

PROJETO DE GRADUAÇÃO

Elaboração de um Modelo de Filas para Análise de um Sistema Portuário

Por,

Paula Kalinka Moreira de Freitas

Brasília, 05 de Dezembro de 2017

UNIVERSIDADE DE BRASILIA

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

PROJETO DE GRADUAÇÃO

Elaboração de um Modelo de Filas para Análise de um Sistema Portuário

POR,

Paula Kalinka Moreira de Freitas

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção
do grau de Engenheiro de Produção.

Banca Examinadora

Prof. Ph.D. Reinaldo Crispiniano Garcia (Orientador) _____

Prof. Dr.Sérgio Ronaldo Granemann UnB/ EPR _____

Brasília, 05 de Dezembro de 2017

RESUMO

O presente estudo apresentou entender o comportamento das filas no principal porto brasileiro de escoamento de grãos sólidos vegetais e a relação dessas filas com os tempos envolvidos no sistema portuário. Para isso foram analisados os dados de 2014 fornecidos pela Secretaria de Portos (SEP – Presidência da República) e a partir destes foram realizados modelos conceituais do cenário existente no ano de 2014, foram sugeridas melhorias geográficas e realizado um modelo científico otimizado baseado nas melhorias propostas. Por fim os parâmetros do sistema foram comparados para ambos os modelos justificando um possível investimento na melhoria proposta com enfoque nos tempos de deslocamentos.

ABSTRACT

This study presented an understanding of queue behavior at the main Brazilian port for solid plant bulk disposal, and the relation of these queues with the periods of time associated with the port system. For this purpose, data from the year of 2014 was provided by the Secretariat of Ports (SEP - Presidency of the Republic) was analyzed in order to create conceptual models of the existing scenario. Geographic improvements were suggested and an optimized scientific model was developed based on the suggestions. Finally, the system's parameters were compared for both models, focusing on displacement times, so that the investment in the proposed improvement is justified.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Importância do Porto de Santos na Economia Brasileira	1
1.2 A Soja nas Exportações	2
1.3 Infraestrutura	2
2. CONTEXTO	3
2.1 Logística	3
2.2 Competitividade Externa	5
2.3 Porto de Santos	6
2.4 A Soja no Brasil	9
2.5 Objetivo	10
2.5.1 Geral	10
2.5.2 Específicos	10
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
3.1 Modelo	11
3.3 Teoria de Filas	12
3.4 Matlab	17
4 DESENVOLVIMENTO	18
4.1 Etapas	18
4.1.1 Período Amostral	19
4.1.2 Validação dos Dados	19
4.1.3 Definição da Amostra	21
4.1.4 Identificação dos Parâmetros de Simulação	23
4.1.4.1 Distribuição das Chegadas no Pátio	23
4.1.4.2 Distribuição de Saídas do Pátio	24
4.1.4.3 Distribuição do Tempo de Deslocamento entre o Pátio e o Terminal	24
4.1.4.4 Chegadas nos Terminais	26
5 RESULTADOS.....	27
5.1 Resultados	27
5.1.1 Desempenho do Cenário Atual	29
5.1.2 Modelagem do Cenário Otimizado	31
5.1.3 Análise de Custos	34
6. CONCLUSÕES	39
6.1 Considerações Finais	39
6.2 Recomendações para Trabalhos Futuros	40
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Malha Viária Brasileira. Fonte: OJIMA, 2004.....	4
Figura 2 - Localização dos Pátios Reguladores Fonte: Plano Mestre do Porto de Santos – SEP/PR.....	7
Figura 3- Localização do Terminais Portuários Fonte: Plano Mestre do Porto de Santos – SEP/PR.....	8
Figura 4- Portões de Acesso aos Terminais Fonte: Plano Mestre do Porto de Santos – SEP/PR.....	9
Figura 5- Etapas da Modelagem de Sistemas Fonte: Bertrand e Fransoo, 2002.....	11
Figura 6 - Processo de Filas Fonte: Hillier, 2008.....	12
Figura 7- Diagrama de Fluxo Acumulado Fonte: Adaptado Newell (1982).....	13
Figura 8 - Diagrama de Fluxo Acumulado (2) Fonte: Newell (1982)	14
Figura 9- Diagramas de Chegadas Acumuladas Fonte: Newell (1982).....	15
Figura 10 - Diagramas de Fluxo Acumulado Fonte: Newell (1982).....	16
Figura 11- Etapas do Trabalho Fonte: Próprio Autor	18
Figura 12 - Terminais TERMAG Fonte: Plano Mestre do Porto de Santos – SEP/PR.....	22
Figura 13- Distribuição de Chegadas no Pátio Fonte: Próprio Autor	23
Figura 14 - Distribuição de Saídas do Pátio TEG e TEAG Fonte: Próprio Autor	24
Figura 15- Distribuições de Saída dos Terminais TEG e TEAG Fonte: Próprio Autor.....	26
Figura 16 - Diagrama de Fluxo Acumulado TEG Modelo Conceitual Fonte: Próprio Autor .	28
Figura 17 - Diagrama de Fluxo Acumulado TEAG Modelo Conceitual Fonte: Próprio Autor	28
Figura 18- Terminais TERMAG Fonte: Home Page TERMAG - Adaptado	31
Figura 19- Diagrama de fluxo acumulado otimizado TEG Fonte: Próprio Autor	32
Figura 20- Diagrama de fluxo acumulado otimizado TEAG Fonte: Próprio Autor	32

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Movimentação Portuária em 2014 Fonte: Próprio Autor – Dados do SIG SEP/PR	19
Gráfico 2- Tempo de Deslocamento por Faixa de Tempo Fonte: Próprio Autor – Dados SIG SEP/PR	25
Gráfico 3 - Tempo Médio de Fila em 30 dias TEG – Simulação a partir dos dados Fonte: Próprio Autor.....	29
Gráfico 4 - Tempo Médio de Fila em 30 dias TEAG – Simulação a partir dos dados Fonte: Próprio Autor.....	30
Gráfico 5 - Tempo Médio de Fila em 30 dias TEG Otimizado Fonte: Próprio Autor	33
Gráfico 6 - Tempo Médio de Fila em 30 dias TEAG Otimizado Fonte: Próprio Autor	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Custos Logísticos	4
Quadro 2 - Distribuições do Deslocamento por Faixa de Tempo TEG	25
Quadro 3- Tempos de Deslocamento TEG e TEAG Modelo Atual	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Exportação do Complexo de Soja.....	6
Tabela 2 - Quantidade de Caminhões por Pátio	21
Tabela 3 - Parâmetros dos Cenários TEG	34
Tabela 4 - Principais Estados Produtores de Soja	34
Tabela 5 - Principais Municípios Produtores de Soja	Erro! Indicador não definido.
Tabela 6- Custo Médio por Hora.....	Erro! Indicador não definido.
Tabela 7 – Participação dos Estados na Exportação da soja pelo Porto de Santos	36
Tabela 8 – Custos Para o Cenário Atual TEG.....	37
Tabela 9 - Custos do Cenário Otimizado TEG e TEAG	38

LISTA DE SÍMBOLOS

Siglas

ANTAQ Agência Nacional de Transportes Aquaviários

GCI Global Competitiveness Index

CODESP Companhia Docas do Estado de São Paulo

L Número médio de clientes presentes no Sistema de filas

LPI Logistics Performance Index

Lq Número médio de clientes esperando na fila

PIL Programa de Investimento em Logística

SEP Secretaria de Portos da Presidência da República

TEG Terminal Exportador do Guarujá

Q Tempo médio de permanência no Sistema de filas

Q(s) Tempo médio de permanência na fila

1 INTRODUÇÃO

1.1 Importância do Porto de Santos na Economia Brasileira

Granato (2005) descreve o porto como um sistema que consiste em um conjunto de estruturas portuárias (galpões, píeres, atracadouros, navios etc.) e seu funcionamento acontece através da relação entre os processos de: carga/descarga, dragagem, transporte de cargas, depósitos, aspectos relacionados com a segurança do trabalhador, estrutura gerencial, entre outros. Um sistema portuário corresponde a uma área, onde múltiplos agentes operacionais e produtos de natureza variada repartem um mesmo espaço geográfico, com responsabilidades distintas e interligadas.

As operações portuárias envolvem diversas etapas como: carga e descarga de produtos a granel, contêineres que alimentam um parque industrial, combustíveis, entre outros. Muitos gestores dos portos modernos estão conscientes de que, além de manobrar navios e cargas, eles desenvolvem oportunidades de serviços complementares, diversificando suas atividades para atrair novos clientes.

O Porto de Santos desempenha papel fundamental para a economia regional e nacional principalmente pelo fato de ter a liderança em diversos tipos de mercadorias e a capacidade de seus terminais conseguirem movimentar esses variados tipos de cargas. O porto representa grande influência para os estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Distrito Federal, e estes formam a hinterlândia primária do Porto de Santos. Estes estados juntos representam 67% do PIB brasileiro e 56% da Balança Comercial Brasileira, em valores (CODESP, 2017).

Em 2016, 67,96 milhões de toneladas de cargas de importação, exportação e transporte passaram pelo Porto de Santos, um valor expressivo ainda que, segundo dados da Companhia de Docas de São Paulo (CODESP), esteja abaixo do observado em anos anteriores. Isso fez com que, no primeiro semestre deste mesmo ano, houvesse um superávit de US\$ 23,6 bilhões na Balança Comercial Brasileira, um resultado dez vezes maior do que no mesmo período do ano anterior. Os produtos que favoreceram esta receita foram: soja em grãos, açúcar, celulose e carne bovina.

O crescimento das exportações de commodities deve-se, principalmente, pelo aumento da sua valorização. Um dos principais consumidores é a China que historicamente impulsionou a exportação de diversos países devido ao boom das commodities.

1.2 A Soja nas Exportações

No ano de 2014, a soja em grãos liderou a pauta exportadora brasileira com a receita cambial de US\$ 19,3 bilhões até julho, representando 14,4% do total de exportações do Brasil, segundo dados da Federação de Agricultura e Pecuária de Minas Gerais (FAEMG). Neste mesmo ano, a exportação de soja foi responsável por um quarto da participação na Balança Comercial Brasileira, em valores, atingindo uma participação de 25,6%.

Além disso, a soja vem mantendo sua liderança dentre os cinco principais setores do agronegócio com uma participação de 52,5% seguido de carne com 12,4%, produtos florestais, complexo sucroalcooleiro e café. A exportação do complexo de soja cresceu 12,6% em relação a abril de 2016, segundo a nota mensal de abril de 2017 liberada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA).

1.3 Infraestrutura

Um dos principais problemas nos dez maiores portos brasileiros é a dificuldade de acesso aos terminais. Essa dificuldade resulta em demora nas entregas, consequentemente aumentando os preços e os prejuízos para as empresas envolvidas. Além disso, são observados atrasos fora do próprio porto, ocasionando congestionamentos nas rodovias que levam aos portos. A falta de vagas nos pátios, planos de movimentação que não são eficientes e entraves burocráticos são alguns fatores que contribuem para o transtorno no trânsito.

Diante dos problemas decorrentes do aumento da movimentação portuária no Brasil, principalmente no período das safras agrícolas, novas formas de gerenciar e otimizar o fluxo de caminhões que acessam o porto tornam-se imprescindíveis, tendo em vista que a exportação tem grande representação no PIB brasileiro e os problemas que os portos vêm enfrentando. Assim foi regulamentada a nova Lei dos Portos, Lei 12.815 aprovada em 2013. Esta lei que regula a exploração pela União, direta ou indiretamente, dos portos e instalações portuárias e as atividades desempenhadas pelos operadores portuários com o objetivo de aumentar a competitividade e o desenvolvimento do país, seguindo as seguintes diretrizes: expansão, modernização, e otimização da infraestrutura e da superestrutura que integram os portos (PLANALTO,2013).

O presente estudo leva em consideração a necessidade de aprimoramento da infraestrutura do Porto de Santos, principalmente com relação ao acesso dos terminais que são maiores geradores de filas.

2. CONTEXTO

2.1 Logística

A logística atua na gestão da movimentação de mercadorias envolvendo o processamento de pedidos, estoques, transporte e armazenamento, manuseio e o destino final das mercadorias. Isso ocorre desde o ponto de origem da matéria-prima até o ponto de consumo dentro de uma determinada cadeia produtiva. Um de seus principais objetivos é apoiar as necessidades operacionais (BOWERSOX, CLOSS; COOPER, 2006)

O arranjo dos diferentes componentes logísticos como estrutura de instalações, processamento de pedidos, transporte, entre outros, são partes das decisões estratégicas da logística, onde vários *trade-offs* são analisados e balanceados de forma que se diminua ao máximo o custo total. (MARTINS et al., 2001).

Para o agronegócio a principal movimentação é de mercadorias homogêneas e padronizadas. Portanto, a estratégia de transporte destas podem garantir ganhos de escala e facilitar a logística. Segundo Ballou (2006), o transporte é o elemento crucial na cadeia logística. Dos cinco modos de transportes existentes apenas três são usados para o escoamento da soja que são o modo rodoviário, ferroviário e aquaviário, por isso o sistema de transporte é extremamente relevante para os produtos do agronegócio, principalmente para a soja, que representa uma alta porcentagem nas exportações brasileiras.

O transporte rodoviário é, segundo Lavorentti (2011), realizado em estradas de rodagem, principalmente por caminhões e carretas. Este modo é o mais utilizado para o transporte de cargas no Brasil, atingindo praticamente todos os pontos do território nacional tendo em vista que as construções de estradas foram as mais incentivadas que a infraestrutura de outros modos. O modo rodoviário é o principal para a cadeia logística da soja. Contudo, as rodovias encontram-se em mau estado de conservação, além disso, é observada uma obsolescência da frota de caminhões bem como congestionamento das rotas de acesso aos portos no período de escoamento da soja para exportação. (PONTES, CARMO; PORTO, 2009)

A malha viária utilizada no escoamento da soja para exportação pelos modos rodoviário, ferroviário e fluvial é vista na Figura 1.

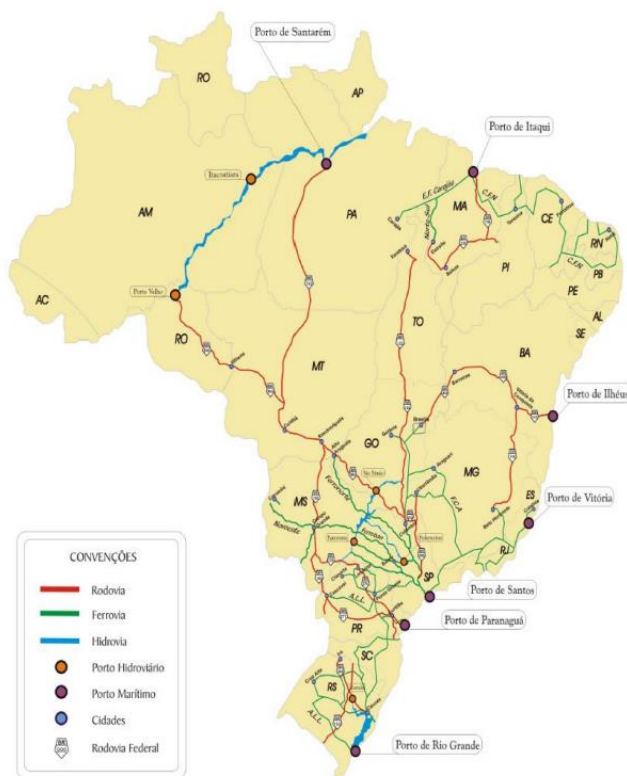


Figura 1- Malha Viária Brasileira.

