	81,9				
Itaquí	1225261	9254111	Soja	01/02/2022 15:48	50,3				
Itaquí	1222180	9591519	Soja	02/02/2022 08:40	16,86666667				
Itaquí	1232030	9577460	Soja	03/02/2022 06:24	21,73333333				
Itaquí	1225515	9590923	Soja	05/02/2022 16:30	58,1				
Itaquí	1224483	9639555	Soja	06/02/2022 11:00	18,5				
Itaquí	1231155	9642368	Soja	10/02/2022 00:01	85,01666667				
Itaquí	1224611	9626687	Soja	11/02/2022 13:42	37,83333333				
Itaquí	1235691	9609433	Soja	12/02/2022 08:48	19,1				
Itaquí	1226842	9805776	Soja	12/02/2022 17:12	8,4				
Itaquí	1225293	9866029	Soja	13/02/2022 08:18	15,1				
Itaquí	1228111	9811036	Soja	13/02/2022 17:20	9,03333333				
Itaquí	1231270	9730842	Soja	15/02/2022 00:30	31,16666667				
Itaquí	1231273	9284908	Soja	16/02/2022 08:00	31,5				
Itaquí	1224560	9261798	Soja	16/02/2022 17:54	9,9				
Itaquí	1230709	9906465	Soja	18/02/2022 10:12	40,3				
Itaquí	1239562	9500261	Soja	18/02/2022 10:20	0,13333333				
Itaquí	1233396	9294501	Soja	18/02/2022 14:12	3,866666667				
Itaquí	1228091	9638104	Soja	18/02/2022 16:00	1,9				
Itaquí	1226571	9232384	Soja	18/02/2022 17:42	1,6				
Itaquí	1231267	9591181	Soja	20/02/2022 00:01	30,31666667				
Itaquí	1231534	9737589	Soja	20/02/2022 02:18	2,28333333				
Itaquí	1230735	9855563	Soja	21/02/2022 09:00	30,7				
Itaquí	1228081	9452608	Soja	21/02/2022 14:20	2,28333333				
Itaquí	1234790	9523213	Soja	23/02/2022 08:00	41,66666667				
Itaquí	1231268	9611515	Soja	23/02/2022 18:30	10,5				
Itaquí	1240709	9579626	Soja	24/02/2022 11:30	17				
Itaquí	1236881	9597757	Soja	25/02/2022 01:18	13,8				
Itaquí	1230670	9671838	Soja	26/02/2022 10:10	32,86666667				
Itaquí	1228683	9828924	Soja	26/02/2022 11:50	1,666666667				
Itaquí	1235963	9837004	Soja	28/02/2022 00:45	36,91666667				
Itaquí	1230739	9399616	Soja	28/02/2022 06:50	6,08333333				
Itaquí	1239579	9710799	Soja	28/02/2022 10:48	3,966666667				
Itaquí	1230685	9887346	Soja	28/02/2022 14:18	3,5				
Itaquí	1239516	9518141	Soja	02/03/2022 15:00	48,7				
Itaquí	1233522	9782182	Soja	07/03/2022 00:01	105,0166667				
Itaquí	1237862	9317511	Soja	09/03/2022 15:00	62,98333333				
Itaquí	1238621	9900203	Soja	10/03/2022 05:18	14,3				
Itaquí	1238608	9500883	Soja	13/03/2022 05:10	71,86666667				
Itaquí	1239441	9785354	Soja	13/03/2022 20:12	15,03333333				
Itaquí	1239600	9758404	Soja	15/03/2022 04:24	32,2				
Itaquí	1239595	9847889	Soja	17/03/2022 04:50	48,43333333				
Itaquí	1239479	9291121	Soja	17/03/2022 23:30	18,66666667				
Itaquí	1239568	9764075	Soja	18/03/2022 03:30	4				
Itaquí	1239585	9738911	Soja	18/03/2022 16:30	13				
Itaquí	1240819	9737618	Soja	19/03/2022 16:06	23,6				
Itaquí	1239314	9523201	Soja	21/03/2022 08:00	39,9				
Itaquí	1238103	9304983	Soja	23/03/2022 02:15	42,25				
Itaquí	1238093	9840506	Soja	23/03/2022 13:24	11,15				
Itaquí	1240724	9470507	Soja	24/03/2022 22:12	32,8				
Itaquí	1239309	9593830	Soja	27/03/2022 00:01	49,81666667				
Itaquí	1239277	9221334	Soja	28/03/2022 07:00	30,98333333				
Itaquí	1240703	9605645	Soja	30/03/2022 13:50	54,83333333				
Itaquí	1239282	9586344	Soja	31/03/2022 19:30	29,66666667				
Itaquí	1239596	9286968	Soja	01/04/2022 00:30	5				
Itaquí	1239310	9843405	Soja	01/04/2022 00:30	0				
Itaquí	1247242	9588615	Soja	01/04/2022 07:40	7,166666667				
Itaquí	1239599	9589671	Soja	02/04/2022 07:18	23,63333333				
Itaquí	1239313	9440849	Soja	03/04/2022 18:42	35,4				
Itaquí	1246103	9855604	Soja	07/04/2022 16:06	99,4				
Itaquí	1246892	9520766	Soja	08/04/2022 19:48	27,7				
Itaquí	1246097	9279549	Soja	11/04/2022 04:00	56,2				
Itaquí	1249059	9774472	Soja	13/04/2022 07:06	51,1				
Itaquí	1247113	9691589	Soja	13/04/2022 16:30	9,4				
Itaquí	1247117	9591466	Soja	15/04/2022 02:06	33,6				
Itaquí	1247625	9326275	Soja	15/04/2022 08:55	6,816666667				
Itaquí	1239279	9592068	Soja	16/04/2022 00:01	15,1				
Itaquí		1241456	9837145	Soja	16/04/2022 17:00	16,98333333			
Itaquí		1246100	9738791	Soja	17/04/2022 02:00	9			
Itaquí		1246997	9703265	Soja	20/04/2022 19:30	89,5			
Itaquí		1247143	9519157	Soja	21/04/2022 00:01	4,516666667			
Itaquí		1246243	9842736	Soja	27/04/2022 08:54	152,8833333			
Itaquí		1247182	9805764	Soja	27/04/2022 23:30	14,6			
Itaquí		1247197	9523160	Soja	29/04/2022 04:36	29,1			
Itaquí		1246121	9488475	Soja	29/04/2022 08:35	3,983333333			
Itaquí		1248168	9625839	Soja	29/04/2022 13:00	4,416666666			
Itaquí		1247208	9662318	Soja	01/05/2022 15:45	50,75			
Itaquí		1248902	9805752	Soja	02/05/2022 01:00	9,25			
Itaquí		1241452	9758416	Soja	04/05/2022 04:50	51,83333333			
Itaquí		1247191	9582556	Soja	04/05/2022 16:18	11,46666667			
Itaquí		1247190	9363649	Soja	05/05/2022 02:06	9,8			
Itaquí		1247025	9592109	Soja	08/05/2022 22:20	91,9			
Itaquí		1250290	9286578	Soja	09/05/2022 23:40	25,66666667			
Itaquí		1256175	9673795	Soja	10/05/2022 08:00	8,333333334			
Itaquí		1247205	9595278	Soja	13/05/2022 03:00	67			
Itaquí		1248913	9481427	Soja	14/05/2022 15:40	36,66666667			
Itaquí		1250289	9855599	Soja	15/05/2022 18:48	27,13333333			
Itaquí		1248301	9652507	Soja	15/05/2022 21:00	2,2			
Itaquí		1248121	9537733	Soja	22/05/2022 07:24	154,4			
Itaquí		1250287	9871191	Soja	22/05/2022 15:48	8,4			
Itaquí		1256470	9804588	Soja	23/05/2022 14:20	22,53333333			
Itaquí		1250497	9233284	Soja	23/05/2022 18:48	4,466666667			
Itaquí		1256170	9842528	Soja	24/05/2022 05:00	10,2			
Itaquí		1250072	9616905	Soja	24/05/2022 13:06	8,1			
Itaquí		1256107	9619799	Soja	26/05/2022 15:00	49,9			
Itaquí		1255391	9542491	Soja	27/05/2022 08:12	17,2			
Itaquí		1250066	9852523	Soja	27/05/2022 11:00	2,8			
Itaquí		1256475	9281437	Soja	29/05/2022 13:40	50,66666667			
Itaquí		1257404	9518206	Soja	01/06/2022 16:24	74,73333333			
Itaquí		1256155	9452543	Soja	03/06/2022 17:15	48,85			
Itaquí		1255007	9875032	Soja	04/06/2022 18:24	25,15			
Itaquí		1255012	9843417	Soja	04/06/2022 22:30	4,1			
Itaquí		1255005	9876048	Soja	06/06/2022 04:04	29,56666667			
Itaquí		1255016	9481489	Soja	10/06/2022 00:01	91,95			
Itaquí		1256157	9660530	Milho	10/06/2022 22:05	22,06666667			
Itaquí		1256165	9755816	Milho	11/06/2022 02:00	31,91666667			
