

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E GEOTECNIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM LOGÍSTICA ESTRATÉGICA E
SISTEMAS DE TRANSPORTE**

SIMULAÇÃO DE UM TERMINAL PORTUÁRIO DE GRÃOS

Monografia

Fernanda Quadros Carneiro

Belo Horizonte, 2014

Fernanda Quadros Carneiro

SIMULAÇÃO DE UM TERMINAL PORTUÁRIO DE GRÃOS

Trabalho apresentado ao Curso de Especialização em Logística Estratégica e Sistemas de Transporte, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do Título de Especialista em Logística Estratégica e Sistemas de Transporte.

Orientador: Renata Lúcia Magalhães de Oliveira

Belo Horizonte, 2014

(SIMULAÇÃO DE UM TERMINAL PORTUÁRIO DE GRÃOS)

(Fernanda Quadros Carneiro)

Este trabalho foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de Especialista em Logística Estratégica e Sistemas de Transporte e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora.

BANCA EXAMINADORA

Profa. MSc. Renata Lúcia Magalhães de Oliveira
Orientador

Profa. Dra. Leise Kelli de Oliveira
Avaliador

C289s

Carneiro, Fernanda Quadros.
Simulação de um terminal portuário de grãos [manuscrito] / Fernanda
Quadros Carneiro – 2014.
30 f., enc.: il.

Orientadora: Renata Lúcia Magalhães de Oliveira.

Trabalho apresentado ao Curso de Especialização em Logística
Estratégica e Sistema de Transporte, da Escola de Engenharia da
Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à
obtenção do Título de Especialista em Logística Estratégica e Sistemas
de Transporte.

Bibliografia: f. 29-30.

1. Logística empresarial. 2. Portos. I. Oliveira, Renata Lúcia
Magalhães de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de
Engenharia. III. Título.

CDU: 658.7

RESUMO

Os problemas logísticos enfrentados hoje no Brasil afetam consideravelmente a competitividade das exportações brasileiras, principalmente para produtos com baixo valor agregado, como é o caso da soja em grão. As dificuldades no escoamento, juntamente com as deficiências na capacidade de armazenagem, representam alguns dos principais gargalos do agronegócio brasileiro, sendo esse um dos motivos pelos quais é tão importante estudar o sistema logístico desse ramo. O presente trabalho tem como objetivo apresentar a simulação de um terminal portuário de grãos de forma a avaliar alguns elementos do desempenho operacional e identificar possíveis gargalos que possam afetar o sistema operacional. Além do estudo exploratório, caracterizado por um estudo de caso, é estruturada também uma abordagem metodológica para o estudo que envolve as principais características da operação portuária de grãos. Os resultados apresentados nesse trabalho mostram a importância da simulação como ferramenta para planejamento de investimentos e na busca de melhorias operacionais. O aumento de produtividade de descarga associado a uma maior produtividade de carregamento no píer é essencial para diminuir filas e melhorar o desempenho do terminal.

Palavras-chave: simulação, operação portuária.

ABSTRACT

Logistical problems faced today in Brazil considerably affect the competitiveness of Brazilian exports, especially for products with low added value, such as soy beans. Difficulties in product flow, along with deficiencies in storage capacity, represent one of the main bottlenecks of Brazilian agribusiness, and this are some of the reasons why it is so important to study the logistics system in that branch. This work aims to present a simulation of a port grain terminal in order to evaluate some elements of operational performance and identify potential bottlenecks that could affect the operating system. In addition to the exploratory study a methodological approach is also structured, involving the main characteristics of the port operation grains. The results presented in this study show the importance of simulation as a tool for planning and investment in the search for operational improvements. The productivity increase of the discharge associated with an increased productivity in the pier is essential to reduce queues and improve performance of the terminal.

Keywords: simulation, port operation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação das Cargas Marítimas	6
Figura 2 - Sistema Porto (Botter, 1985 <i>apud</i> Pereira, 2011).....	11
Figura 3 - Correia Transportadora (ARAUJO, 2011).....	12
Figura 4 - Exemplo Carregador de Navios – Shiploaders (PEREIRA, 2011)	13
Figura 5 - Mudança de direção – chutes (ARAUJO, 2011).....	13
Figura 6 - Modelo de Silo utilizado no armazenamento de produtos agrícolas (PEREIRA, 2011)	14
Figura 7 - Metodologia de Simulação (Chwif, 1999).....	18
Figura 8 - Recebimento de Carga no Terminal	20
Figura 9 - Expedição de Carga do Terminal	21
Figura 10 - Intervalo entre chegadas (trem)	22
Figura 11 - Produtividade (ton/h) do trem	23
Figura 12 - Intervalo entre chegadas (navios)	24
Figura 13 - Produtividade (ton/h) navio.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise de Sensibilidade.....	27
--	----

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	i
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVO GERAL.....	1
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
1.3 JUSTIFICATIVA.....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 OPERAÇÃO PORTUÁRIA	5
2.2 TERMINAIS DE GRANÉIS SÓLIDOS	9
2.3 ASPECTOS DA MOVIMENTAÇÃO DE GRÃOS	12
2.4 ARMAZENAGEM	14
2.5 DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE.....	15
2.6 SIMULAÇÃO.....	16
3. MODELAGEM E SIMULAÇÃO DA OPERAÇÃO PORTUÁRIA.....	18
3.1. RECEBIMENTO DE CARGA NO TERMINAL.....	19
3.2. EXPEDIÇÃO DE CARGA NO TERMINAL	20
4. ANÁLISE DE DESEMPENHO DO TERMINAL.....	26
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1. INTRODUÇÃO

O atual trabalho descreve e discute a eficiência de um terminal portuário na cadeia logística da movimentação de grãos por meio da simulação de eventos discretos. A eficiência dos terminais portuários é essencial e a simulação é uma ferramenta importante nesse processo e que possibilita a mensuração de indicadores de desempenho e a identificação de possíveis gargalos operacionais. Neste trabalho é mostrado um estudo de caso de um terminal portuário em operação. Os indicadores operacionais foram obtidos em campo e a simulação realizada no ambiente computacional do software Arena.

1.1 OBJETIVO GERAL

Realizar um estudo exploratório de modelagem da operação de um terminal portuário de grãos, visando mensurar alguns elementos do desempenho operacional e identificar possíveis gargalos que possam afetar o sistema operacional.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos do presente trabalho, tem-se:

- Estruturar o modelo conceitual do terminal de grãos
- Realizar o levantamento das variáveis de entrada do modelo a ser construído e suas respectivas estatísticas
- Modelar o terminal em ambiente computacional. Validar o modelo com dados históricos.
- Simular o terminal e analisar os indicadores de desempenho, identificando possíveis gargalos operacionais.

1.3 JUSTIFICATIVA

Segundo o artigo do Canal Rural publicado em 31/01/14, o escoamento da safra de grãos 2013/2014 deve enfrentar os mesmos problemas de logística vivenciados no ano passado. Sem mudanças na estrutura de escoamento disponível, os ajustes na escala de compras dos importadores e medidas de gestão nos portos devem aliviar o problema, mas não o suficiente para não se ver as tradicionais cenas de demoras nos embarques, atrasos e filas de caminhões e navios. (CANAL RURAL, 2014)

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2008), o Brasil apresenta vantagens territoriais, climáticas e tecnológicas no processo produtivo da soja em relação a um contexto mundial. Porém enfrenta diversos problemas de perdas principalmente pela logística de transporte (rodovias, ferrovias, hidrovias e portos). O modo rodoviário deveria atuar nas extremidades da cadeia logística, levando os produtos aos terminais ferroviários e/ou hidrovários, que respondem por apenas 28% e 5%, respectivamente, do total da soja transportada no país. Paralelamente, os EUA transportam 61% da sua produção por hidrovias e apenas 23% é transportada por rodovias. Diante dos problemas estruturais do Brasil, o custo de escoamento da produção interna é, em média, 83% e 94% superior, respectivamente, ao dos Estados Unidos e da Argentina.