Fonte: OJIMA, 2004

Apesar de extensa, a Confederação Nacional do Transporte (CNT) avaliou que somente um quarto de toda a malha rodoviária federal brasileira está em boas condições de conservação. Estes dados aliados ao fato dos extensos congestionamentos para acesso aos portos demonstram grande dificuldade para o modal rodoviário, o que é alarmante tendo em vista que é o principal modo para transporte da soja.

Para Fleury et al. (2000) a logística é de grande importância econômica para as empresas, podendo ser visto no Quadro 1, em relação à composição dos custos e à margem de lucro.

Quadro 1- Custos Logísticos

Componentes de Custos	Percentual (%)
Margem líquida de lucros	8,00
Custos logísticos	19,00
Custos de marketing	20,00
Custos de produção	53,00

Fonte: Fleury et al. (2000)

Sendo assim, nota-se que uma empresa pode obter uma receita maior ao melhorar a logística de forma integrada, eficiente e eficaz. Segundo Wilson (2009), os custos logísticos

podem ser divididos em custos de transportes, que representam os custos de movimentação dos estoques tanto de matéria-prima quanto de bens de consumo; custos de manutenção de estoques, que são representados principalmente pelo armazenamento dos estoques e neste custo também estão contidos riscos como a oportunidade de capital investido, depreciação, obsolescência, impostos, seguros, aluguel, entre outros; e custos administrativos, que são as despesas administrativas não necessariamente envolvidas com os dois outros custos anteriores.

2.2 Competitividade Externa

Os preços de cotação das *commodities* agrícolas influenciam diretamente o Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, sendo que o agronegócio é um setor estratégico para a economia nacional e, principalmente em 2015, foi grande condicionante de seu desempenho. Este pode ser o único setor com crescimento mais significativo diante da indústria incerta e dos serviços em processamento de exaustão (CEPEA, 2014).

Segundo Serigati (2012), o crescimento econômico e o acelerado processo de urbanização de algumas economias emergentes, em especial, a China, bem como o aumento da renda *per capita* e demanda por alimentos, influenciaram diretamente as relações de oferta e demanda da soja, provocando um aumento dos preços em cotação.

Outro fator de extrema importância na competitividade brasileira são as questões climáticas. Contini, Pena Júnior e Vieira (2013) evidenciaram um período de estiagem que ocorreu nos EUA, em 2012, que fez com que os estoques mundiais de milho e soja diminuíssem consideravelmente, resultando, nesta época, em um aumento de 17% nos preços das *commodities*. Mesmo tendo crescido 8% neste período, a produção brasileira de soja neste período, os estoques mundiais ficaram em desequilíbrio devido à crescente demanda deste produto.

Esta competitividade está fortemente relacionada com o Índice de Desempenho Logístico (LPI) que, segundo Rantasila e Ojala (2012), é uma ferramenta que permite ao país a compreensão de sua eficiência em comparação a diversos outros países, o que auxilia na detecção de áreas críticas e busca por aperfeiçoá-las. O LPI consiste tanto em critérios quantitativos quanto qualitativos, divididos em duas perspectivas: o Índice de Desempenho Logístico Internacional (International LPI) e Índice de Desempenho Logístico Doméstico (Domestic LPI).

O LPI internacional avalia o desempenho dos países com foco em suas portas de entrada (como portos e fronteiras) e utiliza uma escala entre 1 e 5, com valores maiores representando

melhor desempenho. A partir da pontuação atribuída a cada componente, são utilizadas técnicas estatísticas para a consolidação em um indicador único, capaz de ser comparado internacionalmente.

O LPI doméstico é o índice que fornece informações amplas relevantes acerca do desempenho de um país. Entretanto, para se analisar o desempenho dos países de maneira mais detalhada, faz-se necessário observar o índice doméstico. A perspectiva doméstica contém, portanto, maior detalhamento sobre o ambiente logístico do país, assim como instituições e processos logísticos chave e desempenho com relação a tempo e custos (BANCO MUNDIAL, 2014). Para este índice os principais determinantes do desempenho logístico geral são a infraestrutura (portos, aeroportos, rodovias, ferrovias, instalações de armazenamento e transbordo, entre outros), serviços (qualidade e competência de serviços logísticos chave), tempos e procedimentos alfandegários (tempo necessário para exportação e importação, documentação, entre outros) e confiabilidade da cadeia de suprimentos (engloba custos e atrasos não esperados, armazenamento e transbordo compulsório, pagamentos informais – corrupção, entre outros). Um dos portos de grande importância para o desempenho logístico nacional é o Porto de Santos. Visto que é o porto com maior movimentação existente no Brasil é preciso que sejam sempre otimizados os seus processos logísticos.

2.3 Porto de Santos

O Porto de Santos, de acordo com dados da ANTAQ (2014), concentra os terminais de grãos sólidos vegetais que mais exportaram nos últimos anos. Em 2013 foram 45 milhões de toneladas, divididas entre o complexo da soja, milho e açúcar. Além disso, em 2017, com dados até abril, o porto foi responsável por 37% da movimentação no país com a soja liderando o volume de exportações em toneladas, mantendo o topo desde 2013, conforme visto na Tabela 1.

Tabela 1- Exportação do Complexo de Soja

Porto	UF	2013	2014	2015	2016	2017
Santos	SP	12.893.109	12.719.177	13.031.789	14.475.763	8.371.452
Rio Grande	RS	8.206.122	8.158.877	11.372.732	9.704.071	2.619.318
Paranaguá	PR	7.735.132	7.527.236	8.518.898	8.157.251	4.217.001
São Luís	MA	2.974.624	3.116.084	5.004.499	3.850.196	1.612.597
São Francisco do Sul	SC	4.032.264	4.910.909	4.614.864	3.961.713	1.676.921
Vitória	ES	2.823.224	3.148.465	3.771.931	2.944.967	1.033.823
Barcarena	PA	0	1.110.852	2.185.381	2.187.261	1.367.235
Manaus	AM	1.278.985	1.411.104	1.653.273	1.974.313	1.022.049
Outros	-	2.852.644	3.589.296	4.170.872	4.326.340	1.912.135
Total Arco Norte		7.100.250	8.696.598	12.563.595	11.201.671	5.517.812
Total		42.796.104	45.692.000	54.324.238	51.581.875	23.832.531

Fonte: MDIC. Elaboração: ABIOVE - Coordenadoria de Economia e Estatística.

Os principais problemas do sistema portuário brasileiro, segundo Pontes et al. (2009), são os grandes congestionamentos tanto em terra, quanto em mar. Exemplo disso são as enormes filas de caminhões que se formam no Porto de Santos para o descarregamento e, segundo a reportagem do G1 de 2013, o prejuízo chegou a R\$ 115 milhões somente para os agentes marítimos. Além disso, exportadores, importadores, terminais portuários e a população estão sofrendo com o congestionamento nas estradas. Se há congestionamento, os caminhões ficam retidos na estrada e não têm acesso ao terminal portuário. Assim, o caminhão demora a chegar ao cais e a rotatividade no Porto de Santos é afetada. Há atraso para carregar e descarregar mercadoria no período da safra de grãos, gerando prejuízos econômicos.

Para que este problema pudesse ser controlado, foi criado o Plano SAFRA 2014 pela SEP, onde ficou regulamentado a ordenação de chegada dos caminhões por meio de agendamentos compulsórios dos mesmos onde todos deveriam estar previamente agendados e passar pelos pátios reguladores antes de acessar os terminais.

Como visto na Figura 2, estes pátios estão localizados a 20 km dos terminais do porto, na Baixada Santista em Cubatão-SP. O Rodopark (3), na Figura 1.1, possui uma área de 50.000 m², com aproximadamente 350 vagas. O Ecopátio (2) possui área de 446.000 m², com 8.000 m² de armazéns e 440.000 m² de pátio, contendo 1.000 vagas. O pátio regulador em Sumaré (1), está localizado às margens da Rodovia Anhanguera e se conecta com o Rodoanel Mário Covas na região Metropolitana de São Paulo. Esse pátio pertence a Rumo Logística, do Grupo Cosan e possui 150 vagas para os caminhões. Ao todo os pátios somam 1500 vagas para os caminhões.

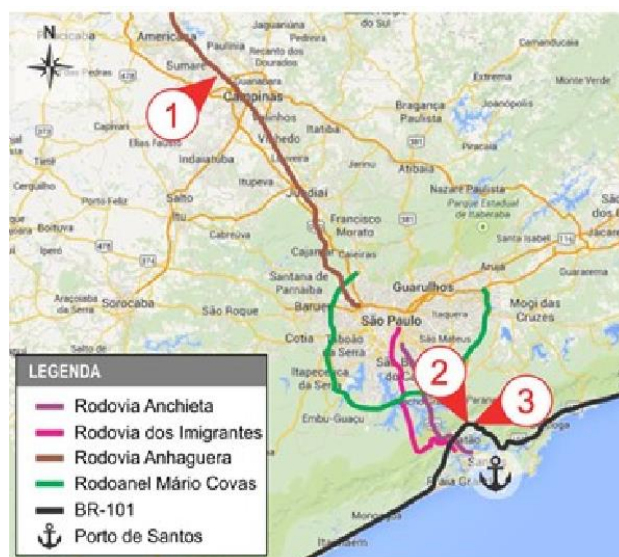


Figura 2 - Localização dos Pátios Reguladores

Fonte: Plano Mestre do Porto de Santos – SEP/PR

Após serem liberados do pátio os caminhões seguem com destino aos terminais, que são complexos mistos de armazéns e terminais de tombamento. A estrutura do Porto de Santos possui cerca de 13 km de infraestrutura de acostagem, destinada a todos os tipos de carga (carga geral solta e containerizada, granel sólido e granel líquido, como vistos na Figura 3. Os cais são, em sua maioria, concebidos como cais do tipo dinamarquês, solução adequada para o perfil geológico da região. As exceções ocorrem nos trechos mais antigos que ainda são cais de gravidade, e os píeres e berços com estruturas discretas encontram-se diversos complexos de terminais.



Figura 3- Localização do Terminais Portuários

Fonte: Plano Mestre do Porto de Santos – SEP/PR

Os veículos com destino ao Terminal de Granéis do Guarujá (TGG), Terminal Marítimo do Guarujá (TERMAG), Terminal de Contêineres de Santos (TECON), Terminal de Exportação de Veículos (TEV), e Localfrio devem acessar o viaduto, cruzando em desnível com as linhas férreas e seguindo até a rotatória, onde o tráfego aos terminais se distingue. No viaduto, a via possui cinco faixas de rolamento, sendo três com sentido aos terminais e duas com sentido à rodovia. As sinalizações estão em bom estado de conservação e as pistas encontram-se separadas por barreiras *New Jersey*. A Figura 4 ilustra as situações descritas.



Figura 4- Portões de Acesso aos Terminais

Fonte: Plano Mestre do Porto de Santos – SEP/PR

Como pode ser visto na figura, existe apenas um portão de acesso aos terminais do TERMAG onde estão localizados os terminais TEG e TEAG que são os principais terminais de escoamento da soja durante o período de safra e que serão objetos de estudo deste trabalho.

2.4 A Soja no Brasil

Segundo a APROSOJA (2014), apesar de haverem alguns registros históricos sobre o cultivo de soja no Brasil desde 1882 na Bahia, o real implemento da mesma ocorreu no ano de 1901, tendo sido o marco principal do plantio deste produto. Neste período começaram os cultivos e distribuições da semente na Estação Agropecuária de Campinas. Mais para frente, histórica em 1908, a disseminação da soja aumentou após a imigração japonesa e a sua fixação no Brasil. Apesar destes adventos, a expansão começou mesmo no ano de 1970 com o crescimento da indústria de óleo de soja. Além disso, o aumento da demanda internacional do grão também contribuiu para sua expansão.

Em estudo realizado pela EMBRAPA (2017), o Brasil é o segundo maior produtor de soja mundial com uma produção de mais de 113 milhões de toneladas, perdendo apenas para os Estados Unidos da América, com mais de 117 milhões de toneladas produzidas. Em particular, segundo dados do MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento) até julho do ano de 2017 o Brasil já exportou um total de US\$ 25,4 bilhões.

2.5 Objetivo

2.5.1 Geral

Tendo em vista os problemas decorrentes do aumento da movimentação portuária no Brasil, principalmente no período das safras agrícolas, torna-se necessário encontrar novas formas de organizar e melhorar o fluxo de caminhões que acessam o porto.

O objetivo macro do presente estudo é analisar, por meio de simulação, a competência do cenário atual no porto de Santos para a soja, que consiste em um Pátio Regulador e dois Terminais de escoamento, onde serão observados o tempo de permanência nos pátios, o tempo de deslocamento para a chegada aos terminais e o tempo de serviço nos mesmos. O foco é principalmente no tempo de deslocamento propondo uma melhoria para este aspecto.

2.5.2 Específicos

- Modelar o cenário atual no período de safra da soja, para o sistema pátio – deslocamento – terminal, afim de realizar uma simulação para verificar os custos atrelados ao tempo de permanência no sistema.
- Propor uma melhoria para o cenário atual tendo o enfoque nos dois principais terminais de escoamento de grãos sólidos vegetais durante os quatro meses do período de safra da soja.
- Analisar o desempenho da melhoria proposta através de simulação afim de obter um modelo científico para verificar a validade da melhoria proposta e verificar as reduções dos custos associados aos parâmetros citados anteriormente.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Modelo

A modelagem consiste no uso de um conjunto de técnicas matemáticas para descrever o funcionamento de um sistema ou parte dele (BERTO E NAKANO, 2000). A descrição matemática das características dinâmicas de um sistema é chamada de modelo matemático.

A lógica da modelagem de sistemas consiste em obter um conjunto de equações que seriam capazes de melhor representar a dinâmica de um sistema que tenha variação no tempo (SAGAWA E NAGANO, 2015). A Figura 5 representa as etapas de construção de um modelo.