Itaquí		1264486	9855654	Milho	11/06/2022 16:24	14,4			
Itaquí		1255009	9673836	Soja	12/06/2022 19:05	26,68333333			
Itaquí		1257462	9766944	Soja	13/06/2022 19:20	0,25			
Itaquí		1256173	9615418	Soja	13/06/2022 14:42	19,36666667			
Itaquí		1256481	9643295	Soja	16/06/2022 22:30	79,8			
Itaquí		1256166	9734733	Soja	17/06/2022 03:45	5,25			
Itaquí		1256311	9544097	Soja	20/06/2022 07:48	76,05			
Itaquí		1256172	9842499	Soja	21/06/2022 14:05	30,28333333			
Itaquí		1266182	9718014	Soja	23/06/2022 03:55	37,83333333			
Itaquí		1264489	9729908	Soja	23/06/2022 23:05	19,16666667			
Itaquí		1263855	9583184	Soja	24/06/2022 00:50	1,75			
Itaquí		1256156	9597214	Soja	24/06/2022 08:30	7,666666667			

Itaquí	1275256	9750309 Milho	21/07/2022 23:00	8,7	Itaquí	1300948	9582518 Milho	28/11/2022 17:00	0
Itaquí	1272795	9311141 Soja	22/07/2022 10:30	11,5	Itaquí	1301217	9888039 Milho	29/11/2022 07:00	14
Itaquí	1272781	9699323 Soja	23/07/2022 17:45	31,25	Itaquí	1299630	9328558 Milho	29/11/2022 11:20	4,33333333
Itaquí	1273730	9609524 Milho	26/07/2022 06:15	60,5	Itaquí	1301417	9577628 Milho	29/11/2022 16:42	5,36666667
Itaquí	1274861	9461166 Soja	26/07/2022 11:30	2,5	Itaquí	1301417	9577628 Soja	29/11/2022 16:42	0
Itaquí	1276007	9362231 Soja	26/07/2022 16:00	4,5	Itaquí	1299633	9597393 Milho	01/12/2022 17:36	48,9
Itaquí	1275247	9928296 Soja	27/07/2022 08:54	16,9	Itaquí	1299624	9860283 Milho	04/12/2022 19:12	73,6
Itaquí	1269803	9606445 Soja	29/07/2022 09:45	42,85	Itaquí	1301240	9758454 Milho	05/12/2022 00:01	4,81666667
Itaquí	1276003	9552991 Soja	29/07/2022 07:00	3,25	Itaquí	1301211	9797694 Milho	08/12/2022 19:20	91,31666667
Itaquí	1272793	9325051 Soja	29/07/2022 10:40	3,66666667	Itaquí	1301521	9536252 Milho	09/12/2022 06:00	10,66666667
Itaquí	1275667	9802205 Soja	02/08/2022 11:00	96,33333333	Itaquí	1301246	9401489 Milho	11/12/2022 11:24	53,4
Itaquí	1280380	9642382 Soja	03/08/2022 18:35	31,58333333	Itaquí	1301212	9391969 Milho	18/12/2022 09:42	166,3
Itaquí	1275141	9835953 Soja	04/08/2022 08:00	13,41666667	Itaquí	1305694	9718571 Milho	20/12/2022 22:30	60,8
Itaquí	1272784	9450662 Milho	05/08/2022 12:15	28,25					
Itaquí	1274844	9785354 Milho	05/08/2022 23:30	11,25					
Itaquí	1273725	9697868 Milho	07/08/2022 00:12	24,7					
Itaquí	1280939	9713806 Milho	13/08/2022 09:54	153,7					
Itaquí	1279291	9473315 Soja	16/08/2022 15:00	77,1					
Itaquí	1279298	9382857 Milho	19/08/2022 13:00	70					
Itaquí	1275694	9456458 Milho	20/08/2022 01:20	12,33333333					
Itaquí	1280379	9785603 Soja	21/08/2022 01:30	24,16666667					
Itaquí	1282133	9718026 Soja	22/08/2022 11:30	34					
Itaquí	1278045	9729477 Milho	23/08/2022 18:06	30,6					
Itaquí	1282653	9518206 Milho	26/08/2022 00:48	54,7					
Itaquí	1279295	9781023 Milho	26/08/2022 23:00	22,2					
Itaquí	1282669	9279800 Milho	27/08/2022 08:00	9					
Itaquí	1281329	9537628 Soja	28/08/2022 09:12	25,2					
Itaquí	1283122	9892676 Soja	28/08/2022 10:48	1,6					
Itaquí	1277818	9671835 Soja	29/08/2022 18:30	31,7					
Itaquí	1282143	9448217 Milho	29/08/2022 20:12	1,7					
Itaquí	1280404	9452608 Milho	31/08/2022 06:20	34,13333333					
Itaquí	1282648	9729879 Soja	01/09/2022 00:01	17,68333333					
Itaquí	1277822	9836373 Milho	01/09/2022 20:00	19,98333333					
Itaquí	1277820	9622552 Milho	02/09/2022 15:18	19,3					
Itaquí	1282748	9303510 Soja	05/09/2022 12:00	68,7					
Itaquí	1280418	9452610 Soja	06/09/2022 17:30	29,5					
Itaquí	1283106	9865348 Milho	08/09/2022 12:00	42,5					
Itaquí	1279297	9485021 Milho	09/09/2022 22:00	34					
Itaquí	1282651	9582518 Milho	10/09/2022 07:30	9,5					
Itaquí	1286655	9665380 Soja	10/09/2022 09:30	2					
Itaquí	1281335	9734757 Milho	12/09/2022 14:12	52,7					
Itaquí	1282783	9389813 Milho	14/09/2022 21:55	55,71666667					
Itaquí	1287340	9759680 Milho	19/09/2022 02:05	100,16666667					
Itaquí	1282782	9452622 Milho	21/09/2022 10:35	56,5					
Itaquí	1283118	9582506 Milho	25/09/2022 00:01	85,43333333					
Itaquí	1286391	9303106 Milho	25/09/2022 11:00	10,98333333					
Itaquí	1286514	9418444 Soja	28/09/2022 07:12	68,2					
Itaquí	1286401	9750309 Milho	28/09/2022 10:36	3,4					
Itaquí	1286399	9836476 Milho	28/09/2022 12:36	2					
Itaquí	1287335	9758399 Milho	28/09/2022 17:20	4,73333333					
Itaquí	1287285	9609615 Soja	30/09/2022 12:00	42,66666667					
Itaquí	1287291	9386914 Milho	30/09/2022 13:20	1,33333333					
Itaquí	1286400	9331907 Milho	03/10/2022 15:36	74,26666667					
Itaquí	1287713	9481427 Soja	11/10/2022 05:30	181,9					
Itaquí	1287347	9609225 Milho	11/10/2022 18:30	13					
Itaquí	1286496	9711298 Milho	12/10/2022 00:01	5,516666666					
Itaquí	1287711	9512329 Soja	19/10/2022 03:30	171,48333333					
Itaquí	1286497	9764049 Milho	19/10/2022 07:00	3,5					
Itaquí	1290974	9764049 Milho	19/10/2022 07:00	0					
Itaquí	1286393	9610731 Milho	21/10/2022 09:48	50,8					
Itaquí	1286651	9452610 Milho	22/10/2022 08:30	22,7					
Itaquí	1287695	9617466 Milho	23/10/2022 01:45	17,25					
Itaquí	1288835	9783136 Milho	24/10/2022 14:12	36,45					
Itaquí	1291224	9840673 Soja	25/10/2022 21:00	30,8					
Itaquí	1291225	9840673 Soja	25/10/2022 21:00	0					
Itaquí	1291228	9897901 Milho	28/10/2022 15:50	66,83333333					
Itaquí	1291110	9139256 Milho	30/10/2022 08:55	41,08333333					
Itaquí	1291448	9861081 Soja	01/11/2022 12:18	51,38333333					
Itaquí	1290972	9485021 Milho	03/11/2022 20:00	55,7					
Itaquí	1291238	9576791 Milho	04/11/2022 11:42	15,7					
Itaquí	1290978	9582506 Milho	06/11/2022 12:50	49,13333333					
Itaquí	1291231	9476927 Milho	08/11/2022 21:00	56,16666667					
Itaquí	1290988	9520766 Milho	12/11/2022 01:00	76					
Itaquí	1295612	9698238 Soja	15/11/2022 14:18	85,3					
Itaquí	1291232	9285017 Milho	17/11/2022 00:01	33,71666667					
Itaquí	1295604	9448229 Milho	22/11/2022 05:54	125,88333333					
Itaquí	1299510	9235232 Milho	23/11/2022 07:30	25,6					
Itaquí	1295716	9494137 Milho	23/11/2022 14:15	6,75					
Itaquí	1300939	9837004 Milho	25/11/2022 16:50	50,58333333					
Itaquí	1300948	9582518 Farinha De Soja	28/11/2022 17:00	72,16666667					

Fonte: Emap. ouvidoria@emap.ma.gov.br.