Outro problema relacionado ao escoamento interno da produção de soja é a concentração do seu escoamento logo após a colheita, acarretando congestionamentos nas estradas e nos terminais exportadores. A necessidade de escoar o produto rapidamente deve-se à falta de armazenamento nas propriedades ou próximo aos locais de produção.

Além disso, as deficiências na estrutura portuária brasileira geram significativos custos de transporte que fazem com que a safra brasileira seja embarcada com destino no mercado consumido com custo muito elevado.

Segundo ILOS (2004) uma característica importante do processo de escoamento da soja é a sazonalidade existente devido ao período de safra. No Brasil, o plantio é feito no final do ano e a colheita no primeiro semestre. Tendo em vista que a colheita dos EUA ocorre no segundo semestre, a exportação brasileira deve ocorrer no primeiro semestre, e o escoamento

acaba concentrando-se neste período. Pensar em armazenar a soja para diluir o escoamento ao longo de todo o ano aparentemente não é bom negócio. A concentração então acaba gerando picos de necessidade na estrutura logística do país, que devem ser comportados pelos portos, rodovias e ferrovias.

Ainda segundo ILOS (2004) os modos tipicamente mais eficientes para escoamento de produtos com as características da soja produzida no Brasil (grandes volumes, longas distâncias e valor agregado relativamente baixo) certamente são as ferrovias e hidrovias. Tais modos, embora exijam um maior tempo de transporte, têm capacidade bem mais elevada e, quando disponíveis, podem trazer economia de custos e redução de perdas. O papel do modo rodoviário, por sua vez, seria de atuação nas “pontas”, levando os grãos aos terminais ferroviários ou hidroviários.

Mas não é apenas infraestrutura que o país precisa melhorar no setor ferroviário. Algumas questões também importantes dizem respeito à interação entre as concessionárias ferroviárias e aos tempos de carregamento e descarregamento de vagões nos terminais. Tudo isso leva a um aumento do tempo total de escoamento da safra, atrapalhando a eficiência e a velocidade para realização das exportações.

Por sua vez, a questão dos portos também tem sido bastante discutida no país, pois os portos enfrentam uma série de problemas que prejudicam as exportações e a competitividade brasileira no mercado mundial. Conforme mencionado, a concentração nos períodos de safra exige maior capacidade dos portos, principalmente de Paranaguá, Santos e Rio Grande, por onde passam as maiores quantidades de soja para exportação.

A pouca disponibilidade de armazenagem, a baixa quantidade de píeres, a falta de coordenação entre o que é enviado e o que pode ser recebido pelo porto, além da demora nos procedimentos burocráticos foram algumas das causas que geraram problemas sérios em Paranaguá no escoamento da safra do primeiro semestre de 2004 (ILOS, 2004). As principais consequências foram os grandes congestionamentos, tanto em terra quanto no mar: a fila de caminhões que se formou no porto para descarregamento chegou a mais de 120 km e o tempo de espera de navios foi excessivo, chegando ao ponto de um navio aguardar até 60 dias no porto.

Problemas de calado e falta de dragagem, dificuldades de acesso aos portos tanto por ferrovia quanto por rodovia e as constantes greves de entidades que de alguma forma fazem parte do processo de comércio internacional são também pontos críticos que reduzem a eficiência no escoamento das exportações brasileiras.

Os terminais portuários privativos (de uso exclusivo de uma mesma empresa) não costumam ser tão afetados quanto os de uso não exclusivo. Isto porque um terminal privativo é capaz de gerenciar de forma mais acertada a chegada e saída de caminhões, trens e navios, coordenando melhor os fluxos de produtos.

Mas de forma geral, levantamentos realizados pelo CEL/COPPEAD (2004) com empresas exportadoras indicam que os portos que realizam escoamento de grãos estão praticamente no limite de suas capacidades, e que se as previsões de aumento de safra se concretizarem, podem ocorrer sérios problemas logísticos com o esgotamento das possibilidades de movimentação nos portos.

As melhorias logísticas no país podem aumentar a competitividade internacional brasileira, aumentando a confiabilidade nos tempos de entrega e reduzindo os custos das ineficiências no processo de escoamento. Entretanto, as melhorias necessárias não servirão apenas para reduzir custos, mas para viabilizar o escoamento principalmente de grãos, cujas safras previstas para os próximos anos podem não ter como serem escoadas caso não sejam realizados investimentos.

Todo esse cenário de ineficiência logística corrobora com a necessidade de racionalização das operações. Esse trabalho, portanto, se justifica por buscar maior eficiência operacional na atividade portuária considerando-se a movimentação de grãos, em especial da soja. Trata-se de um estudo de caso, que serve como elemento para ilustrar a necessidade de eficiência logística portuária nesse fluxo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 OPERAÇÃO PORTUÁRIA

Segundo Araujo (2011), operação portuária pode ser definida como o conjunto de todas as operações necessárias para realizar a transferência da mercadoria entre o transporte marítimo e o terrestre e vice-versa.

A operação portuária deve buscar a maior eficiência e eficácia e, desta forma, as instalações e serviços portuários devem ser adequados e otimizados para obter o melhor resultado econômico possível.

A atividade principal está relacionada à movimentação da carga:

- Recepção do navio, manobra, atracação
- Carga/descarga – plano de carga e descarga
- Movimentação da carga, armazenagem, despacho
- Liberação, internalização

Há também operações complementares como:

- Identificação da mercadoria
- Despachos aduaneiros
- Reconhecimento de avarias
- Sistemas de informações

As cargas marítimas podem ser classificadas em: carga geral solta, neogranéis, contêineres, granéis líquidos e granéis sólidos (conforme figura 1).

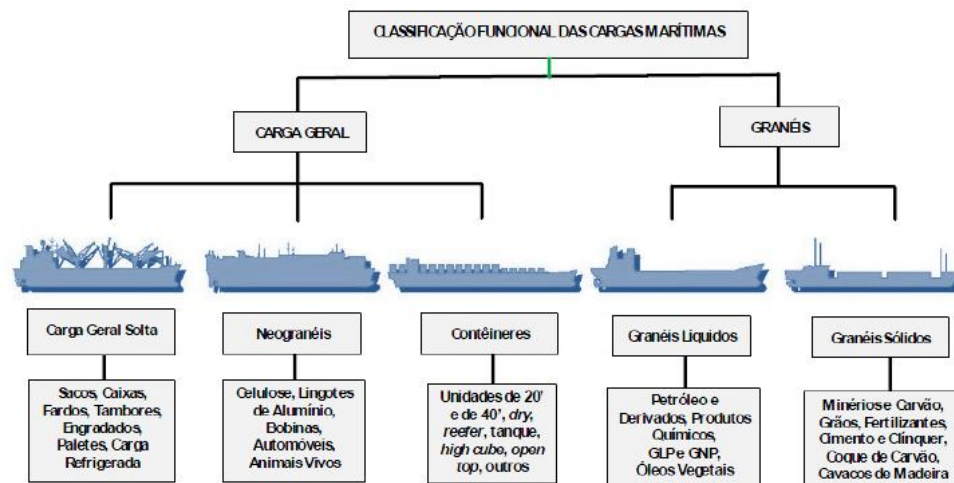


Figura 1 - Classificação das Cargas Marítimas

Fonte: ARAUJO (2011)

Segundo Novaes (2007), o termo carga geral representa qualquer produto que vai embalado ou, no caso de ir solto, que pode ser acomodado junto com outras cargas. Por exemplo, produtos comestíveis enlatados são transportados geralmente em caixas, na forma paletizada ou não, e podem ser estivados (arrumados) nos porões ou cobertas do navio. Barras de aço, por outro lado, não são embaladas em recipientes, mas podem ser estivadas na embarcação junto com outros produtos. Na prática, há produtos que não podem ser estivados próximos, como, por exemplo, produtos alimentícios juntamente com produtos químicos.