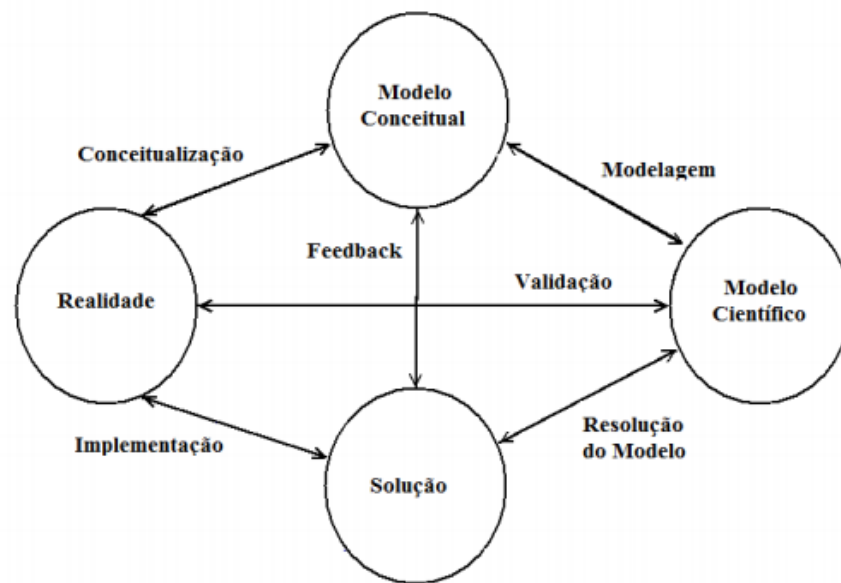


Figura 5- Etapas da Modelagem de Sistemas

Fonte: Bertrand e Fransoo, 2002

A primeira fase consiste na conceitualização da realidade e dela obtém-se o modelo conceitual do problema. Após isso o modelo conceitual é formalizado por meio da linguagem matemática criando-se um o modelo científico. Em sequência à obtenção do modelo científico, o objetivo é encontrar uma resolução para o modelo. Tendo a solução encontrada esta é comparada com o modelo conceitual e finalmente implementada na realidade.

A complementação ao uso da modelagem é a simulação de sistema que consiste em aplicar as técnicas usando alguns softwares computacionais para simular a operação de sistemas produtivos baseando-se em um conjunto de variáveis previamente investigadas (BERTAND E

FRANSOO, 2002). Conforme já mencionado no objetivo, este trabalho focará na análise das filas que ocorrem no Porto de Santos, devido à exportação do complexo da soja.

3.3 Teoria de Filas

De acordo com Hillier (2008) a teoria de filas nada mais é que uma gama de conhecimentos e técnicas matemáticas aplicadas aos mais diversos tipos de fila. De maneira geral, ela usa modelos de filas para representar os diversos tipos de sistemas de filas (sistemas que envolvem filas do mesmo tipo) que surgem na prática. As fórmulas para cada modelo indicam como o sistema de filas correspondente deve funcionar, inclusive o tempo de espera médio que ocorrerá, em uma série de circunstâncias.

A antecipação do comportamento destas filas possibilita a correta mensuração de instalações, equipamentos e infraestruturas essenciais para o processo de atendimento dentro do sistema (NOVAES, 1957). A Figura 6 mostra um modelo simplificado típico de um processo de fila.

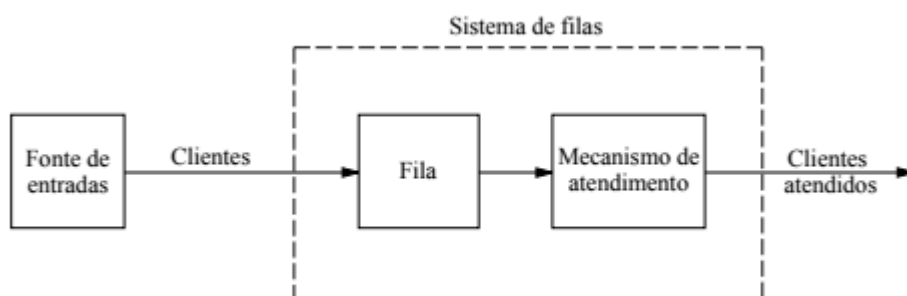


Figura 6 - Processo de Filas

Fonte: Hillier, 2008

No caso dos transportes, a simbologia proposta por Kendall é usualmente utilizada, pois se tratam de filas com comportamento de não desistência, ou seja: ao chegar no sistema e se deparar com filas, o usuário não outra terá a opção senão aguardar a dissipação da mesma para realizar sua atividade fim.

As filas podem ser descritas majoritariamente a partir de algumas características básicas como o padrão de chegadas, padrão de serviços, disciplina da fila, capacidade do sistema, número de canais de serviço e número de etapas de serviço (GROSS et al., 2008)

Dentre as principais características para este estudo, o padrão de chegadas pode ser descrito por uma função de probabilidade que regula os tempos entre as chegadas de entidades. Além dessa função que descreve as chegadas, ainda há outros fatores que influenciam as

análises, como o número máximo de chegadas que podem ocorrer em um determinado instante ou simplesmente se o processo tem uma dependência temporal. E caso não haja dependência, este é caracterizado como processo estacionário. O padrão de serviço correspondente é descrito por uma função de probabilidades que comanda os tempos de atendimento para cada entidade. A disciplina da fila diz respeito à regra com que os clientes são atendidos podendo ser FIFO (*first in, first out*), que é o mais usual, Serviço Prioritário (*Priority Service*) ou alguma ordenação randômica de atendimento SIRO (*service in random order*) NEWELL (1982). Além disso, pode ocorrer um número de etapas do serviço que consiste no número de atendimentos que a entidade deverá passar até finalizar seu atendimento e sair do sistema. No caso do porto de Santos estes processamentos ocorrem no pátio regulador e nos terminais.

O processo dessas etapas pode ser descrito por um diagrama de fluxo acumulado, conforme pode ser visto na Figura 7. Deste modo, a reta A (*Arrivals*) representa as chegadas na fila e as partidas são representadas pela reta D_q (*Departures*). Este diagrama é rico em informações sobre a fila e dele pode-se extrair o tempo de espera das entidades, o tamanho da fila em determinado momento, tempo total de espera, e assim sucessivamente.

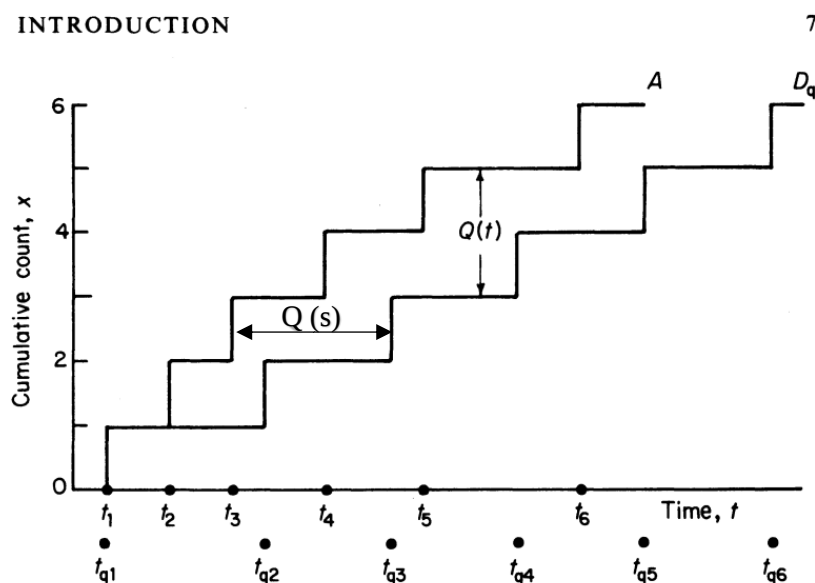


Figura 7- Diagrama de Fluxo Acumulado

Fonte: Adaptado Newell (1982)

Na Figura 7, pode-se observar que a inclinação das curvas A (*arrival*) e D_q (*departure*) indicam a capacidade do sistema. A variação da distância horizontal representada por $Q(s)$ mostra o tempo que a entidade permanece no sistema. A variação vertical representada por $Q(t)$ mostra o número de entidades que se encontram na fila num determinado momento. Por fim, a área entre as curvas representa o tempo total de espera.

Existem certas propriedades brutas que podem ser calculadas no caso de o sistema ser tratado de forma determinística e estocástica como por exemplo a espera média na fila para um conjunto de n clientes ou o tempo médio de espera na fila durante um período de tempo. O tempo médio na fila para clientes de $j+1$ até $j+n$ pode ser definido como

$$W_k = \frac{1}{n} \sum_{k=j+1}^{j+n} (t_{qk}^* - t_k) \quad (1)$$

O W_k podendo ser interpretado como a área da faixa horizontal $k - 1 < x < k$ entre as curvas A e D_q^* . A soma do W_k é, portanto, a área inclusa entre A e D e duas linhas horizontais sendo $x = j$ e $x = j + n$ como pode ser visto na Figura 8.

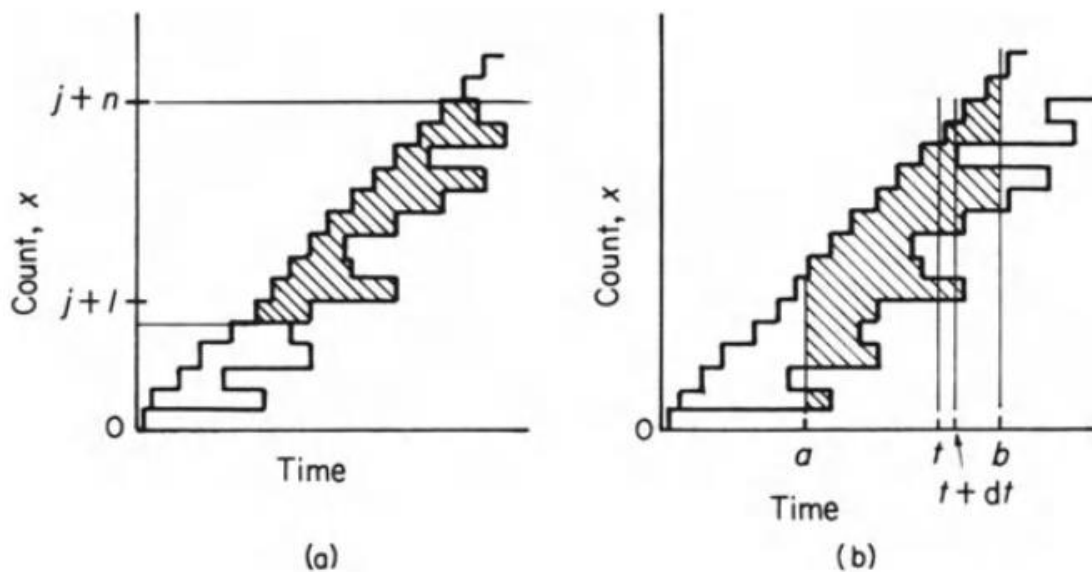


Figura 8 - Diagrama de Fluxo Acumulado (2)

Fonte: Newell (1982)

Se a contagem de carros no diagrama fosse numa escala de minutos as curvas $A(t)$ e $D(t)$ aparentariam uma curva quase lisa e, conforme a angulação das curvas, dependendo do resultado dos tempos de atendimento, pode-se formar ou não uma fila. Se o servidor tem o tempo de atendimento quase iguais para todas as entidades da curva $D_q(t)$ pode parecer uma linha curva quebrada como mostrado na Figura 9 (a) que mostra uma fila sempre surge quando um declive é gerado temporariamente excedendo a taxa de serviço. Se a escala de contagem for um pouco mais grosseira, em horas, podem não mostrar muito bem os movimentos da curva, porém é mais fácil de ser visto os períodos de pico e a demanda exigida nos mesmo como na Figura 9 (b e c). Já se a escala for feita em dias ou meses seria difícil mensurar as características matemáticas da fila e mostrariam apenas uma variação de demanda sazonal.

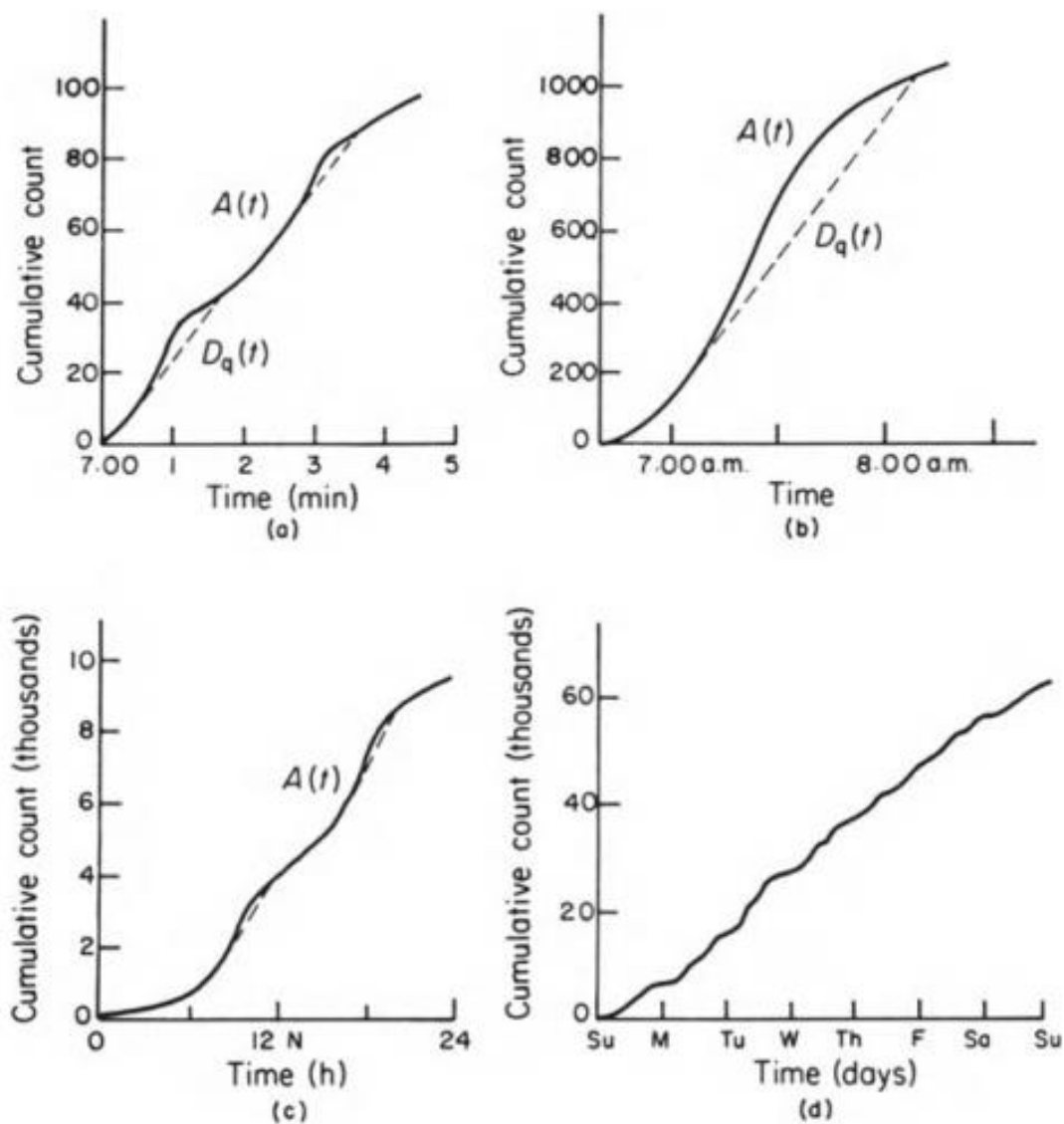


Figura 9- Diagramas de Chegadas Acumuladas

Fonte: Newell (1982)

No presente estudo, a análise será feita na escala de segundos que corresponde à Figura 9 (a). No caso do processamento de filas em série, que é o caso deste estudo, no diagrama haveria mais curvas representando as chegadas e saídas nos diversos pontos de serviços por onde os usuários fossem, conforme o exemplo da Figura 10.