ANEXO B

EMBARQUES BERÇOS 100/103 - TEGRAM

MOVIMENTAÇÃO DE GRÃOS - BERÇO 100 ANO 2020									
BERÇO	NOME DO NAVIO	IME	LOA	DWT	ATRACAÇÃO	DESATRACAÇÃO	CARGA	OPERAÇÃO	DESTINO
100	GRACE ONE	9216640	225,00	75.563	02/09/2020 15:15	06/09/2020 16:14	SOJA	CARGA	CHINA
100	BBG QINZHOU	9847384	229,00	81.608	06/09/2020 17:55	09/09/2020 17:55	SOJA	CARGA	SINGAPORE
100	RUDDY	9459981	184,96	30.929	16/09/2020 18:05	18/09/2020 02:00	MILHO	CARGA	LEIXOES
100	PRABHU SUMAT	9590814	229,00	81.136	23/09/2020 07:50	25/09/2020 12:45	SOJA	CARGA	CHINA
100	CAMELLIA BLISS	9544085	229,00	81.896	06/10/2020 09:40	08/10/2020 08:45	SOJA	CARGA	SINGAPORE
100	PORT STAR	9583237	228,99	82.177	08/10/2020 10:30	10/10/2020 07:05	SOJA	CARGA	TURKEY
100	GREAT RICH	9595711	225,00	75.523	10/10/2020 12:10	12/10/2020 14:10	SOJA	CARGA	CHINA
100	CEMTEX FORTUNE	9727106	228,41	85.066	17/10/2020 03:40	19/10/2020 19:10	MILHO	CARGA	KAOHSIUNG
100	LAGUNA SECA	9737606	229,00	81.966	19/10/2020 21:00	21/10/2020 20:38	MILHO	CARGA	BANDAR KHOMEINI
100	HIROSHIM STAR	9770567	228,99	81.789	25/10/2020 23:25	28/10/2020 02:57	MILHO	CARGA	JEDDAH
100	KING BATON ROUGE	9643207	189,99	55.884	21/11/20 23:55	24/11/2020 00:40	MILHO	CARGA	ALGER
100	MG NEPTUNE	9790919	228,95	84.808	24/11/20 2:35	25/11/2020 22:51	MILHO	CARGA	ALEXANDRIA
100	AMSTEL OSPREY	9713478	199,98	61.330	26/11/20 0:25	28/11/2020 00:20	MILHO	CARGA	DAMIETTA
100	SHARP ISLAND	9748370	199,98	61.193	28/11/20 1:33	02/12/2020 18:49	SOJA	CARGA	CONSTANTA
100	ULTRA PROGRESSION	9802267	199,99	64.012	2/12/20 20:20	05/12/2020 08:15	MILHO	CARGA	DAMIETTA
100	AQUATAURUS	9757034	198,00	60.238	15/12/20 19:30	17/12/2020 19:05	MILHO	CARGA	DAMIETTA
100	YUAN SHUN HAI	9446130	189,99	56.956	22/12/20 12:40	24/12/2020 21:45	MILHO	CARGA	EGYPT
100	ILIA	9577460	229,00	80.256	25/12/20 15:27	27/12/20 15:30	MILHO	CARGA	DAMIETTA
			TOTAL	1.282.330					

Fonte: Emap. ouvidoria@emap.ma.gov.br.

MOVIMENTAÇÃO DE GRÃOS BERÇO 103 ANO 2020									
BERÇO	NOME DO NAVIO	IMO	LOA	DWT	ATRACAÇÃO	DESATRACAÇÃO	CARGA	OPERAÇÃO	DESTINO
103	BROAD RISE	9342918	224,94	76.585	01/01/2020 19:08	06/01/2020 10:30	SOJA	CARGA	CHINA
103	KAVO AKYON	9291121	225,00	75.409	10/02/2020 08:18	13/02/2020 17:10	SOJA	CARGA	CHINA
103	MINOAN FLAME	9147423	225,00	73.937	13/02/2020 18:40	17/02/2020 00:55	MILHO	CARGA	BANDAR KHOMEINI
103	CASTELLANI	9602409	228,99	82.050	18/02/2020 11:36	22/02/2020 16:06	SOJA	CARGA	CHINA
103	BABITONGA	9858292	228,99	81.770	22/02/2020 18:40	25/02/2020 06:40	SOJA	CARGA	QINGDAO
103	KOULITSA	9253832	225,00	76.858	25/02/2020 06:17	28/02/2020 07:53	SOJA	CARGA	CHINA
103	SHANDONG FU YUAN	9734769	229,00	81.781	28/02/2020 09:21	01/03/2020 21:50	SOJA	CARGA	CHINA
103	STAR RENEE	9328948	228,99	82.221	01/03/2020 23:15	04/03/2020 21:05	SOJA	CARGA	CHINA
103	PEDHOULAS FIGHTER	9610286	229,00	81.541	04/03/2020 22:30	08/03/2020 04:15	SOJA	CARGA	CHINA
103	ARCTURUS	9221334	225,00	76.397	08/03/2020 06:15	11/03/2020 19:16	SOJA	CARGA	SPAIN
103	PEDHOULAS LEADER	9323065	228,99	82.050	11/03/2020 20:30	15/03/2020 18:36	SOJA	CARGA	TIANJI
103	EVER BEST	9607837	229,00	81.716	15/03/2020 20:15	18/03/2020 13:10	SOJA	CARGA	CHINA
103	UNION MARINER	9628934	229,05	81.963	18/03/2020 14:50	21/03/2020 16:10	SOJA	CARGA	CARTAGENA
103	NIKOMARIN	9401506	228,99	82.623	22/03/2020 02:07	24/03/2020 05:30	SOJA	CARGA	QINGDAO
103	SAKIZAYA ELEGANCE	9713806	228,99	81.938	24/03/2020 07:07	26/03/2020 17:55	SOJA	CARGA	DALIAN
103	SWEET IRINA	9566813	229,00	79.467	26/03/2020 20:20	29/03/2020 04:35	SOJA	CARGA	CHINA
103	LEMESOS LION	9623829	225,00	74.933	29/03/2020 05:55	31/03/2020 09:30	SOJA	CARGA	CHINA
103	AEOLIAN LIGHT	9323053	228,99	82.014	31/03/2020 11:00	03/04/2020 01:47	SOJA	CARGA	QINGDAO
103	SCARLET EAGLE	9687693	228,99	81.842	03/04/2020 10:25	06/04/2020 04:20	SOJA	CARGA	CHINA
103	PICTOR	9254563	224,94	76.598	06/04/2020 05:40	08/04/2020 06:10	SOJA	CARGA	QINGDAO
103	MEHMET AKSOY	9607502	229,00	81.591	08/04/2020 07:25	10/04/2020 18:45	SOJA	CARGA	CHINA
103	MILD SEA	9628922	229,00	81.683	10/04/2020 20:31	13/04/2020 09:25	SOJA	CARGA	LIANYUNGANG
103	LEDA C	9583768	229,00	81.525	13/04/2020 10:40	16/04/2020 08:55	SOJA	CARGA	BANDAR KHOMEINI
103	NIKOLAOS	9473121	225,00	75.538	16/04/2020 10:25	19/04/2020 03:20	SOJA	CARGA	SINGAPURA
103	JIN XIA FENG	9611711	229,00	81.536	19/04/2020 04:50	21/04/2020 04:35	SOJA	CARGA	TURQUIA
103	LYRIC HARMONY	9589164	229,02	81.290	21/04/2020 06:18	23/04/2020 17:58	SOJA	CARGA	CHINA
103	ATROTOS HERACLES	9668879	228,99	81.922	23/04/2020 19:40	26/04/2020 07:00	SOJA	CARGA	RIZHAO
103	CK ANGLE	9595864	229,02	83.203	26/04/2020 08:15	28/04/2020 20:11	SOJA	CARGA	FANGCHENG
103	FAMIE	9287132	225,00	75.912	28/04/2020 22:40	01/05/2020 11:20	SOJA	CARGA	CHINA
103	PEDHOULAS ROSE	9738038	229,00	82.068	01/05/2020 13:05	03/05/2020 13:50	SOJA	CARGA	CHINA
103	AMIS QUEEN	9852676	199,98	64.424	03/05/2020 15:20	05/05/2020 15:15	SOJA	CARGA	NAGOYA
103	KYPROS BRAVERY	9694490	225,00	77.997	05/05/2020 17:25	07/05/2020 18:30	SOJA	CARGA	CHINA
103	EPHANIA	9582116	228,00	80.410	08/05/2020 03:30	10/05/2020 06:45	SOJA	CARGA	CHINA
103	GENEVA STAR	9728124	228,99	79.995	10/05/2020 08:50	12/05/2020 20:52	SOJA	CARGA	CARTAGENA
103	DONA BIBI	9600619	229,00	81.966	12/05/2020 22:43	14/05/2020 19:10	SOJA	CARGA	MUHAMMAD BIN
103	KEY DISCOVERY	9433602	228,99	82.152	14/05/2020 21:20	17/05/2020 22:45	SOJA	CARGA	CHINA