Outro tipo de embarcação bastante utilizada é o navio graneleiro, voltado ao transporte de produtos sólidos a granel, como soja, milho, minério de ferro e carvão. Esse tipo de produto, em razão de suas características físicas e de valor unitário, não precisa ser acondicionado em recipientes. Tira-se vantagem dessa condição fazendo o carregamento do produto através da gravidade, o que agiliza e barateia as operações. Isso é feito utilizando-se dutos ou esteiras rolantes, que vão despejando a carga diretamente nos porões, sem necessidade do auxílio de guindastes. Na operação inversa, isto é, na descarga do produto, utilizam-se *grabs* para o caso de minérios, carvão, etc. e dutos sugadores para grãos. Há também os navios petroleiros, voltados a uma série de insumos e produtos a granel, como o óleo bruto e gasolina, álcool, óleo diesel etc. (NOVAES, 2007).

Como é citado por Cutrim (2011), a estrutura portuária é complexa e bastante abrangente, não se limitando aos espaços de chegadas e saídas de navios. A infraestrutura

marítima é compreendida de aparelhamento e estrutura que possibilite a melhor logística, rapidez e segurança para a condução de mercadorias ou pessoas. É necessário espaço para atracação de navios, equipamentos de carga e descarga dos navios, retro-área para armazenamento de produtos, infraestrutura de descarga e carregamento rodoviário e ferroviário, dentre outros.

Segundo Bustamante (2010), na modalidade aquaviária, seus terminais recebem uma primeira classificação segundo o corpo de água em que se situam. Desta forma, tem-se:

1. terminais marítimos: situados em área de mar, podendo ser ao longo da costa, perpendicular à mesma, plataforma afastada com passarela de acesso, em ilha artificial afastada da costa ou em forma de bacia interna, fechada ou aberta;

2. terminais fluviais: construídos nas margens de um rio ou a elas ligados;

3. terminais lacustres: implantados nas margens de um lago ou a elas vinculados.

Já com relação à finalidade, os portos se agrupam nas seguintes categorias:

1. comerciais: podendo ser de passageiros, carga ou mistos;

2. de serviço: como os pesqueiros, os de reparos e os de abastecimento;

3. militares: que são as bases navais e de guardas-costeiras;

4. de lazer: representados principalmente pelas marinas.

Ainda segundo BUSTAMANTE (2010), um porto é formado por distintos componentes, naturais ou construtivos, que se classificam em 4 blocos:

1) anteporto: constituído essencialmente por duas partes:

- canal de acesso;
- fundeadouros;

2) porto propriamente dito, englobando:

- bacia de evolução;
- cais com faixa de atracação e movimentação terrestre;
- estação de serviços (local de atracação de rebocadores, cábreas, pontões de serviço e embarcações de polícia e de bombeiros);

3) retroporto: que por sua vez se subdivide em:

- armazenagem, que pode ser externa ou de pátio, e interna em armazém ou galpões, silos e tancagem;
- acessos terrestres, com os diferentes modos que se conectam;

- instalações auxiliares, como as redes de utilidades, v.g. água potável e industrial, eletricidade em alta e baixa tensão, telecomunicações, incêndio, segurança, manutenção, estiva e capatazia;
- administração, em seus diferentes segmentos como Autoridade Portuária, fazendária (SRF), naval (DPC), policial (PF), trabalhista (DTM) e sanitária (MS e MA); e operadores portuários e OGMO;

4) obras complementares: que compreendem entre outras partes:

- balizamento das rotas, com boias, faroletes, refletores de radar, rádioajudas, etc.;
- quebra-mares, para proteção contra o impacto das ondas;
- marégrafos, para registro da amplitude das marés ao longo dos anos, de forma a facilitar sua previsão.

No que tange à concepção do projeto de engenharia, os tipos principais de portos marítimos são:

- 1) ao longo da costa, podendo ser paralelos à mesma (os cais tradicionais), ou perpendiculares ("*piers*"), em ambos os casos com ou sem proteção contra ondas;
- 2) no mar ("offshore"), que se subdividem nos subtipos plataforma fixa, passarela e de pontão ou flutuante;
- 3) no interior da costa ("*inshore*"), cujo acesso ao mar pode ser por canal livre ou por eclusa;
- 4) ilhas artificiais, com transferência à costa por alvarengas ou chatas;
- 5) duques d'Alba ou "*dolphins*", estruturais pontuais de atracação, no mar, usadas por vezes para transferência a embarcações menores, para carga ou descarga;
- 6) bóias fixas ou monobóias, para carga ou descarga de graneis líquidos, através de bombeamento por tubulações;
- 7) fundeadouros operacionais, onde o navio ancora na espera de transbordo, e então executa carga ou descarga por transferência a embarcações de menor porte.

A Conferência das Nações Unidas para o Comércio e o Desenvolvimento, conhecida mais por sua sigla em inglês UNCTAD, adota uma classificação que vincula o terminal portuário com o seu entorno socioeconômico, dividindo-os em 3 grupos, a saber:

- 1) portos de primeira geração - antenados apenas na execução de suas funções básicas de acesso, carga, descarga e estocagem;
- 2) portos de segunda geração - que, ademais se preocupam em gerar em seu entorno usuários comerciais e industriais de suas facilidades, tornando-se um centro portuário regional;
- 3) portos de terceira geração - empenhados em se entrosar estreitamente com seu *hinterland*, visando tornar-se o motor de seu desenvolvimento e um centro de serviços logísticos para a comunidade envolvida.

Desde a chegada da embarcação ao acesso portuário até sua saída do mesmo, se processam geralmente as seguintes operações:

- recepção do aviso de chegada do navio por comunicação via rádio à administração do porto;
- execução da praticagem, com envio do práctico ao navio, seguido da condução da embarcação ao interior do porto, com ou sem rebocagem;
- inspeção pelos representantes dos órgãos de controle do cumprimento das exigências legais por parte do navio;
- manobra de aproximação na bacia de evolução; atracação ao berço designado;
- preparação da operação de carga ou descarga;
- operação de movimentação da carga;
- preparação para o zarpe;
- liberação do navio para o zarpe pela Capitania;
- desatracação;
- praticagem e rebocagem, se necessária, para saída do porto.

2.2 TERMINAIS DE GRANÉIS SÓLIDOS

Conforme colocado por Pereira (2011), a função de um terminal de cargas é ser um elo integrador da cadeia logística para recepção, armazenamento e despacho de cargas. As atividades ou serviços prestados dentro de um terminal podem também variar de acordo com as necessidades de cada cliente. A produtividade de um terminal portuário, por exemplo, é medida por vários aspectos:

- a) Velocidade de operação de carga e descarga de navios;
- b) Condições físicas e geográficas tais como profundidade, ondas, variação de maré e corrente;
- c) Localização em função dos centros consumidores e fornecedores de carga;
- d) Intermodalidade (rodoviário, ferroviário e aquaviário);
- e) Segurança e confiabilidade das operações;
- f) Taxa de ocupação do berço e filas;

Mais especificamente, o porto deve ser visto como um grande sistema composto de diversos outros subsistemas que interagem entre si, representados pela Figura 4. Ainda segundo Pereira (2011), os elementos deste sistema são detalhados a seguir.