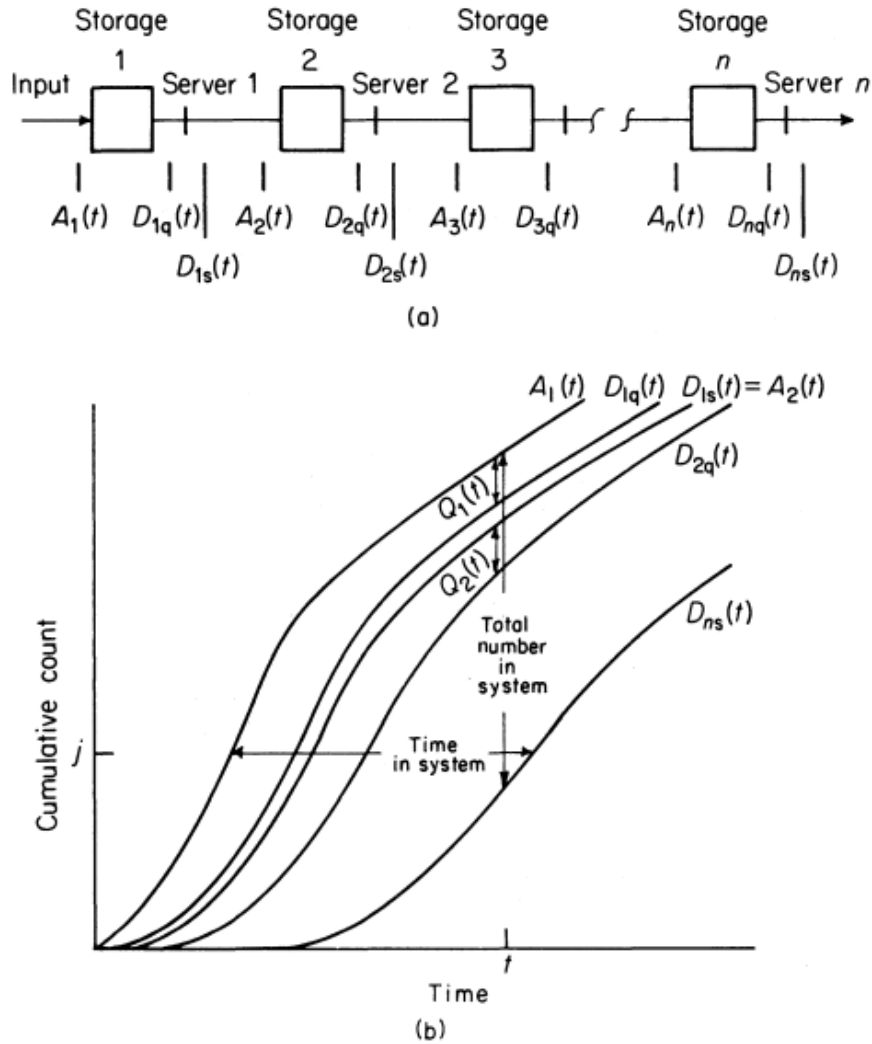


Figura 10 - Diagramas de Fluxo Acumulado

Fonte: Newell (1982)

Para analisar o comportamento das filas de servidores em série como visto na Figura 10 deve haver marcações dos tempos de entradas e saídas em todos os pontos de processamento podendo então após chegadas e saídas de n entidades realizar a representação gráfica do sistema de filas. Tendo em vista que $A(t)$ representa o número acumulado de chegada de clientes em um determinado tempo e $D(t)$ o número de saídas acumuladas em um determinado tempo o número de clientes no sistema pode ser dado pela diferença entre a primeira curva de chegadas $A_1(t)$ e a última curva de saídas acumuladas $D_n(t)$. Além disso esse diagrama permite a retirada de outras informações importantes como tempo de atendimento em cada servidor, tempo de deslocamento para a segunda fila, e outras variáveis.

3.4 Matlab

A fim de implementar a simulação dos cenários será usado o software MATLAB que permite que sejam usadas diferentes formas de representação dos modelos. Isto é vantajoso pois traz uma maior liberdade e flexibilidade para o desenvolvimento do projeto.

Atualmente o MATLAB pertence à empresa americana MathWorks e consiste em um software de linguagem de alto nível. Seu significado é Matrix Laboratory (laboratório de Matrizes), pois foi desenvolvido baseado em cálculos com matrizes. Sua criação deu-se no final do ano de 1970, por Cleve Moler, um dos fundadores da MathWorks, e presidente do departamento de ciências da computação da Universidade do Novo México. Devido à sua fácil manipulação e linguagem, este programa torna fácil o desenvolvimento de modelos matemáticos técnicos em comparação com outros existentes.

O MATLAB é uma programa computacional otimizado desenvolvido para resolver problemas clássicos de engenharia e cálculos científicos, onde encontra-se um ambiente e uma linguagem de programação que oferece uma ampla gama de funções para que a programação técnica se desenvolva de forma rápida e eficiente (CHAPMAN, 2006).

Além disso o MATLAB ainda oferece extensões (*toolboxes*). As principais utilizadas em problemas de Pesquisa Operacional são:

- Optimization Toolbox: a extensão de otimização fornece funções para a minimização ou maximização com restrições, incluindo solvers para programação linear, não linear, inteira mista, quadrática, entre outros, que permitem a otimização de problemas contínuos e discretos;
- Statistics and Machine Learning Toolbox: a extensão de estatística e aprendizado de máquina inclui funções para descrever, analisar e modelar dados, incluindo análises descritivas estatísticas, gráficos estatísticos exploratórios, ajuste de curvas, testes de hipótese, geração de números aleatórios, regressões, entre outras;
- SimEvents: essa extensão consiste em uma biblioteca para a simulação de eventos discretos dentro do Simulink (ambiente dentro do MATLAB para diagramação gráfica por blocos). A biblioteca SimEvents adiciona ao ambiente do Simulink blocos para a modelagem de fluxos de processos em geral, com possibilidade de aplicações nas áreas de gestão de estoques, filas, identificação de gargalos em sistemas produtivos, entre outras.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Etapas

Após análise da situação do Porto e entendimento do processamento dos caminhões a partir do momento que chegam no porto, as etapas realizadas desenvolveram-se conforme a Figura 11.

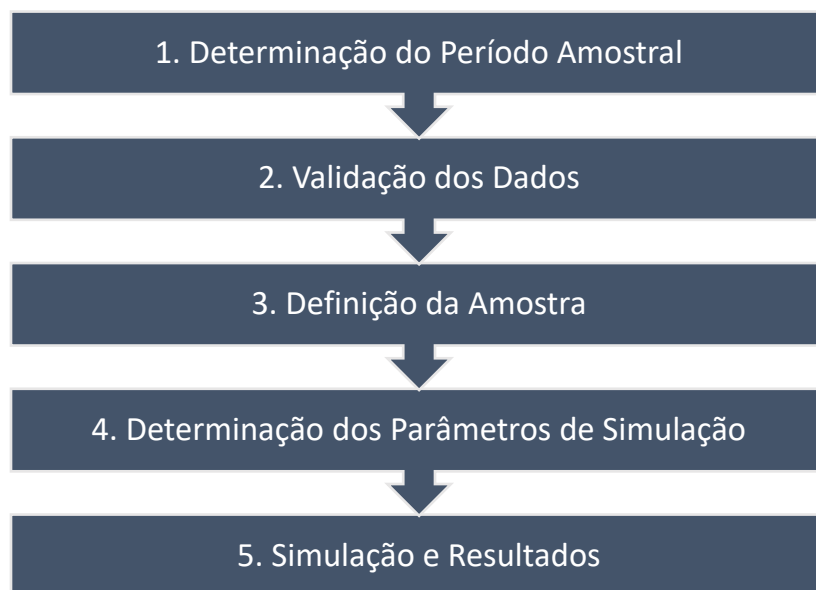


Figura 11- Etapas do Trabalho

Fonte: Próprio Autor

As etapas incluem (1) a determinação do período a ser analisado a partir da análise da base de dados que contém o registro das chegadas e saídas de cada etapa do processo portuário desde a chegada aos pátios reguladores até a saída dos terminais de escoamento de graneis sólidos; (2) validação dos dados, pois tendo em vista o fato de que a base de dados é preenchida manualmente, podem ocorrer erros no alinhamento dos dados dos caminhões que entram e saem; (3) identificação dos terminais a serem analisados como mais relevantes no processamento portuário da soja a granel; (4) definição das distribuições que estão atreladas às chegadas e saídas de cada posto de processamento, pátio e terminal; (5) mostrar os resultados da simulação e correlacioná-los como objetivo principal do estudo.

4.1.1 Período Amostral

Os dados utilizados são provenientes do Sistema de Gestão de Tráfego de Caminhões da CODESP, responsável também pelo monitoramento do fluxo de caminhões do Porto de Santos desde sua chegada ao pátio até suas saídas dos terminais. Estes são advindos do ano de 2014, devido ao grande volume de movimentação neste ano, como visto no Gráfico 1, fez-se necessário delimitar o período a ser analisado.

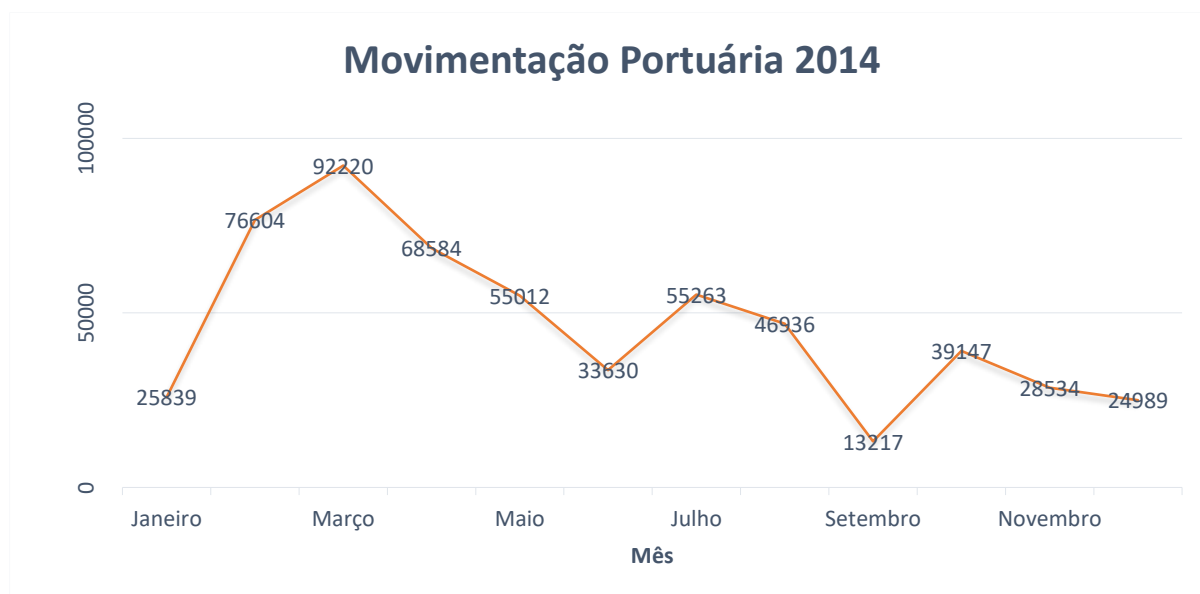


Gráfico 1 - Movimentação Portuária em 2014

Fonte: Próprio Autor – Dados do SIG SEP/PR

Conforme visto no Gráfico 1, o mês que alcançou a maior movimentação de chegadas de caminhões em 2014 foi o mês de março com mais de noventa mil chegadas. Esses valores representam os dados em seu estado bruto, de acordo com a base de dados do sistema de informação responsável pelo controle do Porto de Santos. Do número total de chegadas no mês de março, 42397 caminhões foram graneleiros de soja de um total de 92220 acessos para as mais variadas mercadorias.

Sendo assim, optou-se por utilizar o mês de março de 2014, onde o número de caminhões graneleiros de soja é relativamente mais alto em comparação aos outros meses.

4.1.2 Validação dos Dados

Após a definição do período a ser analisado foram observadas algumas inconsistências nos dados da base. No Sistema de Gestão alguns dados são inseridos manualmente então ficam suscetíveis a erros. Tornou-se então necessário realizar a validação dos dados que poderiam ser utilizados para o estudo. As informações contidas na base são:

- **Placa:** campo contendo a placa de cada caminhão;
- **Origem/Cliente:** campo com a informação da origem/cliente daquele caminhão;
- **Pátio:** campo contendo a informação de em qual pátio regulador aquele caminhão chegou (Ecopátio ou Rodopark);
- **Data de Chegada ao Pátio:** informação da data de chegada do caminhão ao pátio regulador (dd/mm/aaaa hh:mm);
- **Data de Saída do Pátio:** informação da data de saída do caminhão do pátio regulador (dd/mm/aaaa hh:mm);
- **Terminal:** campo contendo a informação do terminal portuário ao qual o caminhão se destinou;
- **Data de Chegada ao Terminal:** informação da data de chegada do caminhão ao terminal portuário (dd/mm/aaaa hh:mm); e
- **Data de Saída do Terminal:** informação da data de saída do caminhão do terminal portuário (dd/mm/aaaa hh:mm);

Todos estes dados estão vinculados à placa de cada caminhão que entrou no sistema.

Para validação dos dados foram feitas as seguintes condições de verificação:

- **Chegada e saída do pátio:** as datas de chegada e saída deveriam estar dentro do mês de março;
- **Fila no pátio:** as datas de saída do pátio deveriam ser maiores que as datas de chegada no mesmo;
- **Deslocamento Pátio-Terminal:** as datas de chegada nos terminais deveriam ser maiores que a data de saída do pátio;
- **Fila no terminal:** as datas de saída do pátio deveriam ser maiores que as datas de chegada no mesmo;
- **Chegada e saída do terminal:** as datas de chegada e saída deveriam estar dentro do mês de março;
- **Todas as condições:** o dado só estaria válido se todas as condições anteriores fossem verdadeiras.

4.1.3 Definição da Amostra

Devido ao grande número de dados existentes no ano de 2014, fez-se necessária a determinação de uma amostra representativa entre os terminais. Primeiramente, optou-se por utilizar o terminal que tivesse a maior movimentação do mês da safra após a validação dos dados vistos na Tabela 2.