103	AM SHRADDDHA	9837004	228,99	81.754	17/05/2020 23:40	20/05/2020 03:40	SOJA	CARGA	SINGAPURA
103	RB ARIANA	9743980	229,00	81.346	20/05/2020 06:15	23/05/2020 05:10	SOJA	CARGA	CARTAGENA
103	AQUAVITA SKY	9855513	229,00	81.591	23/05/2020 07:16	25/05/2020 03:05	SOJA	CARGA	CHINA
103	AMIS DOLPHIN	9636371	199,98	60.830	25/05/2020 04:28	26/05/2020 16:15	SOJA	CARGA	CHIBA
103	GALATEIA	9597783	229,02	81.359	26/05/2020 17:05	28/05/2020 09:50	SOJA	CARGA	CHINA
103	AGRI GRANDE	9718997	229,00	81.966	28/05/2020 19:05	30/05/2020 20:00	SOJA	CARGA	CHINA
103	VASSOS	9256872	225,00	76.015	30/05/2020 21:15	01/06/2020 22:10	SOJA	CARGA	CHINA
103	KLARA OLDENDORFF	9849007	229,00	81.262	01/06/2020 23:17	04/06/2020 03:30	SOJA	CARGA	CHINA
103	PANAMAX BREEZE	9278430	225,04	76.343	04/06/2020 06:15	06/06/2020 05:12	SOJA	CARGA	CHINA
103	STAR GENESIS	9457464	229,00	80.705	06/06/2020 07:22	08/06/2020 07:05	SOJA	CARGA	TIANJI
103	NAVIOS HERAKLES I	9852937	228,90	82.036	08/06/2020 08:00	10/06/2020 08:35	SOJA	CARGA	CARTAGENA
103	SSI DIGNITY	9665360	229,00	81.221	10/06/2020 09:40	12/06/2020 10:15	SOJA	CARGA	KOSICHANG
103	AOM SOPHIE II	9881366	229,00	81.500	12/06/2020 11:50	14/06/2020 08:10	SOJA	CARGA	QINGDAO
103	NBA MONET	9512305	228,99	82.099	14/06/2020 09:38	16/06/2020 10:27	SOJA	CARGA	CARTAGENA
103	SAKIZAYA INTEGRITY	9780146	229,00	81.010	16/06/2020 11:30	18/06/2020 11:47	SOJA	CARGA	CHINA
103	AEOLIAN ARROW	9671814	229,01	82.053	18/06/2020 16:40	20/06/2020 13:17	SOJA	CARGA	CHINA
103	KYPROS LAND	9667368	224,98	77.060	20/06/2020 14:40	22/06/2020 18:26	SOJA	CARGA	CHINA
103	AGRI PRINCESS	9718985	229,00	82.084	22/06/2020 19:35	24/06/2020 20:10	SOJA	CARGA	QINGDAO
103	KATERINA	9256884	225,00	76.015	24/06/2020 22:20	26/06/2020 21:20	SOJA	CARGA	CARTAGENA
103	CPT GEORGIOS S	9262936	224,89	74.181	26/06/2020 23:00	28/06/2020 19:30	SOJA	CARGA	CARTAGENA
103	YANGZE 16	9785964	229,00	82.031	28/06/2020 20:55	01/07/2020 01:17	SOJA	CARGA	CHINA
103	BW NARA	9836373	229,00	81.759	01/07/2020 03:05	03/07/2020 03:10	SOJA	CARGA	CHINA
103	PRISINGE	9715452	228,99	81.886	03/07/2020 05:00	05/07/2020 05:00	SOJA	CARGA	SINGAPORE
103	LENA B	9723148	228,99	81.922	05/07/2020 06:40	07/07/2020 19:05	SOJA	CARGA	CHINA
103	CL QINGSHU HE	9880295	229,00	80.860	07/07/2020 21:00	09/07/2020 20:20	SOJA	CARGA	CHINA
103	DAISY GLORY	9847853	229,00	82.000	09/07/2020 21:55	11/07/2020 17:55	SOJA	CARGA	CHINA
103	XENIA	9711133	229,00	82.019	11/07/2020 20:55	13/07/2020 20:05	SOJA	CARGA	CARTAGENA
103	IOLCOS DIGNITY	9530644	229,00	87.376	14/07/2020 01:30	16/07/2020 01:35	SOJA	CARGA	BANDAR KHOMEINI
103	LMZ FRANCISCO	9850020	229,00	82.043	16/07/2020 03:20	18/07/2020 03:15	SOJA	CARGA	QINGDAO
103	VASSOS 2	9852810	228,94	81.603	18/07/2020 05:05	20/07/2020 05:10	SOJA	CARGA	QINGDAO
103	YANNIS GORGAS	9423293	229,00	87.375	22/07/2020 20:15	24/07/2020 16:47	SOJA	CARGA	BANDAR KHOMEINI
103	MV MARATHASSA	9698862	229,00	81.000	24/07/2020 18:45	26/07/2020 22:13	MILHO	CARGA	JEDDAH
103	SARONIC TRADER	9453535	229,25	93.113	27/07/2020 00:00	30/07/2020 01:40	FARELO DE SOJA	CARGA	PORT OF SPAIN
103	CL SINGAPORE	9716028	229,00	81.323	30/07/2020 02:45	31/07/2020 23:35	SOJA	CARGA	CHINA
103	HUAYANG DREAM	9591519	224,90	75.906	01/08/2020 05:19	03/08/2020 01:40	SOJA	CARGA	YANBO
103	EGYPTIAN MIKE	9576260	229,00	81.600	03/08/2020 03:05	04/08/2020 17:45	SOJA	CARGA	DALIAN
103	ALPHA LEGACY	9671838	229,00	82.047	04/08/2020 20:16	06/08/2020 19:00	SOJA	CARGA	KOSICHANG
103	NENITA	9304289	225,00	76.807	09/08/2020 06:54	11/08/2020 06:27	SOJA	CARGA	CHINA
103	NAVIOS AVIOR	9590084	229,00	81.354	11/08/2020 07:40	13/08/2020 08:25	SOJA	CARGA	PORT OF SPAIN
103	SBI RUMBA	9712498	228,95	84.867	13/08/2020 09:52	15/08/2020 01:30	MILHO	CARGA	TARRAGONA
103	DORIC LIBERTY	9611890	229,02	82.086	15/08/2020 03:34	17/08/2020 15:48	SOJA	CARGA	CHINA
103	OCEAN ROSEMARY	9592070	229,00	82.265	17/08/2020 18:25	19/08/2020 17:52	SOJA	CARGA	PORT OF SPAIN
103	ARTEMISSIO	9762364	199,98	63.505	19/08/2020 19:16	21/08/2020 08:15	MILHO	CARGA	CADIZ
103	EVER BEST	9607837	229,00	81.716	21/08/2020 16:30	23/08/2020 20:41	MILHO	CARGA	CARTAGENA
103	TEMPO LOONG	9279549	225,00	75.772	23/08/2020 22:22	25/08/2020 18:43	SOJA	CARGA	CHINA
103	MARIELENA	9376359	224,90	81.354	25/08/2020 21:05	27/08/2020 21:33	SOJA	CARGA	RIZHAO
103	MILD SEA	9628922	229,00	81.683	29/08/2020 00:05	31/08/2020 04:13	SOJA	CARGA	QINGDAO
103	SENTINEL	9665554	199,99	63.351	31/08/2020 05:51	02/09/2020 05:30	MILHO	CARGA	DAMIETTA
103	SBI TANGO	9714707	199,99	61.192	03/09/2020 03:25	05/09/2020 03:40	MILHO	CARGA	HAIFA
103	ULTRA CRIMSON	9757826	199,98	61.084	05/09/2020 05:12	07/09/2020 16:45	MILHO	CARGA	PORT OF SPAIN
103	LADY DORIS	9459955	185,00	30.894	07/09/2020 17:35	08/09/2020 21:00	MILHO	CARGA	VILA DO PORTO
103	AUDACITY	9783954	228,99	81.717	08/09/2020 22:25	10/09/2020 18:29	MILHO	CARGA	KAOSHUNG
103	LEMESOS LION	9623829	225,00	74.933	10/09/2020 20:00	12/09/2020 12:22	SOJA	CARGA	CHINA
103	MODEST SW	9476941	225,00	76.483	12/09/2020 14:30	14/09/2020 11:38	SOJA	CARGA	CHINA
103	IVESTOS 6	9342839	224,94	76.596	15/09/2020 00:40	16/09/2020 16:45	SOJA	CARGA	KOHSCHANG
103	MIGHTY OCEAN	9331892	189,99	56.083	17/09/2020 03:00	18/09/2020 18:02	MILHO	CARGA	YAWATA
103	AGIOS MAKARIOS	9474709	229,00	80.928	19/09/2020 03:55	22/09/2020 08:50	SOJA	CARGA	CHINA