- A. Chegada: o elo de ligação entre a carga e o porto. A chegada pode ser terrestre, ferroviária e marítima dependendo da origem da carga (importação e exportação).
- B. Transferência da carga e armazenamento: o processo de transferência consiste em retirar a carga do veículo e transferir para um local de armazenamento, que pode ser pátio, armazém, silo etc. Isso independe da operação, ou seja, cabe tanto para importação quanto para exportação.
- C. Embarque: o processo de embarque consiste em retirar o produto alocado no pátio de armazenamento e transferi-lo para o navio na exportação ou para outro veículo de carga na importação.

Na Figura 2 é apresentado o Sistema Porto, constando as principais operações que ocorrem para atendimento dos navios e movimentação da carga no terminal.

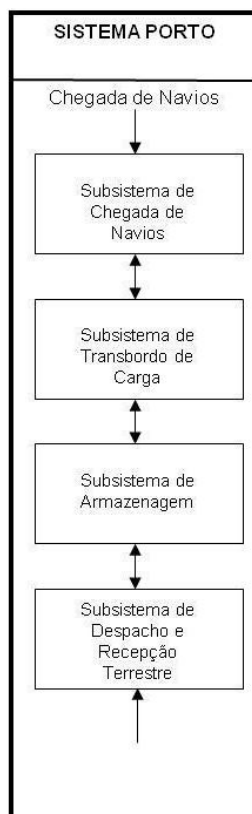


Figura 2 - Sistema Porto (Botter, 1985 *apud* Pereira, 2011)

De acordo com Araujo (2011), a principal característica determinante de um terminal de grânéis sólidos é a inexistência de embalagem associada à possibilidade de manuseio mecanizado. Dividem-se em três grandes grupos principais:

- Grãos agrícolas
- Carvão e minérios
- outros

Por serem mercadorias de baixo valor agregado, exigem baixos custos de transporte e manuseio, o que reflete em duas características operacionais: terminais especializados de alto desempenho e grandes navios destinados a percursos longos. Tem como características gerais:

- Não necessitam ter sua localização próximas a grandes centros comerciais e urbanos
- Requerem grandes áreas de estocagem para os grânéis
- Os berços devem ter profundidades mínimas de 15 metros para os navios graneleiros devido ao grande porte das embarcações
- A movimentação da carga é feita exclusivamente por equipamentos mecanizados

2.3 ASPECTOS DA MOVIMENTAÇÃO DE GRÃOS

Araujo (2011) destaca que é comum a utilização de diversos modos para o transporte, sendo a combinação rodoviária, barcaças e navios de longo curso a mais utilizada. No transbordo entre o transporte rodoviário e os terminais de barcaças e navios, são utilizados os tombadores de carretas para as moegas que levam aos silos de estocagem para posterior embarque. Na recepção ferroviária, em geral, são empregados vagões de descarga lateral ou pelo fundo.

Nos terminais, os grãos e farelos são estocados em armazéns ou em silos metálicos ou de concreto. O transporte do armazém ao carregador de navios (CN) é feito em transportadores de correias (Figura 3), o que resulta em uma operação completamente mecanizada.

Ainda segundo Araujo (2011) operações de embarque de soja se iniciam com a recepção dos caminhões/carretas descarregados em tombadores, com o produto levado aos armazéns de trânsito. Na chegada do navio, a recuperação é feita com a utilização de pás mecânicas levando os grãos ou farelos para transportadores de correias (esteiras) até o carregador de navios (CNs) – shiploader (Figura 4) - situado sobre o píer de acostagem.



Figura 3 - Correia Transportadora (ARAUJO, 2011)



Figura 4 - Exemplo Carregador de Navios – Shiploaders (PEREIRA, 2011)

Normalmente no percurso de correias com grandes extensões, é necessário se proceder a mudança de direção do granel que está sendo transportado, o que se faz através de estruturas de transferência de direção, também denominadas de *chutes* (que em inglês significa “queda”). Os *chutes* têm o formato de um funil, com a função básica de transferência do granel entre correias transportadoras, entre empilhadeiras e correias e vice-versa, conforme figura 5.



Figura 5 - Mudança de direção – chutes (ARAUJO, 2011)

2.4 ARMAZENAGEM

De acordo com Bowersox *et al*, 2001 as vantagens da armazenagem estratégica são de natureza econômica e de serviço. Do ponto de vista conceitual, nenhum depósito deve fazer parte de sistemas logísticos, a menos que a inclusão se justifique plenamente por meio de análise de custo-benefício. Um dos locais mais utilizados na cadeia logística para armazenagem de grãos são os silos, estrutura mostrada na Figura 6.

As vantagens econômicas relativas à armazenagem advêm da redução direta de custos logísticos, em função da quantidade de instalações. Não é difícil quantificar o retorno do investimento do ponto de vista econômico, porque ele é evidenciado por meio da análise de *trade-off* entre custos logísticos. Quando, por exemplo, a adição de um depósito a um sistema logístico reduz o custo de transporte num valor maior que os custos fixos e variáveis do depósito, isso significa que haverá redução do custo total. Sempre que houver possibilidade de redução de custo total, o depósito justifica-se economicamente. (BOWERSOX *et al*, 2001)



Figura 6 - Modelo de Silo utilizado no armazenamento de produtos agrícolas (PEREIRA, 2011)

2.5 DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE

A maximização da capacidade portuária é discutida a partir de duas variáveis: capacidade do terminal, em termos de movimentação de cargas, e número de berços de atracação. Os principais fatores que afetam a capacidade de movimentação de cargas de um dado porto são os seguintes:

- O número de berços existentes
- A capacidade de transferência de carga do navio para o cais e vice-versa
- A capacidade de transferência de carga de e para o porto, através dos acessos terrestres e aquaviários
- As capacidades de armazenagem e de movimentação de cargas armazenadas dentro do porto.

Para Slack (2010), a definição da capacidade de uma operação é “o máximo nível de atividade de valor adicionado em determinado período de tempo”, que o processo pode realizar sob condições normais de operação.

Grande parte das organizações tem sua operação funcionando abaixo da sua capacidade por motivos externos de mercado relacionado à demanda. Porém há também, àquelas organizações que funcionam no limite da sua capacidade operacional, trabalhando na sua capacidade máxima devido a restrições em alguma parte da operação.

É bastante importante diferenciar a capacidade de projeto de uma operação da sua capacidade efetiva. Quando uma operação é montada, os projetistas técnicos calculam qual seria a capacidade do sistema funcionando em um determinado cenário, para atender a um volume específico, dessa maneira fornecendo uma capacidade teórica de projeto. Porém há diversos fatores que interferem no cenário projetado, como diferenciação de condições de operação para produtos diferentes, realização de manutenção dos equipamentos, interferindo na sua disponibilidade e confiabilidade, dificuldade técnica de programação, dentre outras. A capacidade real depois dessas perdas é a chamada capacidade efetiva de operação. Outros fatores como quebra de equipamentos, problemas de qualidade, acidentes, absenteísmo, dentre outros podem afetar ainda mais o volume de produção. Por isso é acompanhado a

utilização e a eficiência da planta, que são a relação do volume de produção realmente conseguido por uma operação para a capacidade de projeto e para a capacidade efetiva. (SLACK, 2010)

2.6 SIMULAÇÃO

Segundo Prado (2003) ao efetuar certos tipos de estudos de planejamento, é comum se deparar com problemas de dimensionamento ou fluxo cuja solução é aparentemente complexa. O cenário pode ser uma fábrica, o trânsito de uma cidade, um escritório, um porto, uma mineração, etc. Geralmente o interesse está em saber:

- qual a quantidade correta de pessoas e equipamentos (sejam eles máquinas, ferramentas, veículos etc.);
- qual o melhor layout e o melhor roteiro de fluxo dentro do sistema que está sendo analisado.

É desejado que o sistema tenha um funcionamento eficiente ou otimizado. Por otimizado entende-se que terá um custo adequado e usuários satisfeitos com o ambiente ou com o serviço oferecido. Pode-se dizer também que um sistema ou processo adequadamente dimensionado está balanceado, denominando tais estudos de modelagem de sistemas.