Tabela 2 - Quantidade de Caminhões por Pátio

	Terminal	Caminhões	Percentual de Participação por Pátio
ECOPÁTIO	Total	18294	
	ADM	4469	24%
	COPEUCAR	2231	12%
	RUMO LOGÍSTICA	7380	40%
	SUCOCITRICO	71	0%
	TGG	3196	17%
	T-GRÃO	947	5%
RODOPARK	Total	11604	
	FISCHER S/A	1120	10%
	TEAG	2858	25%
	TEG	4343	37%
	TERMINAL XXXIX	197	2%
	TERMINAL 12A	271	2%
	T-GRÃO	2815	24%

Fonte: Próprio Autor – Dados do SIG SEP/PR

Conforme visto na Tabela 2, o terminal que teve maior relevância no mês de março foi o Rumo Logística com 40% da quantidade total de movimentação e em segundo lugar o TEG com 37% do total. Todos os caminhões que descarregam nestes terminais são oriundos apenas do Ecopátio e Rodopark, respectivamente. Além disso, os terminais da Rumo Logística são apenas de açúcar. Então, o terceiro mais influente no tombamento de soja seria o terminal ADM que se origina do Ecopátio. Porém de maneira a limitar o escopo de estudos e desenvolver uma melhor análise, apenas um pátio foi selecionado.

Segundo o Plano Mestre do Porto de Santos existem vários sítios que despejam granéis sólidos, porém o sítio principal é o de Terminais de Graneis Sólidos da Conceiçãozinha, localizado na região da Conceiçãozinha, onde são agregados vários terminais que embora operem de maneira independente, foram agrupados devido à localização, natureza de carga e a similaridade entre suas concepções (em estruturas discretas e distantes cerca de 70 m da margem para alcançar maiores profundidades). O trecho engloba o Terminal de Granéis do Guarujá (TGG), o Terminal Marítimo do Guarujá (Termag), o Terminal de Exportação de Açúcar do Guarujá (TEAG) e o Terminal Exportador do Guarujá (TEG) como visto na Figura 12.



Figura 12 - Terminais TERMAG

Fonte: Plano Mestre do Porto de Santos – SEP/PR

Em virtude da proximidade geográfica, que influencia nas filas de caminhões e principalmente nos deslocamentos destinados a eles, foram selecionados os terminais TEG e TEAG. O terminal TEAG apesar de ser majoritariamente de exportação de açúcar em oito meses do ano, nos quatro meses do período de safra da soja se dedica apenas ao tombamento da mesma.

4.1.4 Identificação dos Parâmetros de Simulação

Após a definição da amostra, tanto temporal quanto geográfica, a próxima etapa consiste em identificar os parâmetros para a simulação do cenário atual para o Porto de Santos.

4.1.4.1 Distribuição das Chegadas no Pátio

A distribuição que melhor descreveu as chegadas de caminhão no pátio regulador (Rodopark) é a distribuição exponencial com média de 363 segundos, conforme visto na Figura 13.

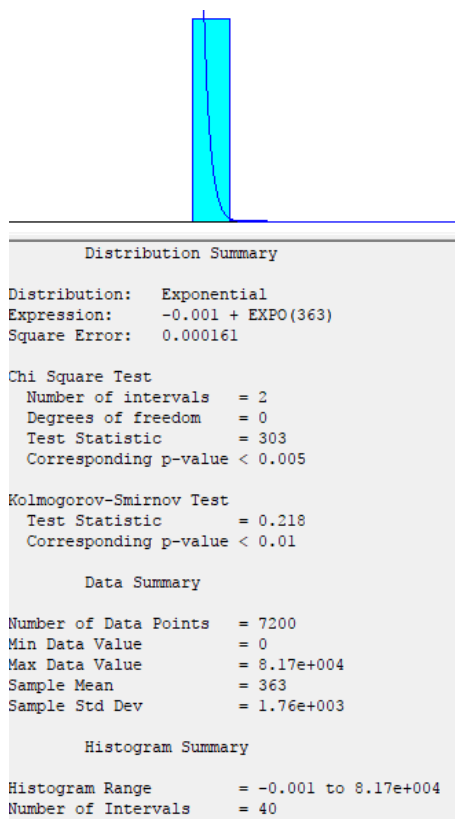


Figura 13- Distribuição de Chegadas no Pátio

Fonte: Próprio Autor

Para o cálculo da distribuição, inicialmente foi preciso ordenar os dados pela data de chegada no pátio do mais antigo para o mais novo dentro do mês de março, desta forma o primeiro seria às 00:00 horas do dia 01/03/2104 e o último às 23:59 horas do dia 31/03/2014. Após a ordenação, calculou-se o tempo entre as chegadas subtraindo a data de chegada da linha $i+1$ da chegada da linha i para mostrar com qual distribuição os caminhões chegam ao pátio, independente do terminal de destino, pois, tanto o TEG quanto o TEAG passam pelo mesmo pátio regulador, assim influenciando o tempo de fila um do outro. O tempo entre as chegadas foi transformado em segundos, afim de obter apenas números inteiros, então estes dados foram inseridos na ferramenta *Input Analyzer* do programa Arena.

4.1.4.2 Distribuição de Saídas do Pátio

Com o objetivo de identificar a fila que estava se formando dentro do pátio, foi calculada a distribuição da mesma forma da anterior utilizando as datas de saída. Porém tendo em vista que os tempos de atendimento para cada terminal se diferenciam devido ao tamanho e distância de alguns quilômetros, a distribuição de saída foi calculada individualmente para o TEG e o TEAG. Para o TEG e TEAG respectivamente, observou-se as seguintes distribuições de saída conforme Figura 14.

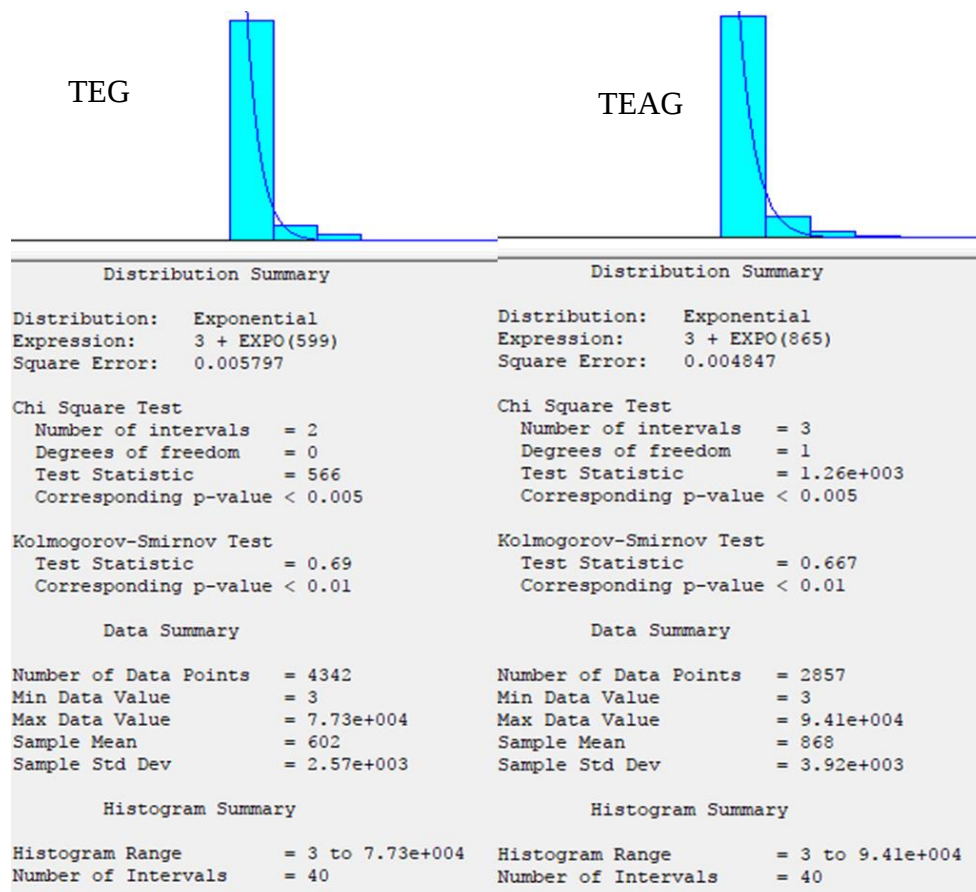


Figura 14 - Distribuição de Saídas do Pátio TEG e TEAG

Fonte: Próprio Autor

Pode-se então observar que a distribuição de chegada é uma exponencial com média de 363 segundos, enquanto a saída é também uma exponencial, porém com média de 599 segundos para o TEG e 865 para o TEAG. Isto significa que a frequência com que os caminhões estão saindo do pátio está relativamente mais baixa do que a frequência de chegadas.

4.1.4.3 Distribuição do Tempo de Deslocamento entre o Pátio e o Terminal

A distribuição do tempo de deslocamento foi realizada separadamente para os dois terminais devido às suas posições geográficas. Contudo ao observar o Gráfico 2, nota-se que o

tempo de deslocamento apresenta uma dependência temporal, tanto para o terminal TEG quanto para o terminal TEAG.

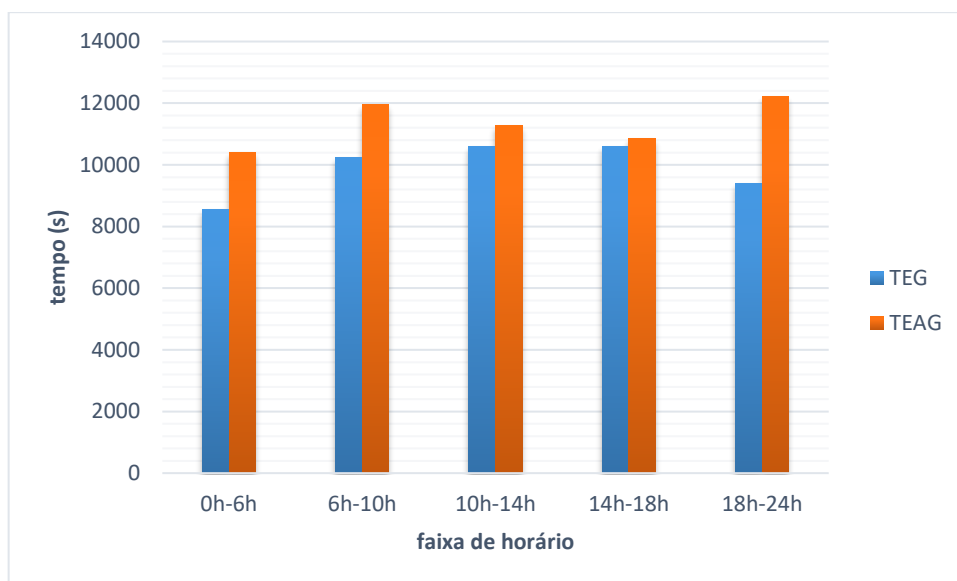


Gráfico 2- Tempo de Deslocamento por Faixa de Tempo

Fonte: Próprio Autor – Dados SIG SEP/PR

Portanto para realizar uma simulação que melhor representa a realidade atual foram calculadas as distribuições dos tempos de deslocamento por faixa de tempo. As distribuições que melhor descrevem os dados estão dadas no Quadro 2 e, em geral, foram estas distribuições usadas na simulação.

Quadro 2 - Distribuições do Deslocamento por Faixa de Tempo TEG

TEG	Faixa de horário	Distribuição	TEAG	Faixa de horário	Distribuição
	0h-6h	2390 + LOGNORMAL (6470,6570)		0h-6h	2500 + GAMMA (4530, 1.75)
	7h-10h	3610 + WEIBULL (7380, 1.75)		7h-10h	4210 + GAMMA (5760, 1.36)
	11h-14h	3190 + GAMMA (4590, 1.61)		11h-14h	3410 + 25900 * BETA (1.68, 3.86)
	15h-18h	3140 + ERLANG (3860, 2)		15h-18h	3140 + ERLANG (3860, 2)
	19h-24h	2220 + GAMMA (3390, 2.12)		19h-24h	2290 + GAMMA (5750, 1.73)

Fonte: Próprio Autor

4.1.4.4 Chegadas nos Terminais

As chegadas nos terminais não tiveram uma distribuição atribuída, pois o objetivo foi deixar as chegadas o mais parecido com o cenário real. Portanto, para o cálculo dentro do próprio programa, utilizou-se o tempo de saída do pátio somado ao tempo de deslocamentos para os terminais. Dessa forma, os instantes de chegadas no terminal foram obtidos por faixas de horários, conforme as distribuições calculadas anteriormente.

4.1.4.5 Distribuição de Saídas dos Terminais

Por fim foram calculadas as distribuições de saídas para os terminais separadamente. Isto possibilitou calcular o tempo de atendimento do último servidor que seriam os terminais de tombamento da margem esquerda, o TERMAG. Para o TEG e TEAG respectivamente obteve-se a seguinte distribuição da Figura 15.

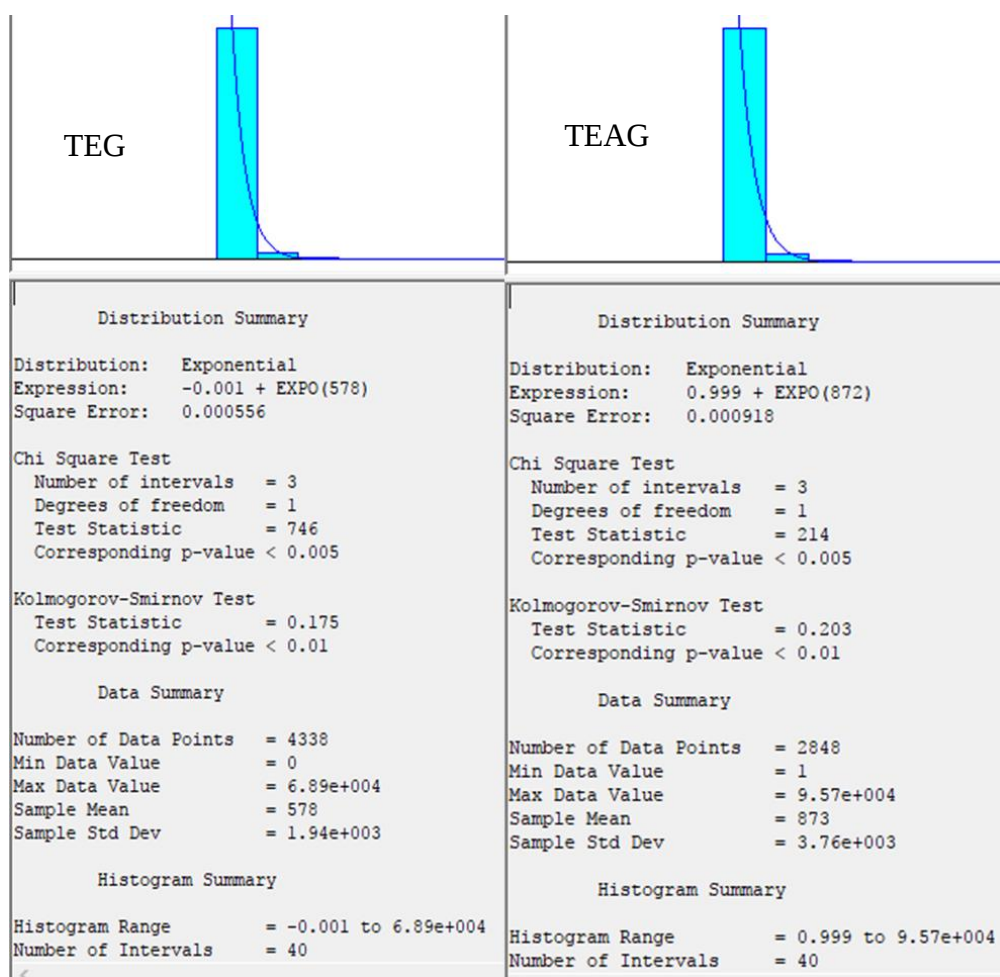


Figura 15- Distribuições de Saída dos Terminais TEG e TEAG

Fonte: Próprio Autor

5 RESULTADOS

5.1 Resultados

Esta primeira simulação foi realizada para o cenário atual, no período de um dia (86400 segundos) para o mês de março. Cada caminhão que entra no sistema passa por um *loop* onde são calculados todos os tempos dos parâmetros a seguir:

- Chegadas ao pátio: regida pela distribuição exponencial com média igual a 363 segundos, gerando um número randômico em cada *loop*;
- Saídas do Pátio: assim como o parâmetro anterior foi gerado um número de saída, sendo a distribuição exponencial (579) para o TEG e (865) para o TEAG;
- Tempo de deslocamento: este parâmetro foi tido como foco principal para este estudo, por isso buscou-se torná-lo o mais próximo possível da realidade. Foram então calculadas as distribuições para diferentes faixas de horário:
 1. $0 \leq t < 21.600$ (0h-6h) distribuição gama com média de 3460 segundos e desvio padrão de 1.78 para o TEG e para o TEAG gama (4530, 1.75);
 2. $21.600 \leq t < 36.600$ (7h-10h) gama (2890, 2.29) para o TEG e para o TEAG gama (5760, 1.36);
 3. $36.600 \leq t < 50.400$ (11h-14h) para o TEG gama (4590, 1.61) TEAG beta (25900, 1.68, 3,86);
 4. $50.400 \leq t < 64.800$ (15h-18h) para o TEG gama (3760, 2.06) e para o TEAG gama (4869, 1.59);
 5. $64.800 \leq t < 86.400$ (19h-24h) para o TEG gama (3390, 2.12) e para o TEAG gama (5750, 1.73);
- Chegada nos terminais: este parâmetro foi calculado com o instante de saída do pátio somado ao tempo de deslocamento anteriormente calculado, tornando-se também um número randômico;
- Tempos de saída dos terminais: regida pela distribuição exponencial com média igual a 578 segundos para o TEG e 872 segundos para o TEAG, também para cada *loop* do programa.

As simulações foram realizadas partindo do princípio que a ordenação de atendimento das filas fosse feita segundo a regra FIFO (*first in, first out*). Sendo assim, o caminhão que chegou em um instante i deverá sair antes que chegue o caminhão no instante $i + 1$. A partir desta premissa foram construídos diagramas de fluxo acumulado de saídas e chegadas em cada operador, que, no caso do Porto de Santos são dois, o pátio e o terminal, com os dados reais para ambos os terminais, TEG e TEAG, criando assim um modelo conceitual do sistema de filas do Porto de Santos representado nas Figuras 16 e 17.

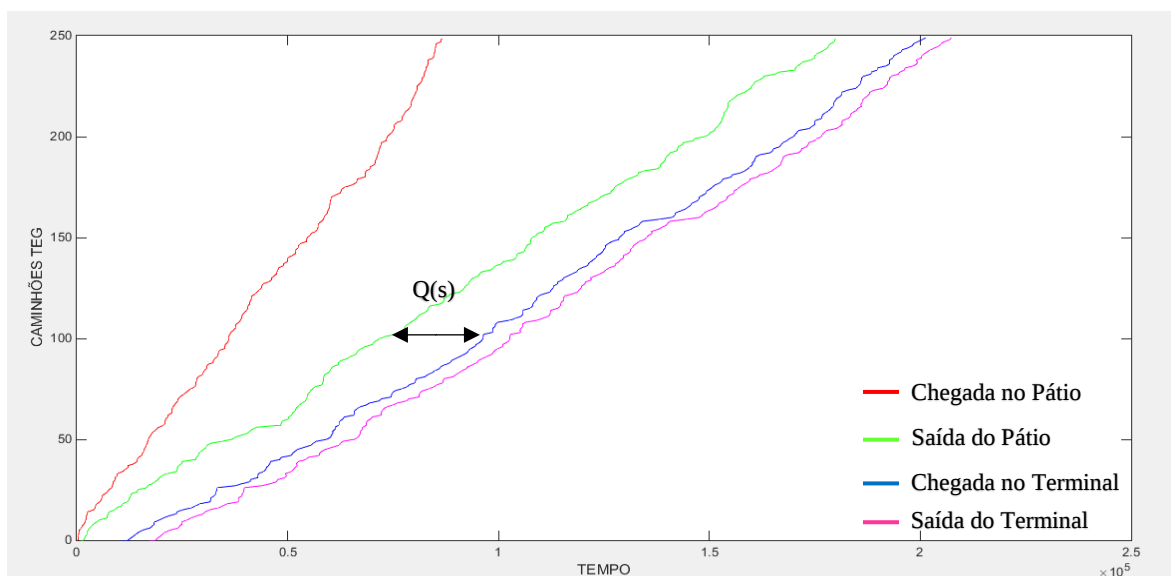


Figura 16 - Diagrama de Fluxo Acumulado TEG Modelo Conceitual

Fonte: Próprio Autor

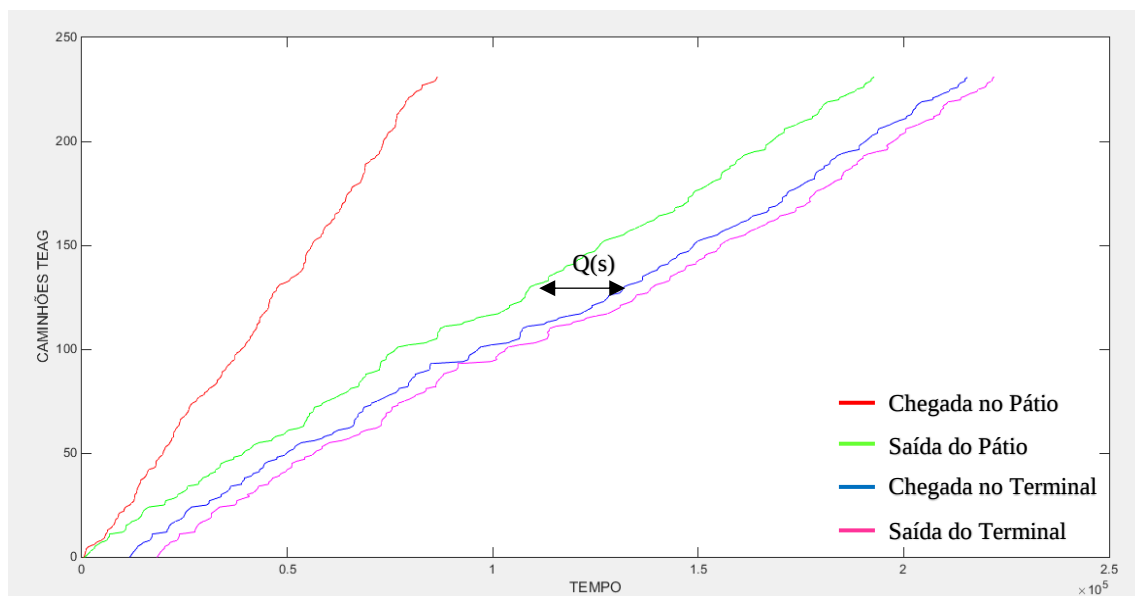


Figura 17 - Diagrama de Fluxo Acumulado TEAG Modelo Conceitual

Fonte: Próprio Autor

Nestas figuras, o eixo Y representa o número de caminhões no sistema e o eixo X representa o tempo em segundo. A primeira curva em vermelho representa as chegadas ao pátio regulador Rodopark, a segunda curva em verde representa a saída do pátio, a terceira curva em azul representa as chegadas ao terminal TEG (Figura 16) e para o TEAG (Figura 17), e a última curva em rosa representa as saídas dos terminais. As distâncias $Q(s)$ representam o tempo de deslocamento do pátio para o terminal de um determinado caminhão.

5.1.1 Desempenho do Cenário Atual

Para o modelo obtido foram calculados os tempos de permanência para o pátio regulador, o tempo de deslocamento para o terminal, o tempo de serviço no terminal, que são os tempos médios nas filas $Q(s)$ e o tempo total no sistema pátio-terminal, obtendo o tempo médio no sistema Q . Dividindo-se os tempos totais pelo número de chegadas nos respectivos intervalos, obtém-se os tempos médios de permanência no pátio e, assim sucessivamente. O Gráfico 3 mostra o tempo médio de permanência em cada estação para o TEG durante um período de trinta dias equivalentes a um mês.

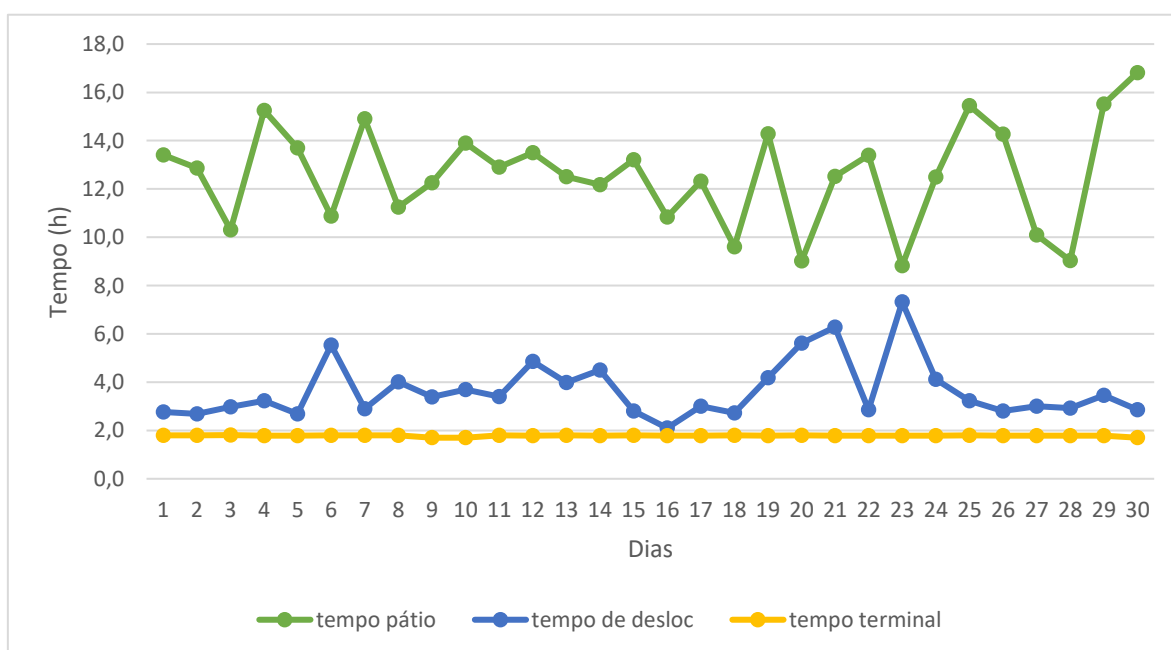


Gráfico 3 - Tempo Médio de Fila em 30 dias TEG – Simulação a partir dos dados

Fonte: Próprio Autor

Neste período, o tempo médio de deslocamento (laranja) fica em torno de 3,7 horas, tendo uma média de tempo total no sistema pátio-terminal de 18,1 horas. Este tempo elevado deve-se principalmente ao tempo de espera no pátio e em segundo lugar ao tempo de deslocamento para os terminais. Além disso, havendo filas nos trajetos para o terminal, a liberação de caminhões do pátio fica mais lenta, aumentando o tempo de espera no pátio. O Gráfico 4 mostra os mesmos parâmetros descritos acima para o caso do TEAG.

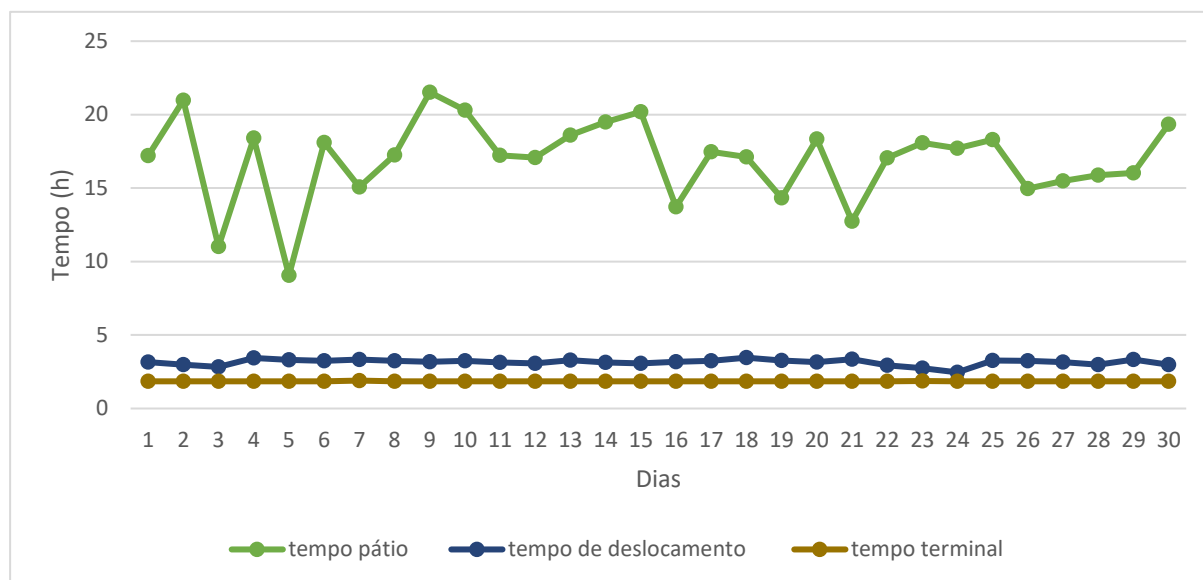


Gráfico 4 - Tempo Médio de Fila em 30 dias TEAG – Simulação a partir dos dados

Fonte: Próprio Autor

O tempo médio de deslocamento (laranja) fica em torno de 4,7 horas, cerca de uma hora a mais do que os caminhões do TEG, sendo que a quantidade de caminhões com destinos ao TEAG é menor do que a de caminhões com destino ao TEG. A média do tempo total no sistema pátio-terminal é de 23,5 horas. O Quadro 3 resume os resultados obtidos.