103	ATHANASIA C	9583770	229,00	80.988	22/09/2020 10:00	24/09/2020 07:06	MILHO	CARGA	BANDAR KHOMEINI
103	VIRGO CONFIDENCE	9713715	199,99	63.206	26/09/2020 14:10	28/09/2020 03:05	MILHO	CARGA	DAMIETTA
103	NORD VENUS - 1ª atracação	9478919	225,00	80.655	28/09/2020 04:30	29/09/2020 16:10	MILHO	CARGA	PORT OF SPAIN
103	BANASOL	9214135	225,00	72.562	29/09/2020 17:40	01/10/2020 17:15	SOJA	CARGA	QINGDAO
103	MAHA AARTI	9355484	225,00	77.250	05/10/2020 17:55	07/10/2020 16:50	MILHO	CARGA	TARRAGONA
103	IONIC SPIRIT	9514200	189,99	56.108	07/10/2020 19:57	09/10/2020 05:50	MILHO	CARGA	ASADIR
103	IOLCOS LEGACY	9425136	229,00	87.375	09/10/2020 07:03	10/10/2020 23:07	MILHO	CARGA	BANDAR KHOMEINI
103	KIRAN AFRICA	9491173	229,00	79.105	17/10/2020 15:25	20/10/2020 19:35	SOJA	CARGA	SINGAPORE
103	RICH FUTURE	9622423	228,90	82.19					

MOVIMENTAÇÃO DE SOJA BERÇO 100 ANO 2021												
BERÇO	NOME DO NAVIO	IMO	LOA	DWT	ATRACAÇÃO	DESATRACAÇÃO	CARGA	OPERAÇÃO	DESTINO	ATRACAÇÃO	TEMPO EM DIAS	TEMPO HORAS
100	SAGA FREYA	9502336	199,00	55,807	13/01/2021 07:26	14/01/2021 02:54	CELULOSE	CARGA	PHILADELPHIA	0,81	19,47	
100	STAR ZETA	9284477	188,50	52,994	14/01/2021 05:10	16/01/2021 07:48	MILHO	CARGA	GIBRALTAR	2,11	50,63	
100	STAR HANSA	9303128	198,00	46,428	16/01/2021 09:25	21/01/2021 20:30	CELULOSE	CARGA	BALTIMORE	5,46	131,08	
100	IOLCOS DESTINY	9489499	229,00	87,376	28/01/2021 15:30	31/01/2021 20:30	MILHO	CARGA	SINGAPORE	3,21	75,12	
100	PIPII ARROW	9552888	199,98	62,980	01/02/2021 10:45	06/02/2021 20:50	CELULOSE	CARGA	SINGAPORE	5,42	130,08	
100	PRETTY SIGHT	9639751	179,88	35,279	15/02/2021 17:55	20/02/2021 07:00	MILHO	CARGA	GIBRALTAR	4,55	109,08	
100	SALIGNA - 2ª atracação	9825001	201,90	62,357	20/02/2021 08:40	23/02/2021 10:06	CELULOSE	CARGA	TARRAGONA	3,06	73,43	
100	SENTOSA CHALLENGER	9866586	228,90	81,601	23/02/2021 11:51	26/02/2021 04:20	SOJA	CARGA	CHINA	2,69	64,48	
100	KAI XUAN	9452139	199,90	51,638	26/02/2021 06:38	05/03/2021 06:08	CELULOSE	CARGA	LA PALUCE	6,98	167,50	
100	EMERALD DONGJI	9726528	229,00	81,547	05/03/2021 07:55	09/03/2021 02:15	SOJA	CARGA	CHINA	3,76	90,33	
100	HOSANIGER	9881801	213,00	50,198	09/03/2021 08:15	12/03/2021 02:40	CELULOSE	CARGA	MOBILE	2,89	69,42	
100	SITC HENGSHAN	9651091	225,00	73,650	07/04/2021 00:17	09/04/2021 16:00	SOJA	CARGA	QINGDAO	2,65	63,72	
100	GENEVA QUEEN	9638642	229,00	81,361	15/03/2021 07:47	18/03/2021 20:05	SOJA	CARGA	PORT ELIZABETH	3,51	84,30	
100	SUPER GRACE	9576272	229,00	81,629	18/03/2021 22:12	22/03/2021 21:53	SOJA	CARGA	CHINA	3,99	95,68	
100	GIACOMETTI	9615377	229,00	81,680	22/03/2021 23:35	27/03/2021 05:55	SOJA	CARGA	CARTAGENA	4,26	102,33	
100	MNYKA	9525613	235,00	84,108	27/03/2021 14:30	30/03/2021 18:40	SOJA	CARGA	CHINA	3,17	76,17	
100	STAR LYSEFJORD	9616840	204,40	50,761	31/03/2021 05:05	01/04/2021 19:54	CELULOSE	CARGA	CABELO	1,62	38,82	
100	PANSOLAR	9317004	225,00	76,343	01/04/2021 21:58	04/04/2021 09:38	SOJA	CARGA	CHINA	2,49	59,67	
100	PRAIRIE	9895056	228,90	81,614	04/04/2021 12:12	06/04/2021 22:00	SOJA	CARGA	CHINA	2,41	57,80	
100	PROTEFS	9386633	225,00	73,650	07/04/2021 00:17	09/04/2021 16:00	SOJA	CARGA	CARTAGENA	2,65	63,72	
100	YIN XIANG HAI	9566411	189,90	56,111	09/04/2021 18:10	12/04/2021 02:18	SOJA	CARGA	EYPT	2,34	56,13	
100	GREAT PROGRESS	9728655	199,00	63,376	12/04/2021 04:38	14/04/2021 08:20	SOJA	CARGA	CHINA	1,95	46,70	
100	YM ENDEAVOUR	9461362	228,90	82,205	14/04/2021 05:00	16/04/2021 19:30	SOJA	CARGA	CHINA	2,60	62,50	
100	LOWLANDS ANGEL	9860817	199,90	61,239	16/04/2021 21:20	19/04/2021 05:38	SOJA	CARGA	PROGRESSO	2,35	56,30	
100	SALIGNA	9825001	201,90	62,357	19/04/2021 10:00	21/04/2021 11:40	CELULOSE	CARGA	BEAUMONT	2,07	49,67	
100	LAWN ARROW	9687162	199,90	62,841	21/04/2021 13:20	23/04/2021 10:40	CELULOSE	CARGA	LIVORNO	1,89	45,33	
100	YANGTZE JS	9789964	229,00	82,031	24/04/2021 17:05	27/04/2021 05:55	SOJA	CARGA	FANGCHENG	2,49	59,83	
100	LAWN ARROW	9687162	199,90	62,841	27/04/2021 15:45	29/04/2021 13:10	CELULOSE	CARGA	LIVORNO	2,14	51,42	
100	SHANDONG FUJEN	9724719	229,00	81,773	29/04/2021 21:50	02/05/2021 21:31	SOJA	CARGA	CHINA	2,99	71,68	
100	CSSC TAI YUAN	9869908	229,00	81,595	02/05/2021 23:31	05/05/2021 12:45	SOJA	CARGA	CHINA	2,55	61,23	
100	JACAMAR ARROW	9007532	199,20	46,998	05/05/2021 13:35	07/05/2021 23:12	CELULOSE	CARGA	MOBILE	2,40	57,62	
100	ALAN	9528562	229,00	81,712	08/05/2021 01:00	10/05/2021 16:32	SOJA	CARGA	QINGDAO	2,65	63,53	
100	AVOCET ARROW	9448255	199,90	62,823	10/05/2021 18:00	17/05/2021 07:54	CELULOSE	CARGA	XINGANG	6,58	157,90	
100	STAR MARIA	9401489	228,90	82,578	17/05/2021 10:00	20/05/2021 23:40	SOJA	CARGA	CHINA	3,57	85,67	
100	ARTEMIS	9335989	224,90	76,942	21/05/2021 22:40	22/05/2021 22:12	SOJA	CARGA	CHINA	1,86	44,53	
100	PIPII ARROW	9552888	199,98	62,980	23/05/2021 00:30	25/05/2021 18:10	CELULOSE	CARGA	PHILADELPHIA	2,52	60,52	
100	EVANGELISTRIA	9388587	224,90	75,844	25/05/2021 14:40	27/05/2021 17:40	SOJA	CARGA	IZMIT	2,13	51,00	
100	APOLLON	9828924	226,00	82,082	27/05/2021 20:04	30/05/2021 04:37	SOJA	CARGA	CHINA	2,36	56,55	
100	SOTKA	9792462	199,90	64,043	30/05/2021 06:05	01/06/2021 09:17	SOJA	CARGA	YAWATA, JAPAN	2,13	51,20	
100	AGIA SOFIA	9706786	229,00	82,046	01/06/2021 11:45	01/06/2021 22:35	SOJA	CARGA	CHINA	0,45	10,83	
100	ASIAN PROMINENCE	9725017	199,90	62,466	02/06/2021 00:19	03/06/2021 20:40	SOJA	CARGA	ISKENDERUN	1,85	44,35	