Com o surgimento do computador na década de 1950 a modelagem de filas pôde ser analisada pelo ângulo da simulação, em que não mais se usam fórmulas matemáticas, mas apenas tenta-se imitar o funcionamento do sistema real. As linguagens de simulação apareceram na década de 60 e hoje, graças aos microcomputadores, podem ser facilmente usadas. A técnica de simulação visual, cujo uso se iniciou na década de 80, em virtude de sua maior capacidade de comunicação teve uma aceitação surpreendente. Além disso, por ter um menor nível de complexidade, seu uso também cresceu enormemente (PRADO, 2003)

Através dessa técnica, procura-se replicar em um computador a sequência de eventos hipotéticos do sistema estudado, ao longo do tempo, tratando-se as entidades que percorrem o modelo de forma agregada ou individualizada. Os modelos de simulação, por suas

características de aleatoriedade, incorporam a variabilidade da demanda ao longo do tempo, o que lhes confere um maior poder de representatividade. Tais programas têm sido utilizados na formulação e validação de expressões analíticas aproximadas, na representação estocástica de situações complexas. Sua grande versatilidade permite que se detalhe o modelo o quanto se queira. A criação de um modelo de simulação, geralmente, envolve um esforço relativamente grande, porém, quando desenvolvido, permite representar muitas situações alternativas de projeto em pouco tempo e a baixo custo (PORTUGAL, 2005).

Objetivos gerais da simulação matemática de sistemas:

- Proporcionar adequado entendimento da situação operacional de um dado sistema;
- desenvolver políticas operacionais para melhorar a performance de um dado sistema;
- testar novas situações antes de suas implementações efetivas;
- estudar novas situações sem afetar sua operação atual.

Principais vantagens da simulação matemática de sistemas:

- experimentação em curto espaço de tempo;
- análise de processos demorados em apenas alguns minutos;
- consideração de um grande número de variáveis nos processos;
- fácil demonstração dos resultados dos modelos através de representação gráfica.

Principais desvantagens da simulação matemática de sistemas:

- dependência da boa qualidade dos dados;
- um bom modelo de simulação dá bons resultados desde que os dados de entrada representem com fidelidade as variáveis que se deseja simular;
- a simulação não conduz a resultados simples para problemas complexos;
- se o sistema a ser analisado possuir grande número de componentes e variáveis, a melhor alternativa é dividir o sistema em subsistemas que possam ser tratados separadamente;
- a simulação não garante por si só a resolução de problemas;
- ela não fornece ao tomador de decisões possíveis soluções para o problema estudado, tratando-se, portanto, de apenas mais uma ferramenta de suporte no processo decisório.

Na Figura 7 é mostrada a adequada elaboração do sistema a ser modelado:

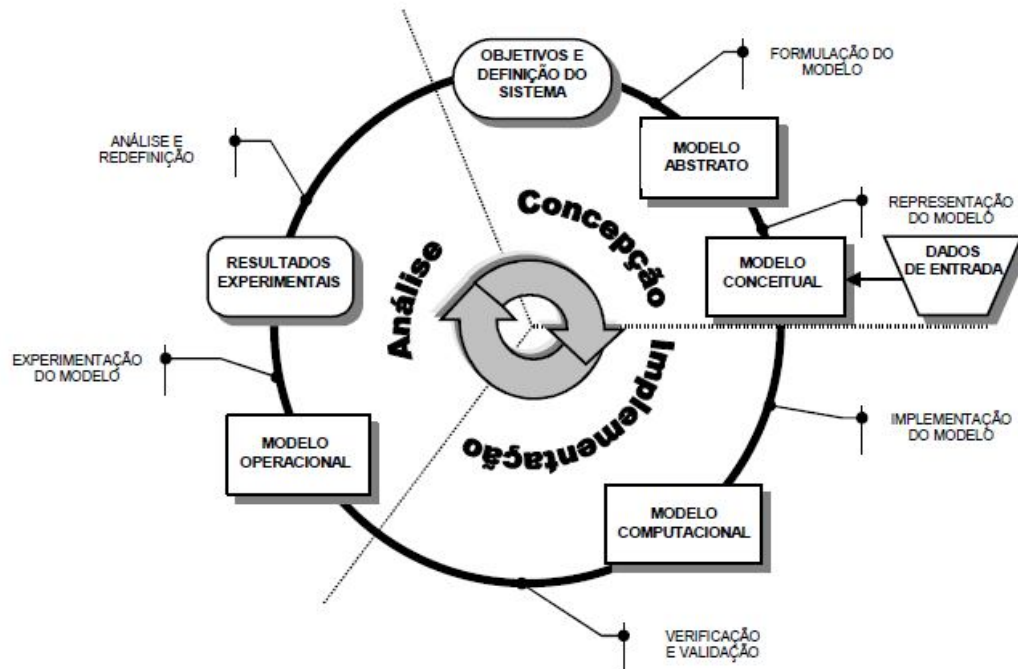


Figura 7 - Metodologia de Simulação (Chwif, 1999)

A simulação matemática e estatística, segundo Bardos (1999) *apud* Ferreira et al (2007) é indispensável quando se reúnem as seguintes características:

- a) O modelo é complexo, com muitas variáveis e seus componentes interagem entre si;
- b) O relacionamento entre as variáveis do problema é não linear;
- c) O problema inclui variáveis aleatórias, como por exemplo, intervalo de chegada de navios, tempo de serviço nos berços de atracação, fluxo de descarga nos terminais portuários (TPs), etc.;
- d) Uma apresentação visual do comportamento do sistema facilita a compreensão dos resultados por parte dos usuários.

3. MODELAGEM E SIMULAÇÃO DA OPERAÇÃO PORTUÁRIA

Para simulação da operação portuária do terminal em estudo foi utilizado o software ARENA e realizada uma pesquisa de campo para coleta de dados que serviram como base para o modelo. A Figura 8 apresenta o processo de recebimento da carga no terminal marítimo. O trem chega e é manobrado e posicionado na moega para descarga. Após descarga, a carga é armazenada em armazéns e silos e há a saída do trem do sistema. Para o modelo de simulação foi considerada a área de armazenagem única, não havendo distinção entre os diferentes armazéns e silos. Dentre os dados levantados para elaboração do modelo de simulação estão:

- (i) tamanho da composição;
- (ii) peso médio de carregamento do vagão;
- (iii) intervalo médio entre chegadas de trem e sua respectiva distribuição de probabilidades;
- (iv) tempos e taxas de operação de recebimento e carregamento
- (v) capacidade de armazenagem.

3.1. RECEBIMENTO DE CARGA NO TERMINAL

As composições dos trens foram consideradas padrões sendo formados por 80 vagões com peso médio de carregamento de 92 toneladas (TU) de soja. A capacidade de armazenamento do terminal de recebimento dos grãos a partir do sistema ferroviário é de 160.000 ton.