Quadro 3- Tempos de Deslocamento TEG e TEAG Modelo Atual

	Parâmetros	Modelo Real		Parâmetros	Modelo Real
TEG	Tempo de Deslocamento (h)	3,7	TEAG	Tempo de Deslocamento (h)	4,7
	Tempo Total no Sistema (h)	18,1		Tempo Total no Sistema (h)	23,5

Fonte: Próprio Autor

5.1.2 Modelagem do Cenário Otimizado

O cenário atual tem apenas um portão de acesso aos terminais TERMAG conforme visto na Figura 4. Apesar da quantidade de caminhões direcionados ao TEAG ser menor que a do TEG (Tabela 2) o seu tempo de deslocamento está maior que o tempo do TEG. Portanto, as filas de caminhões do TEG no portão podem estar influenciando o tempo de deslocamento dos caminhões para o TEAG. Então, para que o tempo de deslocamento seja reduzido, este estudo propôs a construção de um portão de acesso exclusivo para o TEG, visto que já há uma via não pavimentada conforme mostrado na Figura 18.



Figura 18- Terminais TERMAG

Fonte: Home Page TERMAG - Adaptado

É importante salientar que o acesso aos terminais pelo modo rodoviário dá-se apenas pelo caminho em vermelho, sendo o TEG o terminal indicado com a seta laranja e o TEAG indicado pela seta amarela. O portão atual está representado na Figura 18 pelo quadrado roxo enquanto o novo portão e a via sugerida estão em azul.

Com as sugestões de otimização foi realizada uma simulação do cenário otimizado. Porém, tendo em vista que o gargalo do deslocamento se encontra nos portões de acesso, com a criação de mais um portão e uma via, o tempo de deslocamento seria reduzido aproximadamente pela metade, nesta simulação. Assim, obteve-se o seguinte diagrama de fluxo acumulado para o modelo otimizado, conforme Figura 19 para o TEG e Figura 20 para o TEAG.

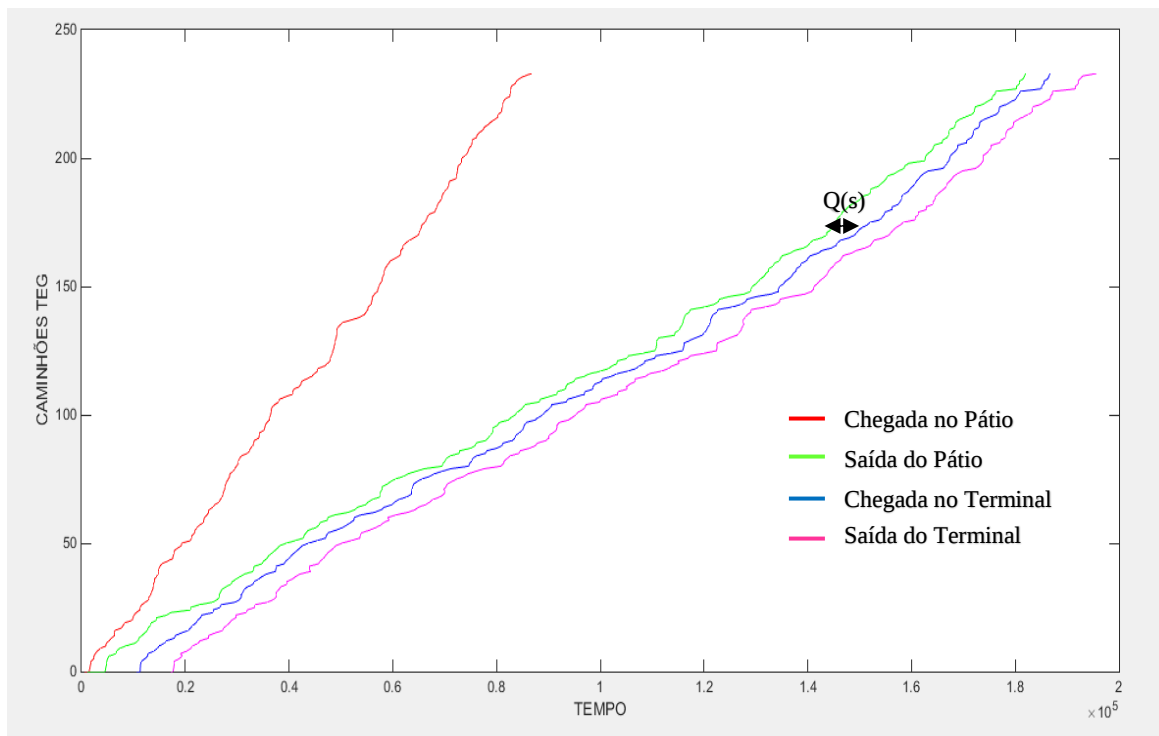


Figura 19- Diagrama de fluxo acumulado otimizado TEG

Fonte: Próprio Autor

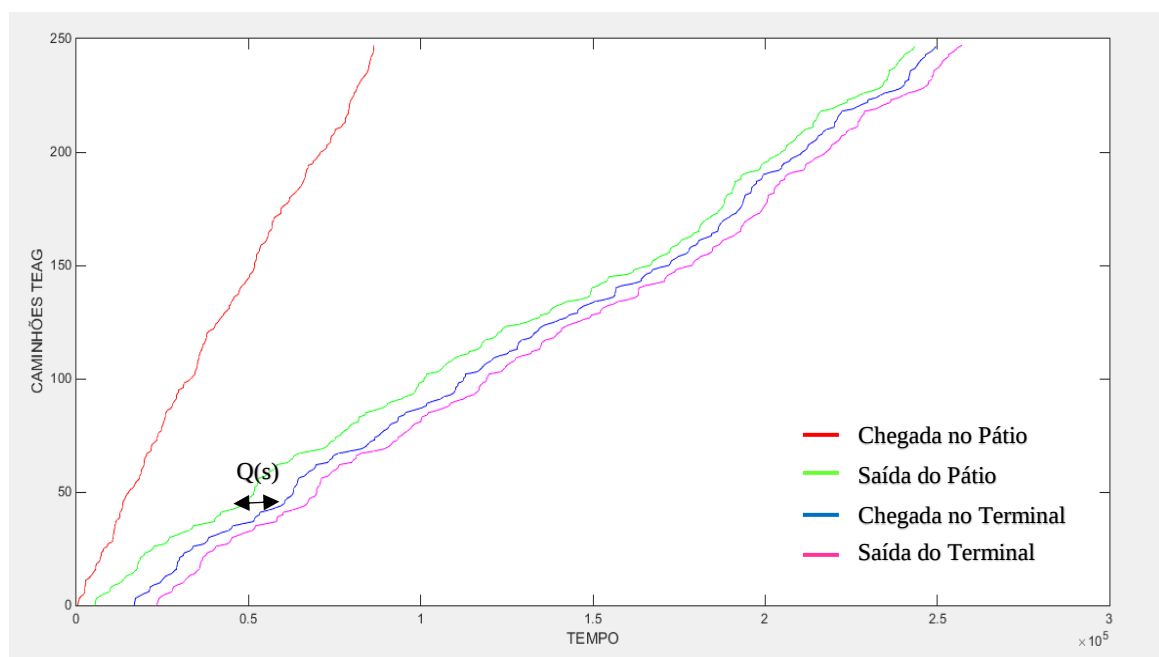


Figura 20- Diagrama de fluxo acumulado otimizado TEAG

Fonte: Próprio Autor

Nestas Figuras 19 e 20 pode-se perceber que a distância $Q(s)$ no tempo de deslocamento foi diminuída em relação ao $Q(s)$ do cenário não otimizado.

Para o modelo otimizado também foram calculados os tempos de permanência para o pátio regulador, o tempo de deslocamento para o terminal, o tempo de serviço no terminal e o tempo total no sistema. Conforme visto no Gráfico 5 para o TEG e no 6 para o TEAG, o tempo médio de deslocamento teve uma redução significativa.

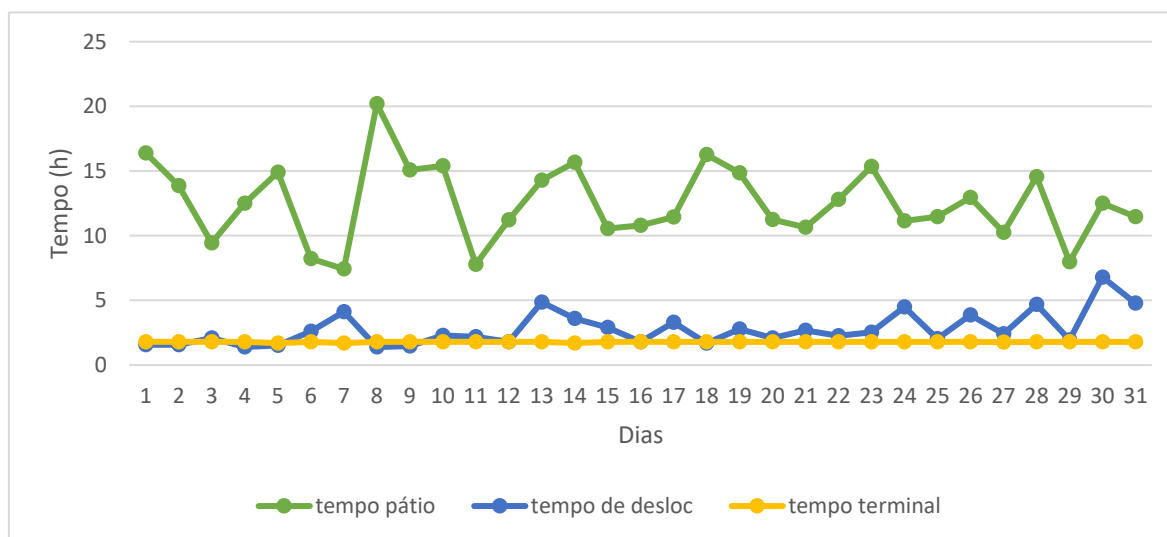


Gráfico 5 - Tempo Médio de Fila em 30 dias TEG Otimizado

Fonte: Próprio Autor

Nesta otimização os caminhões tiveram seu tempo médio de deslocamento igual a 2,76 horas, enquanto a média de tempo total, no sistema pátio-terminal, foi igual a 16,2 horas.

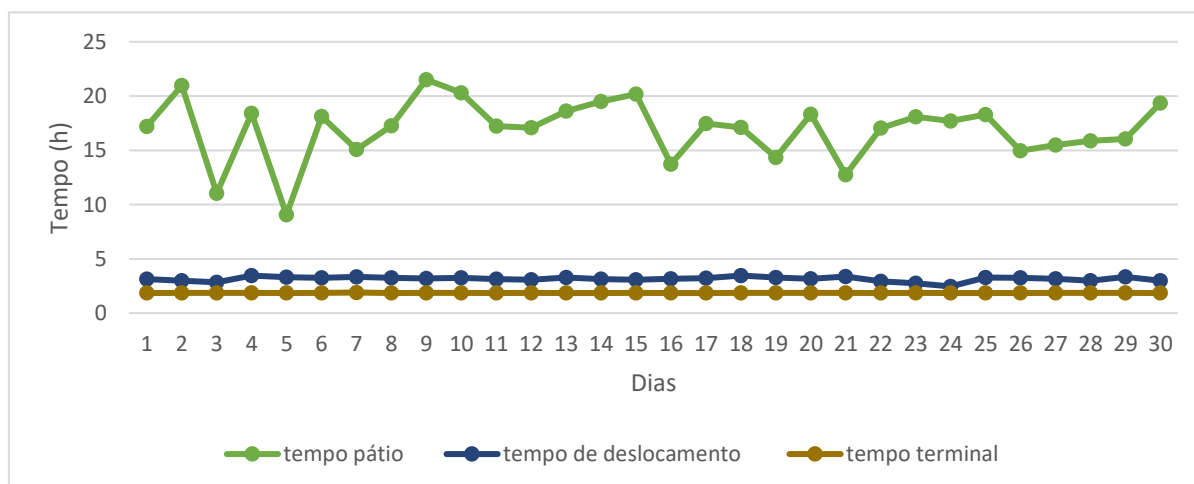


Gráfico 6 - Tempo Médio de Fila em 30 dias TEAG Otimizado

Fonte: Próprio Autor

Os caminhões destinados ao TEAG tiveram um tempo médio de deslocamento igual a 3,15 horas e o tempo total no sistema com média de 20,1 horas. A Tabela 3 mostra os parâmetros do cenário atual comparados com os parâmetros do cenário otimizado para o TEG e para o TEAG.

Tabela 3 - Parâmetros dos Cenários TEG

TEG			
Parâmetros	Modelo Real	Modelo Otimizado	Porcentagem de Melhoria
Tempo de Deslocamento (horas)	3,7	2,76	25%
Tempo Total no Sistema (horas)	18,1	16,2	10%

TEAG			
Parâmetros	Modelo Real	Modelo Otimizado	Porcentagem de Melhoria
Tempo de Deslocamento (horas)	4,7	3,15	33%
Tempo Total no Sistema (horas)	23,5	19,5	15%

Fonte: Próprio Autor

Para o TEG o tempo de deslocamento foi melhorado em 25% e para o TEAG em 33%. Essas otimizações promoveram uma melhoria para o tempo de sistema total de 10% e 15%, respectivamente. Desta forma, as análises de custos geralmente enfrentam um *trade off* entre melhorar o desempenho do sistema para fornecer um serviço melhor contra o custo advindo dessas melhorias (GROSS et al., 2008). Segundo Guasch (2011), a infraestrutura física para escoamento é uma das maiores fontes de custos logísticos para os países da América Latina, representando mais de 15% do PIB destes países.

5.1.3 Análise de Custos

Para o cálculo dos custos logísticos foram utilizados os custos relacionados à média dos fretes dos três principais estados produtores de soja.

Segundo dados da CONAB (2017), o maior produtor brasileiro de soja é o estado do Mato Grosso com uma produção de 30,42 milhões de toneladas, representando 26,78% de toda a produção brasileira seguido pelos estados do Paraná, Rio grande do Sul e Goiás, com 17,46%, 16,42%, 9,45% e 7,13%, respectivamente. A produção total é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 - Principais Estados Produtores de Soja

Estado	Total de Soja (mil toneladas)
Mato Grosso	30.513
Paraná	19533
Rio Grande do Sul	18713
Goiás	10818
Mato Grosso do Sul	8575
Total Brasileiro	113924

Fonte: Próprio Autor

De acordo com dados do IBGE (2016), os principais municípios produtores de soja para cada estado supracitado estão relacionados na Quadro 4. Para o Paraná e o Rio Grande do Sul,

segundo e terceiros maiores produtores de soja no país, não tiveram um município com grande relevância na produção, o que significa uma distribuição ampla da produção pelo estado. Na análise, foram considerados para o Paraná os dados do Parque Tecnológico de Itaipu, onde os principais municípios produtores de soja do estado encontram-se na região oeste, sendo o município de Capitão Leônidas Marques o maior produtor. Por outro lado, de acordo com o Plano Mestre do Porto de Santos (SEP/PR), a maioria das cargas advindas do Rio Grande do Sul não são destinadas a este porto, logo, este estado foi excluído da análise.