100	DONA BIBI	9800619	229,00	81,966	03/06/2021 21:37	05/06/2021 22:25	SOJA	CARGA	CHINA	2,03	48,80	
100	SALIGNA	9825001	201,90	62,357	05/06/2021 23:52	08/06/2021 08:38	CELULOSE	CARGA	BEAUMONT	2,16	51,77	
100	JACAMAR ARROW	9007532	199,20	46,998	08/06/2021 05:52	12/06/2021 02:47	CELULOSE	CARGA	TARRAGONA	3,87	92,92	
100	YUN LONG FENG	9523201	225,00	75,393	12/06/2021 03:57	14/06/2021 07:02	SOJA	CARGA	CARTAGENA	2,13	51,08	
100	PICTOR	9254563	224,90	76,598	14/06/2021 09:17	15/06/2021 17:15	SOJA	CARGA	CHINA	1,33	31,97	
100	ARIS T	9343895	229,00	92,524	15/06/2021 18:15	18/06/2021 07:11	SOJA	CARGA	CHINA	2,54	60,93	
100	PIONEER ETERNITY	9880489	229,00	80,917	18/06/2021 08:38	21/06/2021 01:26	SOJA	CARGA	QINGDAO	2,70	64,80	
100	RI GUAN FENG	9523146	225,00	75,566	21/06/2021 09:42	23/06/2021 16:00	SOJA	CARGA	CARTAGENA	2,51	60,30	
100	MILAGRO	9465708	225,00	75,205	23/06/2021 17:50	26/06/2021 01:38	SOJA	CARGA	QINGDAO	2,37	56,80	
100	EUMAR	9738206	229,00	82,039	26/06/2021 04:00	29/06/2021 08:00	SOJA	CARGA	HUANGPU	3,17	76,00	
100	GLORY NAVIGATOR	9336907	224,80	82,331	29/06/2021 10:40	01/07/2021 18:55	SOJA	CARGA	GIBRALTAR	2,34	56,25	
100	MILAGRO	9465708	225,00	75,205	01/07/2021 21:15	02/07/2021 12:34	SOJA	CARGA	CHINA	0,64	15,32	
100	ULTRA PANTHER	9379399	229,00	85,720	02/07/2021 21:02	05/07/2021 22:50	SOJA	CARGA	CHINA	3,08	73,80	
100	TEAL ARROW	9186780	173,00	36,466	05/07/2021 23:58	09/07/2021 01:10	CELULOSE	CARGA	MOBILE	3,05	73,20	
100	CORAL DIAMOND	9381213	224,90	76,596	09/07/2021 02:32	12/07/2021 06:26	MILHO	CARGA	YANBO	3,16	75,90	
100	STAR EMILY	9284908	225,00	76,417	12/07/2021 16:48	15/07/2021 08:11	SOJA	CARGA	CHINA	2,64	63,38	
100	PIPII ARROW	9552888	199,90	62,980	18/07/2021 00:32	20/07/2021 01:26	CELULOSE	CARGA	LA PALUCE	2,04	48,90	
100	SALIGNA	9825001	201,90	62,357	21/07/2021 00:09	26/07/2021 08:57	CELULOSE	CARGA	TIANJIN	5,78	138,80	
100	NOOTKA ISLAND	9705299	199,90	61,593	26/07/2021 21:28	29/07/2021 09:00	MILHO	CARGA	HAIFA	2,48	59,53	
100	NOZISA SIGALA	9700861	199,90	63,350	03/08/2021 11:30	05/08/2021 04:10	MILHO	CARGA	EYPT	1,69	40,67	
100	THALASSIC	9379927	224,90	81,426	05/08/2021 12:35	07/08/2021 16:14	SOJA	CARGA	CHINA	2,15	51,65	
100	DUNNII	9824978	201,90	62,345	07/08/2021 17:25	11/08/2021 19:06	CELULOSE	CARGA	VLISSINGEN	4,07	97,68	
100	MAXWELL	9782027	228,90	82,170	14/08/2021 19:25	17/08/2021 21:55	MILHO	CARGA	BARCELONA	3,10	74,50	
100	QUEENA	9736286	229,00	82,082	17/08/2021 23:30	20/08/2021 15:40	SOJA	CARGA	QINGDAO	2,67	64,17	
100	LEDA C	9583768	229,00	81,525	20/08/2021 17:40	22/08/2021 17:00	MILHO	CARGA	IRA	1,97	47,33	
100	PIPII ARROW	9552888	199,90	62,980	22/08/2021 16:40	28/08/2021 05:10	CELULOSE	CARGA	LA PALUCE	5,44	130,50	
100	ARCTURUS	9221534	225,00	76,397	28/08/2021 02:42	30/08/2021 06:00	SOJA	CARGA	EUROPA	1,97	47,30	
100	SEA VENUS	9609134	229,00	80,888	30/08/2021 11:40	02/09/2021 09:47	SOJA	CARGA	TAICHUNG	2,92	70,12	
100	LAMPARD	9723980	199,99	63,570	02/09/2021 11:35	05/09/2021 08:35	MILHO	CARGA	DAMETTA	2,67	64,00	
100	NAVIOS STAR	9909065	228,90	81,994	05/09/2021 05:25	07/09/2021 04:45	SOJA	CARGA	SINGAPORE	1,97	47,33	
100	WESTERN EYDE	9643219	189,99	55,816	07/09/2021 06:50	09/09/2021 15:30	SOJA	CARGA	YAWATA, JAPAN	2,36	56,67	
100	IOLCOS GENESIS	9503782	235,00	84,062	12/09/2021 18:55	15/09/2021 08:50	MILHO	CARGA	IRA	2,58	61,92	
100	JAIGARH	9461104	228,99	82,166	15/09/2021 09:30	18/09/2021 02:50	SOJA	CARGA	SINGXIA	2,72	65,33	
100	YANGTZE KING HUA	9593751	229,00	81,677	18/09/2021 05:20	20/09/2021 16:40	MILHO	CARGA	ESPAÑA	2,47	59,33	
100	BAHRI BLAK	9665930	229,00	81,864	21/09/2021 09:45	22/09/2021 05:50	MILHO	CARGA	DAMMAN	1,09	26,08	
100	YANGTZE KING JIN	9593763	229,00	81,649	22/09/2021 08:14	25/09/2021 07:02	SOJA	CARGA	CHINA	2,95	70,80	
100	DUNNII	9824978	201,90	62,345	29/09/2021 20:20	05/10/2021 08:40	CELULOSE	CARGA	QINGDAO	5,31	127,33	
100	GLORY AMSTERDAM	9378182	225,00	77,171	05/10/2021 06:55	08/10/2021 07:37	SOJA	CARGA	CHINA	3,03	72,70	
100	FRE STATE	9386392	185,00	58,679	08/10/2021 16:30	10/10/2021 20:15	MILHO	CARGA	DAMETTA	2,16	51,75	
100	STAR LIVORNO	9593907	204,36	50,700	10/10/2021 22:10	15/10/2021 09:32	CELULOSE	CARGA	LA PALUCE	4,47	107,37	
100	QUETZAL ARROW	9007544	199,20	46,908	19/10/2021 02:30	22/10/2021 19:30	CELULOSE	CARGA	BEAUMONT	3,71	89,00	
100	ULTRA REGINA	9657435	199,98	61,424	27/10/2021 10:35	29/10/2021 07:32	MILHO	CARGA	ALGER	1,87	44,95	
100	SSI EXCELLENT	9693757	229,00	81,119	29/10/2021 08:52	31/10/2021 22:33	SOJA	CARGA	CHINA	2,57	61,68	
100	W ARCTURUS	9630248	228,87	81,336	01/11/2021 09:45	01/11/2021 14:08	MILHO					

MOVIMENTAÇÃO BERÇO 103 ANO 2021											TEMPO EM DIAS	TEMPO
BERÇO	NOME DO NAVIO	IMO	LOA	DWT	ATRACAÇÃO	DESATRACAÇÃO	CARGA	OPERAÇÃO	DESTINO	ATRACAÇÃO	HORAS	
103	SALIGNA	9825001	201,90	62,357	26/12/2020 17:10	01/01/2021 03:20	CELULOSE	CARGA	LIVORNO	5,42	130,17	
103	GOOD WISH	9502623	225,00	75,015	10/03/2021 14:17	14/03/2021 06:40	SOJA	CARGA	RIZHAO	3,68	88,38	
103	NAVIOS HARMONY	9301005	228,99	82,398	14/03/2021 08:40	18/03/2021 08:40	SOJA	CARGA	CHINA	2,53	108,75	
103	BILLY JIM	9602411	228,99	82,134	18/02/2021 13:40	21/02/2021 08:35	SOJA	CARGA	CHINA	2,37	56,92	
103	DORIC ARMOUR	9764049	228,99	81,800	21/02/2021 09:53	24/02/2021 03:22	SOJA	CARGA	QINGDAO	2,73	65,48	