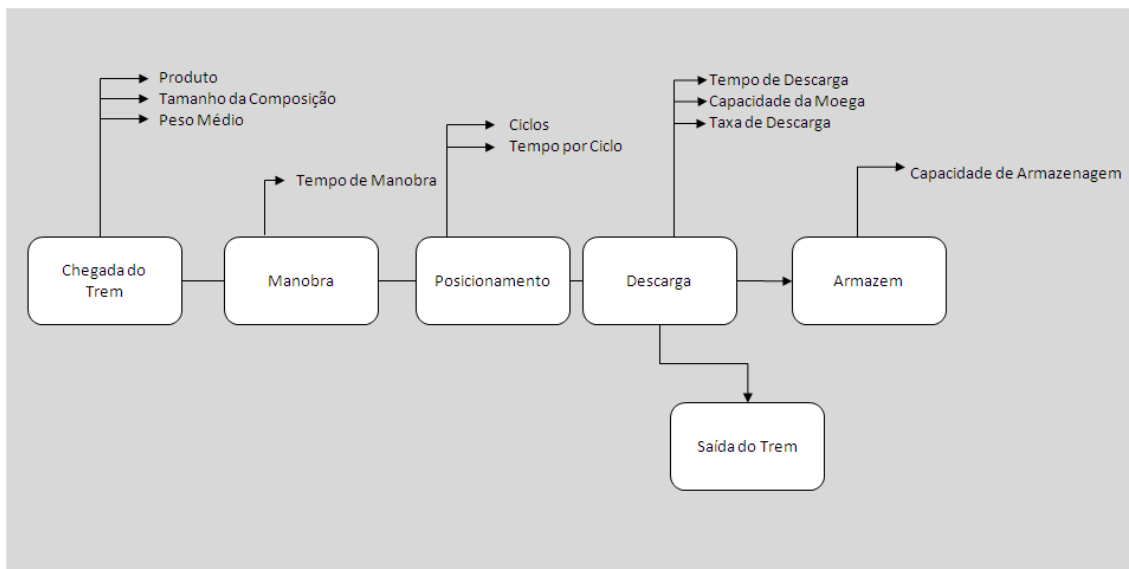


Figura 8 - Recebimento de Carga no Terminal

Fonte: Elaboração Própria

O tempo de permanência do trem no terminal é em torno de 5 horas, sendo considerado nesse tempo, manobra e posicionamento do mesmo. O transporte da soja da moega até o armazém é feito por correias transportadoras.

3.2. EXPEDIÇÃO DE CARGA NO TERMINAL

O processo de expedição da carga inicia a partir da chegada do navio no porto e a verificação da quantidade de produto disponível no estoque. São realizadas atividades como atracação, arqueação, dentre outros procedimentos para carregamento do navio. Após navio carregado, ocorre a desatracação e saída do navio do sistema. Dentre alguns dos dados levantados no processo de expedição da carga estão: intervalo entre chegadas de navios, características do navio (capacidade), tempos e taxas de operação. Na figura 9 é apresentada a sequência simplificada desse processo. Foi considerado apenas um berço de atracação e navios com capacidade de até 90.000 toneladas.

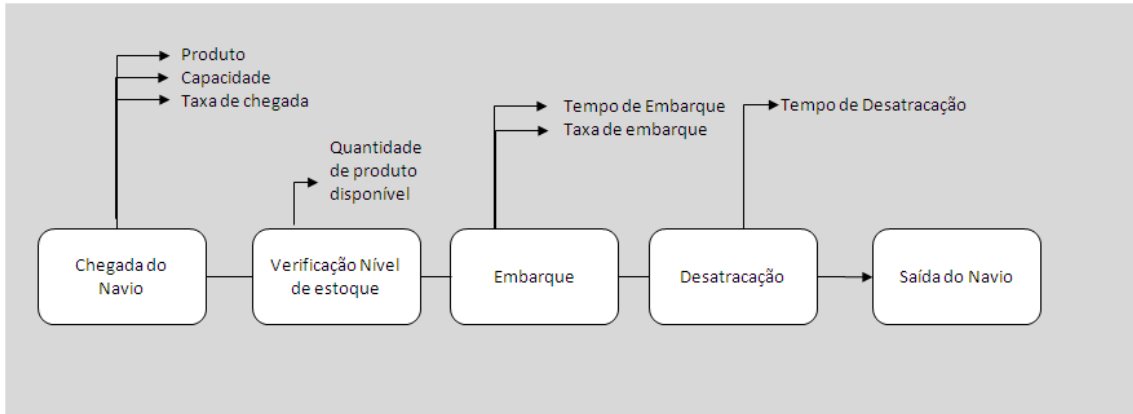


Figura 9 - Expedição de Carga do Terminal

Fonte: Elaboração Própria

Na simulação foi realizada apenas uma replicação de 365 dias, sendo consideradas 24 horas ao dia e sem período de aquecimento (warm-up period). Através dos dados coletados de tempos do sistema foi possível através do Input Analyser chegar às distribuições mostradas nas figuras 10 e 11 (para trens) e 12 e 13 (para navios).

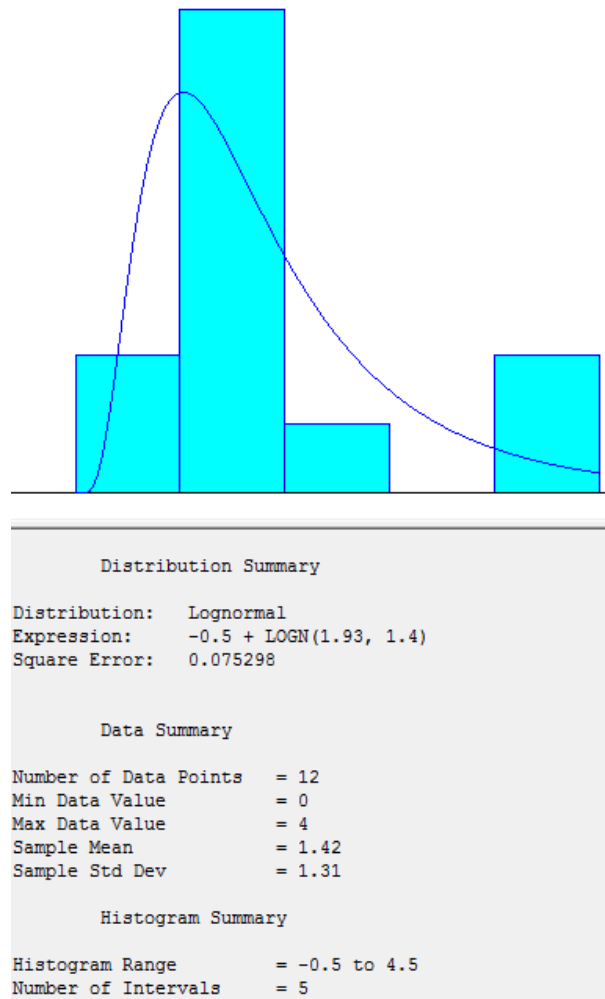


Figura 10 - Intervalo entre chegadas (trem)

A distribuição para o intervalo entre chegadas de trens que melhor se adequou ao modelo foi a lognormal, que tem como parâmetros a expressão $-0.5 + \text{LOGN}(1.93, 1.4)$ e square error de 0.075298.

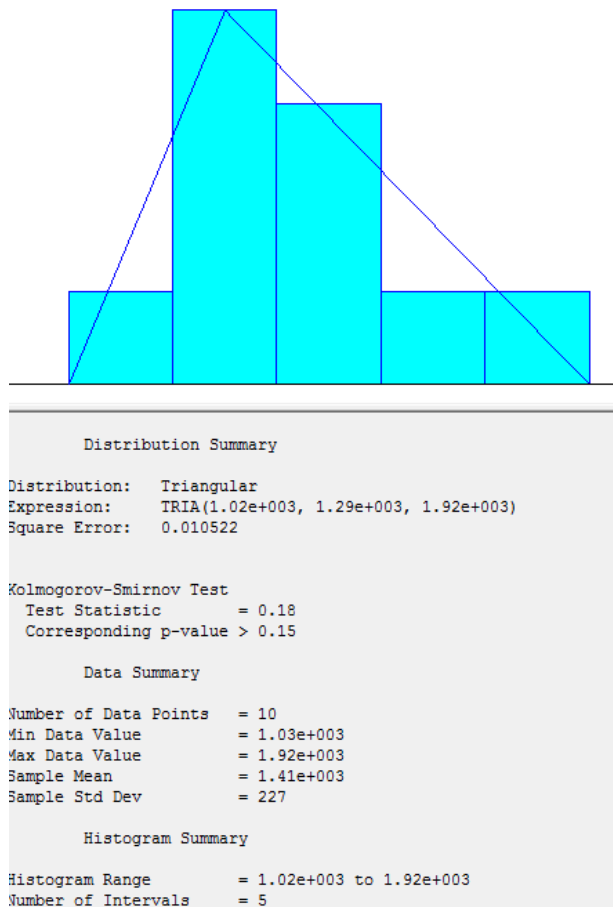


Figura 11 - Produtividade (ton/h) do trem

A distribuição para a taxa de descarga do trem que melhor se adequou ao modelo foi a triangular, que tem como parâmetros a expressão TRIA (1.02e+003, 1.2e+003, 1.92e+003) e com square error de 0.010522.