Quadro 4 - Principais Municípios Produtores de Soja

Estado	Município
MT	Sorriso e Nova Ubitatã
PR	Capitão Leônidas Marques
GO	Rio Verde, Jataí
MS	Maracaju

Fonte: Próprio Autor

Para o preço do frete foram utilizados os dados do portal FreteBras onde se encontram divulgados online os fretes de veículos, produtos e serviços do setor de transporte rodoviário de cargas. Os cálculos dos fretes foram feitos obtendo um preço médio entre os valores ofertados no portal.

Levando em consideração que 37 toneladas é a quantidade geralmente transportada por um caminhão graneleiro padrão foram calculados os custos médios do frete por hora que podem ser vistos na Tabela 5.

Tabela 5 - Custo médio do frete por hora

Município	UF	Ton	Valor do Frete (R\$/ton)	Tempo de Viagem (h)	Tempo Porto TEG	Tempo Porto TEAG	Custo Médio TEG (R\$/h)	Custo Médio TEAG (R\$/h)
Sorriso	MT	37	202,25	60	18,1	23,5	95,82	89,62
Nova Ubitatã	MT		262,8	62			121,39	113,73
Capitão Leônidas Marques	PR		546,5	30			420,38	377,95
Rio Verde	GO		146,62	31			110,49	99,54
Jataí	GO		157	32			115,95	104,67

Fonte: Próprio Autor

Conforme pode ser visto na tabela 1 o Porto de Santos foi responsável por 28% das exportações do complexo de soja em 2014. E por fim, para o cálculo dos custos foram utilizados os dados do Relatório de Análises do Movimento Físico da CODESP sobre a participação nas exportações do complexo de cada origem com destino ao porto. Para o estado do Paraná

portanto foram usados os dados de outro granel dispensado nos mesmo terminais. As participações podem ser vistas na Tabela 6.

Tabela 6 – Participação dos Estados na Exportação da soja pelo Porto de Santos

	Mato Grosso	Goiás	São Paulo	Paraná
Participação	51,51%	18,66%	12,14%	0,53%

Fonte: CODESP / MDIC 2014

No caso de teoria de filas a custos associados a atrasos, bem como relacionados ao fornecimento de uma maior taxa de serviço em qualquer gargalo (NEWELL, 1982). Desta forma a análise de custos se resume a um *trade off* para fornecer a melhor solução entre os cenários. No presente estudo o custo associado às filas de caminhões é utilizado para calcular o quanto se perde de custos logísticos de transportes. Sendo assim, de acordo com os esclarecimentos anteriores, os custos associados às filas podem ser estimados de acordo com a seguinte equação:

$$C = n . pes . pep . f . t$$

Onde:

- C = custo total de transporte associados às filas
- n = número de entradas de caminhões no período considerado
- pes = percentual de exportação da soja brasileira produzida no ano
- pep = percentual de exportação da soja pelo Porto de Santos
- f = preço do frete (custo médio) estimado em R\$/h de cada estado
- t = tempo de sistema portuário

Os custos para o cenário atual estão apresentados na Tabela 7 para cada cidade e terminal.

Tabela 7 – Custos de transportes associados à filas para o Cenário Atual TEG e TEAG

TEG						
Município	Tempo Porto TEG (horas)	Custo médio (R\$/horas)	Exportação da Soja no Brasil	Exportação de Cada Cidade	Chegadas de Caminhões no mês	Custos para o Cenário Atual
Sorriso	18,1	95,82	28%	52%	8618	2.155.209,76
Nova Ubiratã		121,39		52%		2.730.517,06
Capitão Leônidas Marques		420,38		0,53%		97.311,86
Rio Verde		110,49		18,60%		897.572,39
Jataí		115,95		18,60%		941.932,30
Total Mensal						6.822.543,38
Total Anual						81.870.520,53
TEAG						
Município	Tempo Porto TEAG (horas)	Custo médio (R\$/horas)	Exportação da Soja no Brasil	Exportação de Cada Cidade	Chegadas de Caminhões no mês	Custos para o Cenário Atual
Sorriso	23,5	95,82	28%	52%	7380	2.396.231,12
Nova Ubiratã		121,39		52%		3.035.876,17
Capitão Leônidas Marques		420,38		0,53%		108.194,44
Rio Verde		110,49		18,60%		997.949,69
Jataí		115,95		18,60%		1.047.270,45
Total Mensal						7.585.521,87
Total Anual						91.026.262,50

Para o cenário atual do TEG o custo total C é de R\$ 6.822.543,38 no mês, totalizando um custo anual de R\$ 81.870.520,53. E para o TEAG o custo C igual a R\$ 7.585.521,87 e totalizando para um ano tem-se R\$ 91.026.262,50. Sendo assim, o custo total é de R\$ 172.896.783,03 anuais para os dois principais terminais de escoamento durante a safra de soja.

Após a otimização realizada, o tempo dos caminhões no sistema irá diminuir conforme visto na Tabela 3. Foram utilizados os mesmos parâmetros para o cálculo do cenário futuro vistos na Tabela 8.

Tabela 8 - Custos do Cenário Otimizado TEG e TEAG

TEG						
Município	Tempo Porto TEG (horas)	Custo médio (R\$/horas)	Exportação da Soja no Brasil	Exportação de Cada Cidade	Chegadas de Caminhões no mês	Custos para o Cenário Atual
Sorriso	16,2	95,82	28%	52%	8618	1.928.972,27
Nova Ubiratã		121,39		52%		2.443.888,19
Capitão Leônidas Marques		420,38		0,53%		87.096,80
Rio Verde		110,49		18,60%		803.352,09
Jataí		115,95		18,60%		843.055,43
Total Mensal						6.106.364,79
Total Anual						73.276.377,50
TEAG						
Município	Tempo Porto TEAG (horas)	Custo médio (R\$/horas)	Exportação da Soja no Brasil	Exportação de Cada Cidade	Chegadas de Caminhões no mês	Custos para o Cenário Atual
Sorriso	19,5	95,82	28%	52%	7380	1.988.362,00
Nova Ubiratã		121,39		52%		2.519.131,29
Capitão Leônidas Marques		420,38		0,53%		89.778,36
Rio Verde		110,49		18,60%		828.085,91
Jataí		115,95		18,60%		869.011,65
Total Mensal						6.294.369,22
Total Anual						75.532.430,58

Este cenário otimizado teve o custo total C é de R\$ 6.106.364,79 no mês para o TEG, totalizando custo anual de R\$ 73.276.377,50. E para o TEAG o custo C igual a R\$ 6.294.369,22 e totalizando para um ano atinge-se R\$ 75.532.430,58. Sendo assim para os dois principais terminais de escoamento durante a safra de soja o custo total é de R\$ 148.808.808,08 anuais.

Ao relacionar o cenário atual com o cenário otimizado a economia seria de R\$ 2.007.331,22 por mês, o que totalizando para um ano alcançaria R\$ 24.087.974,64.

6. CONCLUSÕES

6.1 Considerações Finais

Na logística, assim como na Teoria de Filas existem custos associados a atrasos assim como o aumento da taxa de serviço em determinado gargalo (NEWELL, 1982). O objetivo deste estudo foi propor melhorias para reduzir as filas em determinados portões do Porto de Santos, aplicando uma área da Pesquisa Operacional, em particular a Teoria de Filas.

Este estudo focou em mostrar o impacto que as filas geradas pelo tempo de deslocamento, que é o segundo maior gargalo das operações portuárias, traz no período de maior escoamento da soja.

Conforme visto na Figura 2, as distâncias dos pátios para os terminais de escoamento são de 20 quilômetros e considerando uma velocidade média de 40 km/h, poderia ser transitado em aproximadamente 30 minutos. Sendo assim, é injustificável um tempo de deslocamento médio igual a três horas para o TEG e de quatro horas para o TEAG.

As análises feitas para estimar a melhoria proposta consistiram em três etapas: (i) simular o cenário atual; (ii) simular o cenário otimizado e (iii) comparar a melhoria entre eles. Sendo assim, foi possível estimar um cenário futuro após a construção de um novo portão e via de acesso aos terminais TERMAG. Nesse cenário, foi factível mensurar o benefício temporal do investimento proposto, tendo seus tempos e tamanhos de filas melhorados.

A partir dos dados das tabelas 3 foi possível perceber que a simples adição de um segundo portão e de uma via adicional de acesso melhorariam significativamente os parâmetros do sistema. A adição do portão com fluxo apenas para o TEG iria desafogar o fluxo de caminhões e trazer um grande benefício, pois, a perda de produtos acaba prejudicando desde o produtor até o consumidor.

Ao se analisar os custos envolvidos nos transportes, nas Tabelas 8 e 9, foram obtidos resultados satisfatórios que justificam o investimento em um segundo portão, visto que o valor da economia que o investimento traria seria de aproximadamente R\$ 25 milhões anuais.

6.2 Recomendações para Trabalhos Futuros

- Realização de simulações para sistemas diferentes: neste trabalho, foram realizadas simulações para o par de um pátio regulador, Rodopark, e dois terminais, o TEG e o TEAG, portuários para o mês de março do ano de 2014. Simulações realizadas para outros pares de pátio regulador-terminal portuário e para outros conjuntos de meses gerariam resultados interessantes para se comparar com os aqui observados, como sazonalidades.
- Realização de simulações analisando a situação para os anos de 2016 ou 2015: a utilização de dados mais atuais pode corroborar ou não algumas suposições utilizadas neste trabalho, acerca da aquisição de tombadores e vagas disponíveis para os caminhões nos terminais portuários.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BALLOU, R. H **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/Logística empresarial**. 5.^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BANCO MUNDIAL. Disponível em:
<<http://data.worldbank.org/indicator/LP.LPI.OVRL.XQ>>. Acesso em: Agosto de 2017

BOWERSOX, D.J; CLOSS D. J. **Logística Empresarial: O Processo de Integração da Cadeia de Suprimento**. São Paulo: Atlas, 2001.

BOWERSOX, D.J; CLOSS D.; COOPER, M. B. **Gestão Logística da Cadeia de Suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CHAPMAN, S. J. **Programação em MATLAB para Engenheiros.**: Thompson learning, 2006

CHOPRA, S. **Supply Chain Management – Strategy, Planning and Operation**. 3rd ed. New Jersey: Prentice Hall, 2007.

CODESP. **Análise do Movimento Físico do Porto de Santos: Dezembro de 2015**. Santos, SP, 2016.

_____. **Análise do Movimento Físico do Porto de Santos: Abril de 2016**. Santos, SP, 2016.

_____. **Análise do Movimento Físico do Porto de Santos: Fevereiro de 2014**. Santos, SP, 2014.

_____. **Análise do Movimento Físico do Porto de Santos: Maio de 2014**. Santos, SP, 2014.

_____. **Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Santos**. Santos, SP, 2006.

_____. **Resolução n 136**. Santos, SP, 2013.

COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE.

Disponível em:

<<http://www.cepal.org/cgibin/getProd.asp?xml=/perfil/noticias/noticias/4/54974/P54974.xml&xsl=/perfil/tpl/p1f.xsl&base=/perfil/tpl/top-bottom.xsl>>. Acesso em: agosto de 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em: <
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_06_08_09_02_48_boletim_gaos_junho_2017.pdf>

COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS
(CSCMP). Disponível em:

<https://cscmp.org/sites/default/files/user_uploads/resources/downloads/glossary-2013.pdf>.

Acesso em: agosto de 2017.

_____. 26th Annual State of Logistics: Freight moves the economy, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE COMUNICAÇÃO. Disponível em:

<<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2016-03/ibge-pib-fecha-2015-com-queda-de-38>>. Acesso em: agosto de 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Disponível em:

<<http://www.cnpso.embrapa.br/sojaemnumeros/>>. Acesso em: agosto de 2017.

_____. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: agosto de 2017.

FARAHANI, R. Z. **Supply Chain and Logistics in National, International and Government Environment: Concepts and Models.** Berlin Heidelberg: Springer, 2009

FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL. **Global Competitiveness Report 2015-2016.** Switzerland, 2015.

GROSS, D.; SHORTLE, J. F.; THOMPSON, J. M.; HARRIS, C. M. **Fundamentals of Queueing Theory.** 4th ed. New Jersey: Wiley, 2008.

HALL, R. W. (Editor). **Handbook of Transportation Science.** 2nd ed. New York: Kluwer Academic, 2003.

HILLIER, F. S; LIEBERMAN, G. J. **Introduction to Operations Research.** 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2001.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA.

Disponível em: < <http://www.imea.com.br/site/cotacoes.php?produto=1&subproduto=8>>.

Acesso em: 17 jun 2016.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; SWETS, N. B. **Simulation with Arena.** 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2009.

LAVORENTI, G.B. **Caracterização das vias de exportação de soja do estado do mato grosso.** Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial – ESALQ-LOG, 2011

MIGUEL, P. A. C. (Coordenador). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** Rio de Janeiro, Elsevier, 2010.

NEGRI, F.; ALVARENGA, G. V. **A Primarização da Pauta de Exportações no Brasil: Ainda um Dilema.** Radar, n. 13, p. 7-14, 2011.

NEWELL, G. F. **Applications of Queueing Theory**. 2nd ed. New York: Chapman and Hall, 1982.

OJIMA, A. L. R. O. **Análise da movimentação logística e competitividade da soja brasileira: uma aplicação de um modelo de equilíbrio espacial de programação quadrática**. Universidade Estadual de Campinas, 2004.

PONTES, H, L, J.; CARMO, B. B. T.; PORTO, A. J. V. **Problemas logísticos na exportação brasileira da soja em grão**. SISTEMAS & GESTÃO, v.4, n.2, p.155-181, maio a agosto de 2009.

PORTO DE SANTOS. Disponível em:
<<http://www.portodesantos.com.br/mercado.php>>. Acesso em: agosto de 2017.

PRATAP, R. **Getting Started With MATLAB**. New York: Oxford University Press, 2010.

RANTASILA, K., OJALA, L. **Measurement of National-Level Logistics Costs and Performance**. Discussion paper, n.4, p. 1-62, 2012

REINERTSEN, D. G. **Managing the Design Factory**. New York: The Free Press, 1997

RIPOLL, F. G. **Proposta de uma análise logística no agronegócio como fator competitivo para a distribuição e comercialização da soja em grão no estado de Mato Grosso**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília, Brasília, 2010, 151p.

ROSS, S. **Simulation**. 5th ed. Amsterdam: Academic Press, 2013.

ROSSETTI, M. D. **Simulation Modeling and Arena**. 2nd ed. New Jersey: Wiley, 2015.

SITE RODOPARK LOGÍSTICA. Disponível em: <
<http://alcaldejau.wix.com/rodoparknovo#!fotos> >. Acesso em: agosto de 2017.

THE JOURNAL OF COMMERCE. Disponível em:
<http://www.joc.com/truckinglogistics/drayage/la-lb-truck-turn-times-inch_20160511.html >. Acesso em: Acesso em: agosto de 2017.

WATERS, D. **Logistics – an Introduction to Supply Chain Management**. New York: Palgrave Macmillan, 2003.

WILSON, R. A. **Economic Impact of Logistics**. In: TAYLOR, G. D. (Editor). **Introduction to Logistics Engineering**. Florida: CRC Press, 2009.