103	ANGELI PEACE	9750177	225,00	74,768	24/02/2021 04:50	27/02/2021 05:35	SOJA	CARGA	CHINA	3,03	72,75	
103	CANOLA ZIBO	9883778	229,00	80,800	27/02/2021 06:52	03/03/2021 07:57	SOJA	CARGA	SINGAPORE	4,05	97,08	
103	LEMESSOS LION	9623829	225,00	74,933	03/03/2021 09:33	06/03/2021 22:20	SOJA	CARGA	SINGAPORE	2,53	60,78	
103	BW OSAKA	9836567	228,99	81,796	05/03/2021 23:40	08/03/2021 09:50	SOJA	CARGA	CHINA	2,42	58,17	
103	GOLDEN FREEZE	9849984	229,00	81,235	09/03/2021 16:18	12/03/2021 18:25	SOJA	CARGA	QINGDAO	3,09	70,56	
103	STARHLA	9592038	225,00	75,009	13/03/2021 03:30	15/03/2021 07:18	SOJA	CARGA	QINGDAO	2,16	51,80	
103	ALCOR	9717682	229,00	81,118	15/03/2021 16:33	18/03/2021 20:02	SOJA	CARGA	CHINA	3,15	75,48	
103	BULK HOLLAND	9746700	229,00	81,712	18/03/2021 21:52	22/03/2021 20:41	SOJA	CARGA	RIZHAO	3,95	94,82	
103	ARIANA	9838297	229,04	81,011	22/03/2021 22:23	27/03/2021 05:27	SOJA	CARGA	KOSICHANG	4,29	103,07	
103	WANISA	9615808	229,00	79,401	27/03/2021 14:34	30/03/2021 06:35	SOJA	CARGA	QINZHOU	2,67	64,02	
103	CAPE RACE	9601728	229,00	81,438	30/03/2021 08:20	01/04/2021 20:23	SOJA	CARGA	KARACHI	2,50	60,05	
103	DE DAHUIA	9699775	225,00	81,667	01/04/2021 21:54	03/04/2021 22:12	SOJA	CARGA	QINGDAO	2,01	48,30	
103	PIAN VIVA	9453494	225,00	75,005	04/04/2021 00:05	05/04/2021 21:00	SOJA	CARGA	CHINA	1,87	44,92	
103	SASEBO GREEN	9675688	225,00	77,880	05/04/2021 23:00	08/04/2021 11:35	SOJA	CARGA	CHINA	2,52	60,58	
103	MISTRAL	9623817	225,00	74,866	08/04/2021 13:05	10/04/2021 16:47	SOJA	CARGA	CHINA	2,15	51,70	
103	SALT LAKE	9835977	229,00	82,025	10/04/2021 18:40	13/04/2021 18:05	SOJA	CARGA	BANDAR KHOMEINI	2,98	71,42	
103	KARPATY	9582506	228,90	82,600	13/04/2021 20:37	16/04/2021 07:16	SOJA	CARGA	JUAYMAH	2,44	58,65	
103	PRODIGY	9661106	225,00	76,117	16/04/2021 09:20	18/04/2021 21:56	SOJA	CARGA	CHINA	2,53	60,60	
103	SEA GEMINI	9362217	224,94	76,596	18/04/2021 23:14	22/04/2021 10:24	SOJA	CARGA	CHINA	3,47	83,33	
103	STAR MONICA	9715843	229,00	82,357	21/04/2021 04:35	23/04/2021 15:17	SOJA	CARGA	PORT ELIZABETH	1,98	47,25	
103	HAKLITA	9461121	228,90	82,165	13/05/2021 20:00	16/05/2021 08:00	SOJA	CARGA	CHINA	2,50	60,00	
103	BULK ITALY	9875032	228,00	81,603	16/05/2021 09:15	18/05/2021 22:00	SOJA	CARGA	CHINA	2,53	60,75	
103	COAL PEARL	9611931	229,00	81,874	18/05/2021 23:45	21/05/2021 01:30	SOJA	CARGA	CARTAGENA	2,07	49,75	
103	PROTEFS	9286633	225,00	73,630	21/05/2021 10:05	23/05/2021 15:00	SOJA	CARGA	CARTAGENA	2,20	52,92	
103	GH FORTUNE	9218856	225,00	75,214	24/05/2021 01:09	25/05/2021 17:54	SOJA	CARGA	CHANG XING DAO, DALIAN, CHINA	1,70	40,75	
103	ADIA SOPHIA	9769786	229,00	82,046	26/05/2021 02:48	28/05/2021 02:55	SOJA	CARGA	CHINA	2,00	48,12	
103	SALIGNA	9825001	201,90	62,357	27/05/2021 04:35	30/05/2021 19:57	CELULOSE	CARGA	CHINA	2,69	64,25	
103	LONDON 2012	9442756	228,90	82,562	30/05/2021 22:50	02/06/2021 07:19	SOJA	CARGA	BEAUMONT	2,35	56,48	
103	APOLLON	9828924	226,00	82,082	02/06/2021 08:50	03/06/2021 00:05	SOJA	CARGA	CHINA	0,64	15,25	
103	KM WEIPA	9782340	199,90	63,377	03/06/2021 01:55	05/06/2021 01:58	SOJA	CARGA	CHINA	2,00	48,05	
103	TRAMP LADY	9286621	225,00	76,294	05/06/2021 04:10	07/06/2021 12:15	SOJA	CARGA	CHINA	2,34	56,08	
103	BULK GENEVA	9860697	199,90	63,340	07/06/2021 13:50	10/06/2021 01:41	SOJA	CARGA	CHINA	2,49	59,85	
103	BANGUS	9861990	229,00	83,288	10/06/2021 03:15	12/06/2021 19:00	SOJA	CARGA	RIZHAO	2,66	63,75	
103	CK BLUEBELL	9593978	229,00	81,146	26/07/2021 08:22	28/07/2021 08:20	SOJA	CARGA	SINGAPORE	2,00	47,97	
103	AFRICAN LION	9636450	199,90	66,721	14/05/2021 21:38	17/05/2021 06:06	SOJA	CARGA	CHINA	2,35	56,47	
103	CANEA	9336608	224,90	75,356	17/06/2021 07:45	20/06/2021 00:15	SOJA	CARGA	SINGAPORE	2,69	64,50	
103	SPRUCE ARROW	9232814	189,77	47,792	20/06/2021 02:12	25/06/2021 06:10	CELULOSE	CARGA	QINGDAO	5,17	123,97	
103	IVESTOS I	9294472	225,00	76,801	25/06/2021 07:23	28/06/2021 08:40	SOJA	CARGA	QINGDAO	3,05	73,28	
103	ALPHA HERO	9671826	229,00	82,053	28/06/2021 17:39	01/07/2021 06:37	SOJA	CARGA	CARTAGENA	2,54	60,97	
103	IOLCOS COMMANDER	9598787	225,00	76,094	01/07/2021 07:46	04/07/2021 09:50	SOJA	CARGA	CHINA	3,09	74,07	
103	BECNGATE	9846275	229,00	83,449	04/07/2021 11:04	07/07/2021 11:32	SOJA	CARGA	MERSIN	2,02	48,47	
103	EVER GRAND	9613989	229,00	81,688	06/07/2021 12:54	09/07/2021 13:41	SOJA	CARGA	CHINA	3,03	72,78	
103	ORNAK	9452610	228,90	79,677	11/07/2021 15:30	14/07/2021 08:00	SOJA	CARGA	CARTAGENA	2,69	64,50	
103	MG SAKURA	9782209	228,90	84,808	14/07/2021 09:30	17/07/2021 06:56	SOJA	CARGA	KAOSHUNG	2,89	69,43	
103	YMK QUARTET	9888723	229,00	82,212	17/07/2021 08:27	20/07/2021 01:16	SOJA	CARGA	SINGAPORE	2,70	64,82	
103	LOXANDRA	9343871	229,50	92,576	20/07/2021 11:34	23/07/2021 00:49	MLHO	CARGA	YANBO	2,55	61,25	
103	STAR TRADER	9461142	228,90	82,181	23/07/2021 02:14	26/07/2021 03:32	SOJA	CARGA	CHINA	3,05	73,30	
103	CK BLUEBELL	9593978	229,00	81,146	26/07/2021 08:22	28/07/2021 08:20	SOJA	CARGA	SINGAPORE	2,00	47,97	
103	IONIC PATRIS	9783586	228,90	84,850	28/07/2021 18:30	01/08/2021 20:05	SOJA	CARGA	RIZHAO	4,07	97,58	
103	MARYLSA V	9277285	189,90	52,428	02/08/2021 14:10	04/08/2021 02:01	SOJA	CARGA	ALGER	1,49	35,85	
103	TRITON	9642356	225,00	75,009	04/08/2021 03:55	06/08/2021 04:27	SOJA	CARGA	CHINA	2,02	48,53	
103	DUNNII	9824978	201,90	62,345	06/08/2021 13:40	07/08/2021 16:35	CELULOSE	CARGA	VLISSINGEN	1,12	26,92	