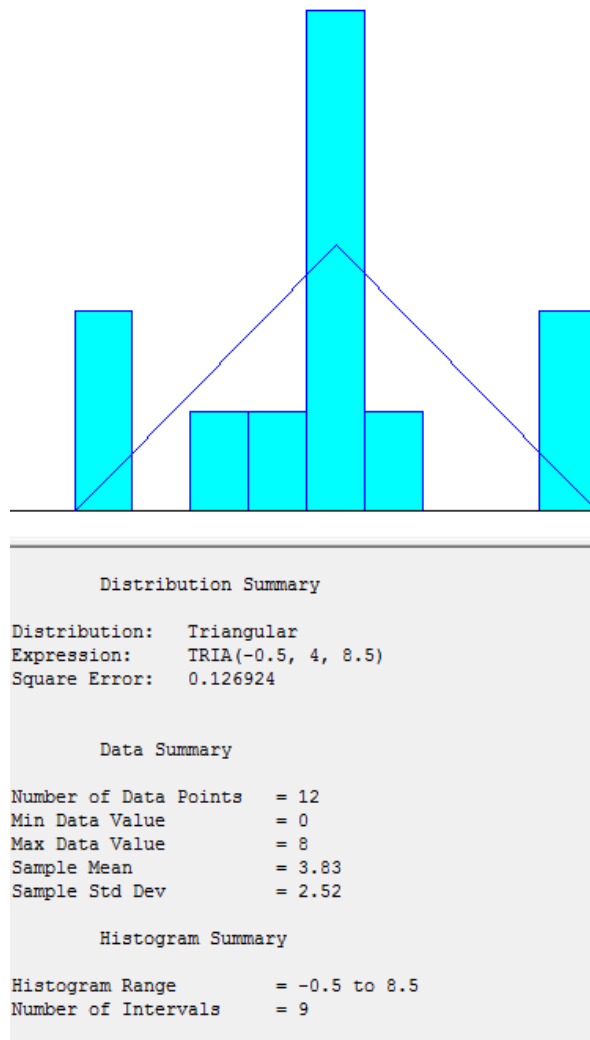


Figura 12 - Intervalo entre chegadas (navios)

A distribuição para o intervalo entre chegadas de navios que melhor se adequou ao modelo foi a triangular, que tem como parâmetros a expressão TRIA (-0.5, 4, 8.5) e com square error de 0.126924.

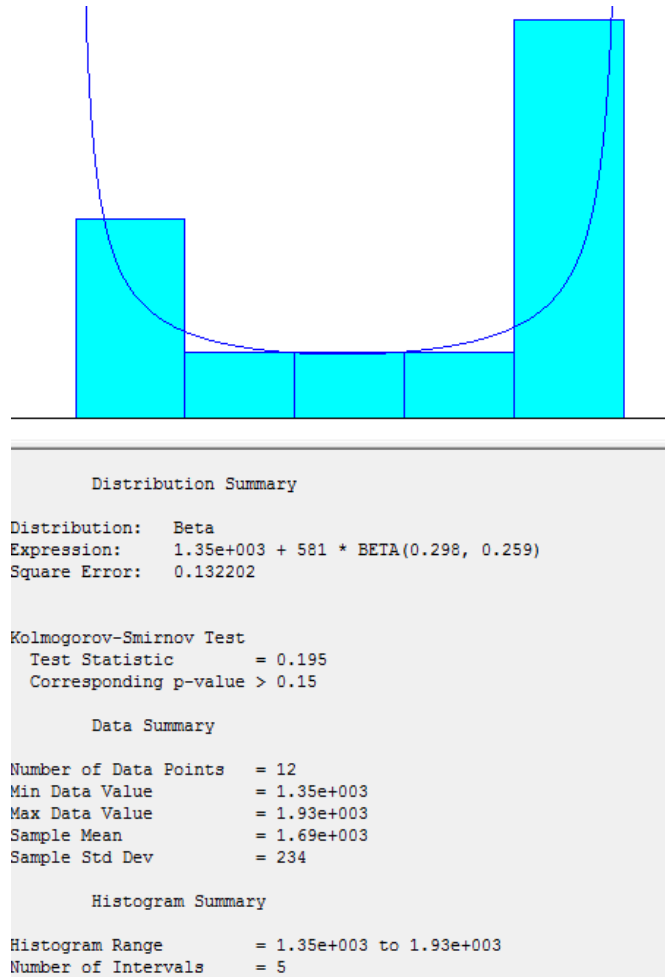


Figura 13 - Produtividade (ton/h) navio

A distribuição para a taxa de carregamento do navio que melhor se adequou ao modelo foi a beta, que tem como parâmetros a expressão $1.35e+003 + 581 * \text{BETA}(0.298, 0.259)$ e com square error de 0.132202.

4. ANÁLISE DE DESEMPENHO DO TERMINAL

O terminal marítimo foi modelado conforme mostrado no Anexo 1 desse trabalho, sendo composto de duas partes, uma terrestre (recebimento de carga) e outra marítima (expedição de carga).

Com os resultados obtidos, após a simulação, pôde-se ver a eficiência do terminal marítimo representado no modelo. No período considerado de simulação foram processados pelo do sistema 60 navios e 467 trens, verificando a ocorrência de filas com tamanho médio de 0,166 e máximo de 3 trens e tamanho médio de 4,0246 e máximo de 10 navios. Foram realizadas análises de sensibilidade com relação ao cenário atual para verificar a influência de cada parâmetro no sistema. Na Tabela 1 está o cenário atual (Cenário 1- As Is) e as alterações realizadas (Cenários 2 a 7). No cenário 2 foi considerado um aumento de produtividade na atividade de carregamento do navio. A taxa de carregamento inicial que era 1600 ton/h passou para 1800 ton/h. Percebe-se que houve uma leve melhoria no tamanho médio da fila de navios e nenhuma influência direta nos outros parâmetros. Pode-se concluir que o aumento da taxa de embarque aumenta a capacidade do sistema, diminuindo nesse caso o tamanho da fila de navios.

No cenário 3 foi testado um aumento da capacidade de armazenagem do sistema, com o intuito de verificar impacto na fila de trens e de navios, passando de 160.000 ton para 320.000 ton, porém não houve nenhuma influência nos resultados. Sendo assim verificado que esse não é um dos gargalos da operação, uma vez que sozinho não altera a capacidade do sistema.

Nos cenários 4 e 5 foram alteradas as taxas médias de chegadas de trens e navios respectivamente. O intervalo entre chegadas de trem passou de 18 horas em média para 12 horas. E o intervalo entre chegadas de navio passou de 6 para 8 dias. Em ambos os cenários pode-se perceber uma redução do tamanho da fila de navios, porém aumentando consideravelmente a fila de trens. Além disso, no cenário 5 há uma redução na capacidade de expedição do sistema.

Já no cenário 6 foi alterado o tempo médio de operação da moega de recebimento da carga no terminal, passando de 08 horas em média para 05 horas, ou seja, aumentando a produtividade da descarga, onde pôde-se perceber um leve aumento do tamanho médio da fila

de trens, porém sem aumentar o tamanho máximo da fila e com uma redução considerável no tamanho da fila média e máxima de navios, devido maior disponibilidade de produto para carregamento.

Pode-se concluir a partir dessa análise que a alteração de apenas um parâmetro no sistema não é suficiente para aumentar a capacidade do terminal como um todo e diminuir as filas de navio e de trem. O aumento de produtividade de descarga (diminuindo o tempo de operação, seja pela melhoria do processo ou pelo aumento do número de moegas e instalações para descarga), associado a uma maior produtividade de carregamento no píer (seja por melhorias nas programações diárias, diminuição de paradas não programadas ou melhorias nas instalações) é a melhor opção para melhorar o desempenho do terminal, devido os gargalos identificados serem as taxas de descarga e carregamento. Por isso foi simulado um sétimo cenário para retratar esses dois parâmetros.

Tabela 1 - Análise de Sensibilidade

Parâmetros	Cenário1 - As-Is:	Cenário2:	Cenário3:	Cenário4:	Cenário5:	Cenário6:	Cenário7 - Proposta:
Chegada trem	18 horas	18 horas	18 horas	12 horas	18 horas	18 horas	18 horas
Estoque	160000 ton	160000 ton	320000 ton	160000 ton	160000 ton	160000 ton	160000 ton
Operação	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	5 horas	5 horas
Chegada Navio	6 dias	6 dias	6 dias	6 dias	8 dias	6 dias	6 dias
Taxa carregamento	1600 ton/h	1800 ton/h	1600 ton/h	1600 ton/h	1600 ton/h	1600 ton/h	1800 ton/h
Nº entidades no sistema	527	527	527	642	415	537	543
Nº Navios entraram no sistema	61	61	61	61	46	61	61
Nº Trens entraram no sistema	468	468	468	721	502	482	482
Nº Navios saíram do sistema	60	60	60	61	46	55	61
Nº Trens saíram do sistema	467	467	467	581	369	482	482
Tamanho médio da fila - trens	0,17	0,17	0,17	57,75	53,93	0,54	0,06
Tamanho médio da fila - navios	4,02	3,88	4,02	0,07	0,13	2,53	0,60
Tamanho da Fila - máximo- trens	3	3	3	140	139	3	3
Tamanho da Fila - máximo- navios	10	10	10	2	2	7	3

No cenário 7 pôde ser percebido melhorias significativas nos tamanhos médios de fila, sendo de 0,06 em média e máximo de 3 trens e 0,60 em média e máximo de 3 navios, sendo esses valores aceitáveis para o terminal em questão. Além disso, houve também aumento de capacidade do terminal, passando de 527 entidades no sistema para 543.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Através da simulação puderam ser analisadas variações no ambiente e seus efeitos em todo o sistema, sendo retratadas interações complexas de maneira simplificada. O modelo elaborado, apesar de não mostrar análises de otimização, pode servir como base para tomadas de decisão se analisadas juntamente com os custos (fixos e variáveis) e investimentos envolvidos. Além disso, tornam-se viáveis análises dos impactos do aumento de produtividade de algum equipamento como também melhorias no processo de programação das atividades de operação.

Por fim é possível sugerir, por meio dos estudos apresentados, que os dois itens que podem estrategicamente colaborar para a redução de filas no processo operacional do terminal seriam as taxas de descarga de trens e carregamento de navios. Assim, conclui-se que o cenário em que há a combinação desses dois fatores é o melhor cenário para um bom funcionamento do terminal. É importante destacar que a proposta apresentada requer melhorias operacionais sendo a análise de *trade-off* custo benefício essencial para tomada de decisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/ Logística empresarial**. Tradução Raul Rubenich 5ª ed. – Porto Alegre: Editora Bookman, 2006.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **Logística Empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Editora Atlas, 2001.

SLACK, Nigel. Stuart CHAMBERS, Christine HARLAND, Alan HARRISON, Robert JOHNSTON. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2010.

NOVAES, Antonio Galvão. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2007.

PRADO, Darci Santos do. **Usando o Arena em Simulação**. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2003.

PORTUGAL, Licínio da Silva. **Simulação de tráfego: conceitos e técnicas de modelagem**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2005.

CHWIF, L. e MEDINA, A. C., **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações**. 2ª Edição. Editora dos Autores: São Paulo, 2007.

Canal Rural, Disponível em: <<http://sojabrasil.ruralbr.com.br/noticia/2014/01/sem-solucoes-prontas-safra-recorde-de-soja-desafia-capacidade-de-escoamento-no-brasil-4406238.html>>. Acesso em: 16 fevereiro 2014.

DALL'AGNOL, Amélio, OLIVEIRA, Arnold Barbosa de, LAZZAROTTO, Joelsio José, HIRAKURI, Marcelo Hirochi. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_15_271020069131.html>. Acesso em: 16 fevereiro 2014.

HIJJAR, Maria Fernanda, 2004. Disponível em: <http://www.ilos.com.br/web/index.php/index.php?option=com_content&task=view&id=731&Itemid=74&lang=br>. Acesso em: 16 fevereiro 2014.

FERREIRA, Marcos Antonio Masnik, JUNIOR, Ricardo Mendes, CARNIERI, Celso. **ANÁLISE DE DESEMPENHO DE SISTEMAS PORTUÁRIOS USANDO SIMULAÇÃO MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA ABEPRO / UFSC**

Florianópolis – SC – Brasil ISSN 1676 - 1901 / Vol. 7/ Num. 3/ Novembro 2007 Revista
Produção Online

Notas de aula do Prof. Msc Sérgio Sampaio Cutrim do curso de Pós-Graduação em Portos
UFMA – Universidade Federal do Maranhão – São Luís/MA - 2011

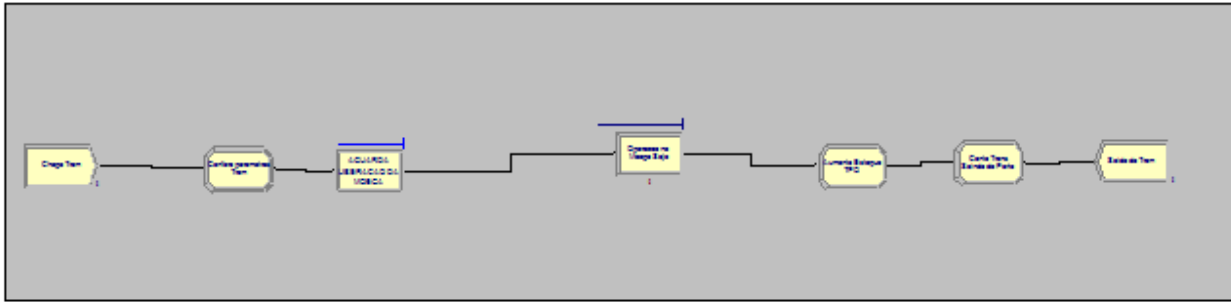
Notas de aula do Prof AFONSO A. M. DE ARAUJO do curso de Pós-Graduação em Portos
UFMA – Universidade Federal do Maranhão – São Luís/MA –

Apostila de aula do Prof. Msc Newton Narciso Pereira do curso de Pós-Graduação em Portos
UFMA – Universidade Federal do Maranhão – São Luís/MA - 2011

BUSTAMANTE, J DE C. (2010) *Terminais de Transporte de Carga*. Universidade Federal
do Espírito Santo. Disponível em:
<<ftp://ftp.cefetes.br/Cursos/Transportes/EduardoCid/Terminais%20de%20Cargas/APOSTILA%20DE%20TERMINAIS/APOSTILA%20TERMINAIS.pdf>>. Acesso em 01/03/2014.

ANEXO I

PARTE I - TERRESTRE



PARTE II - MARÍTIMA