103	SOUTHERN HAWK	9858527	229,00	80,681	07/08/2021 18:15	09/08/2021 17:50	MLHO	CARGA	EGYPT	1,98	47,58	
103	CL EBIHU	9713478	199,90	61,330	10/08/2021 04:13	12/08/2021 16:42	MLHO	CARGA	EGYPT	2,52	60,48	
103	EVRIAL	9405435	189,90	53,554	12/08/2021 17:44	14/08/2021 17:56	SOJA	CARGA	PORT ELIZABETH	2,01	48,20	
103	HONDR DIVA	9905617	229,00	82,541	14/08/2021 19:20	17/08/2021 21:23	SOJA	CARGA	ZHUSHAN	3,09	74,05	
103	BEUSLAND	9698197	199,98	61,252	20/08/2021 17:25	23/08/2021 02:11	SOJA	CARGA	GBTEE TEESPORT UNITED KINGDOM	2,37	56,77	
103	PETRUS	9494151	190,00	57,373	23/08/2021 03:23	25/08/2021 15:54	SOJA	CARGA	ASHDOD	2,52	60,52	
103	OLYMPIUS	9616541	190,00	57,374	25/08/2021 17:38	28/08/2021 05:09	MLHO	CARGA	CHINA	2,48	59,52	
103	IVESTOS 3	9349320	225,00	74,456	28/08/2021 06:45	30/08/2021 22:35	SOJA	CARGA	KOSICHANG	2,66	63,83	
103	BBG FANGCHENG	9847372	229,00	81,628	31/08/2021 01:30	03/09/2021 22:40	SOJA	CARGA	KOSHICHANG	2,88	69,17	
103	STAR LINDENES	9593878	204,35	60,748	03/09/2021 08:10	07/09/2021 05:30	CELULOSE	CARGA	TIANJIN	4,22	101,33	
103	ASTERION	9729998	229,00	83,450	07/09/2021 16:00	10/09/2021 19:43	MLHO	CARGA	TARRAGONA	3,15	75,72	
103	BAGORI	9857042	199,98	63,505	10/09/2021 21:00	13/09/2021 09:43	MLHO	CARGA	EL DEKHEILA	2,53	60,72	
103	SALIGNA	9825001	201,90	62,357	13/09/2021 11:10	18/09/2021 03:25	CELULOSE	CARGA	QINGDAO	4,68	112,25	
103	KOMI	9700196	199,90	63,628	22/09/2021 07:55	24/09/2021 15:30	MLHO	CARGA	YAWATA, JAPAN	2,32	55,58	
103	MAXWELL	9782027	228,90	82,170	24/09/2021 21:12	28/09/2021 06:01	SOJA	CARGA	SONGXIA	3,37	80,82	
103	BONANZA	9273210	225,00	73,613	28/09/2021 11:35	01/10/2021 22:00	SOJA	CARGA	CARTAGENA	3,43	82,42	
103	CIC EPOS	9404694	229,00	79,258	01/10/2021 23:20	04/10/2021 03:30	MLHO	CARGA	TARRAGONA	2,17	52,17	
103	STAR BIANCA	9370769	228,99	82,652	07/10/2021 09:15	13/10/2021 10:40	SOJA	CARGA	CHINA	3,06	73,42	
103	STAR LYGRA	9616838	204,35	50,741	07/11/2021 17:00	10/11/2021 05:52	CELULOSE	CARGA	JACKSONVILLE	2,54	60,87	
103	STAR LIMA	9593866	204,35	50,761	21/11/2021 04:10	24/11/2021 16:23	CELULOSE	CARGA	BALTIMORE	3,51	84,22	

Fonte: Emap. ouvidoria@emap.ma.gov.br.

BERC	NOME DO NAVI	IM	COMPRIMENTO	DWT	ATRACAÇÃO	DESATRACAÇÃO	CARGA	OPERAÇÃO	DESTINO
100	STAR ZETA	9284477	188,50	52.994	14/01/2021 05:10	16/01/2021 07:48	MILHO	CARGA	GIBRALTAR
100	IOLCOS DESTINY	9486049	229,00	87.376	28/01/2021 15:30	31/01/2021 20:34	MILHO	CARGA	SINGAPORE
100	PRETTY SIGHT	9639751	179,88	35.279	15/02/2021 17:55	20/02/2021 07:00	MILHO	CARGA	GIBRALTAR
100	SENTOSA CHALLENGER	9866586	228,90	81.601	23/02/2021 11:51	26/02/2021 04:20	SOJA	CARGA	CHINA
100	EMERALD DONGJI	9726528	229,00	81.547	05/03/2021 07:55	09/03/2021 02:15	SOJA	CARGA	CHINA
100	SITC HENGSHAN	9661091	225,00	76.077	12/03/2021 02:48	15/03/2021 05:55	SOJA	CARGA	QINGDAO
100	GENEVA QUEEN	9638642	229,00	81.361	15/03/2021 07:47	18/03/2021 20:05	SOJA	CARGA	PORT ELIZABETH
100	SUPER GRACE	9576272	229,00	81.629	18/03/2021 22:12	22/03/2021 21:53	SOJA	CARGA	CHINA
100	GIACOMETTI	9615377	229,00	81.680	22/03/2021 23:35	27/03/2021 05:55	SOJA	CARGA	CARTAGENA
100	MYNIKA	9525613	235,00	84.108	27/03/2021 14:30	30/03/2021 18:40	SOJA	CARGA	CHINA
100	PANSOLAR	9317004	225	76343	01/04/2021 21:58	04/04/2021 09:38	SOJA	CARGA	CHINA
100	PRAIRIE	9860506	228,9	81614	04/04/2021 12:12	06/04/2021 22:00	SOJA	CARGA	CHINA
100	PROTEES	9286633	225	73630	07/04/2021 00:17	09/04/2021 16:00	SOJA	CARGA	CARTAGENA
100	XIN XIANG HAI	9566411	189,9	56111	09/04/2021 18:10	12/04/2021 02:18	SOJA	CARGA	EGYPT
100	GREAT PROGRESS	9728655	199	63376	12/04/2021 04:38	14/04/2021 03:20	SOJA	CARGA	CHINA
100	YM ENDEAVOUR	9461362	228,9	82205	14/04/2021 05:00	16/04/2021 19:30	SOJA	CARGA	CHINA
100	LOWLANDS ANGEL	9860817	199,9	61239	16/04/2021 21:20	19/04/2021 05:38	SOJA	CARGA	PROGRESO
100	YANGZE 16	9785964	229	82031	24/04/2021 17:05	27/04/2021 04:55	SOJA	CARGA	FANGCHENG
100	SHANDONG FU EN	9734719	229	81773	29/04/2021 21:50	02/05/2021 21:31	SOJA	CARGA	CHINA
100	CSSC TAI YUAN	9865908	229	81595	02/05/2021 23:31	05/05/2021 12:45	SOJA	CARGA	CHINA
100	ALAN	9528562	229	81712	08/05/2021 01:00	10/05/2021 16:32	SOJA	CARGA	QINGDAO
100	STAR MARIA	9401489	228,9	82578	17/05/2021 10:00	20/05/2021 23:40	SOJA	CARGA	CHINA
100	ARTEMIS	9335989	224,9	76942	21/05/2021 01:40	22/05/2021 22:12	SOJA	CARGA	CHINA
100	EVANGELISTRIA	9383857	224,9	75844	25/05/2021 14:40	27/05/2021 17:40	SOJA	CARGA	IZMIT
100	APOLLON	9828924	226	82082	27/05/2021 20:04	30/05/2021 04:37	SOJA	CARGA	CHINA
100	SOTKA	9792462	199,9	64043	30/05/2021 06:05	01/06/2021 09:17	SOJA	CARGA	YAWATA, JAPAN
100	AGIA SOFIA	9706786	229	82046	01/06/2021 11:45	01/06/2021 22:35	SOJA	CARGA	CHINA
100	ASIAN PROMINENCE	9725017	199,9	62466	02/06/2021 00:19	03/06/2021 20:40	SOJA	CARGA	ISKENDERUN
100	DONA BIBI	9600619	229	81966	03/06/2021 21:37	05/06/2021 22:25	SOJA	CARGA	CHINA
100	YUN LONG FENG	9523201	225	75393	12/06/2021 03:57	14/06/2021 07:02	SOJA	CARGA	CARTAGENA
100	PICTOR	9254563	224,9	76598	14/06/2021 09:17	15/06/2021 17:15	SOJA	CARGA	CHINA
100	ARIS T	9343895	229,5	92524	15/06/2021 18:15	18/06/2021 07:11	SOJA	CARGA	CHINA
100	PIONEER ETERNITY	9880489	229	80917	18/06/2021 08:38	21/06/2021 01:26	SOJA	CARGA	QINGDAO
100	RI GUAN FENG	9523146	225	75566	21/06/2021 03:42	23/06/2021 16:00	SOJA	CARGA	CARTAGENA

Fonte: Emap. ouvidoria@emap.ma.gov.br.