



Vanessa Aparecida Pinheiro

**Simulação do Processo de Carregamento em uma Base
Distribuidora de Combustível**

Dissertação de Mestrado (Opção profissional)

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Fernando Luiz Cyrino Oliveira

Rio de Janeiro
Setembro de 2017



Vanessa Aparecida Pinheiro

Simulação do Processo de Carregamento de uma Base Distribuidora de Combustível

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Fernando Luiz Cyrino Oliveira

Presidente e Orientador

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. José Eugênio Leal

PUC-Rio

Prof. Hugo Miguel Varella Repolho

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Márcio da Silveira Carvalho

Coordenador (a) Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 04 de setembro de 2017

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Vanessa Aparecida Pinheiro

Graduou-se em Engenharia de Produção pela Pontifícia Universidade Católica em dezembro de 2010. Concluiu o curso de Formação em Logística pelo Instituto de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio de Janeiro em Dezembro de 2012.

Ficha Catalográfica

Pinheiro, Vanessa Aparecida

Simulação do processo de carregamento em uma base distribuidora de combustível / Vanessa Aparecida Pinheiro; orientador: Fernando Luiz Cyrino Oliveira. - 2017.

74 f.: il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia de Industrial, 2017.

Incluí referências bibliográficas.

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Base de distribuição de combustíveis 3. Simulação. 4. Produtividade de processos. I. Oliveira, Fernando Luiz Cyrino. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

Dedico esta dissertação à minha família e ao meu
companheiro, João.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, por iluminar meus passos em busca dos meus objetivos e sonhos.

Agradeço, em especial, aos meus pais e irmãos que sempre apoiaram as minhas vontades e me ensinaram como é importante aprimorar os conhecimentos, para alcançar meus desejos e me tornar uma pessoa melhor. Obrigada pelos exemplos de força e perseverança que são para mim, e por me fazer acreditar que o dia de amanhã pode ser melhor que o de hoje, só depende de nós.

Ao meu companheiro, João, pela força, paciência, compreensão e amparo. Sua ajuda e energia foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e por fazer acreditar que eu seria capaz de concluir.

Agradeço ao meu orientador Prof. Fernando Luiz Cyrino Oliveira pela confiança e colaborações fundamentais para o presente trabalho. Seu incentivo e experiência foram essenciais para o desenvolvimento desta dissertação.

Aos professores que participaram da comissão examinadora.

À aluna Janaína Figueira Marchesi, que me orientou e colaborou para meu trabalho com seus conhecimentos.

Aos meus amigos que estão sempre comigo, apóiam meus projetos e trazem paz, leveza e alegrias aos meus dias.

Por fim, o meu agradecimento a todos aqueles que contribuíram para que esta dissertação fosse concluída.

Resumo

Pinheiro, Vanessa Aparecida; Oliveira, Fernando Luiz Cyrino. **Simulação do Processo de Carregamento em uma Base Distribuidora de Combustível**. Rio de Janeiro, 2017. 74p. Dissertação de Mestrado (Opção profissional) - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A busca por processos mais eficientes, e que tornem as operações mais produtivas, é constante e importante em um mercado em que as margens de lucros são cada vez menores, principalmente no segmento de combustíveis. Desta forma, as empresas que comercializam derivados de petróleo buscam, através de ferramentas computacionais, melhorarem suas atividades, desde aquelas mais estratégicas até as operacionais que ocorrem no decorrer dos dias. Com o objetivo de buscar oportunidades de melhorias nos processos, este trabalho tem como propósito modelar e simular um processo de carregamento em uma base distribuidora de combustíveis. Foram elaborados 5 cenários com a finalidade de avaliar os processos e recursos disponíveis para realizar carregamentos de caminhões tanques durante um determinado tempo. O modelo foi desenvolvido no *software* Arena e os resultados foram discutidos por meio de indicadores usados em operações com o foco em aperfeiçoamento de processos de carregamentos de veículos. Os indicadores foram apurados em cada cenário, para validação da capacidade de atendimento de acordo com suas particularidades. Para ratificar o modelo, um cenário foi utilizado e os outros 4 cenários se basearam na variação de tempo de operação e na quantidade de baias disponíveis para o carregamento, com enfoque em entender como seria o atendimento de variações da demanda de consumo. Através das avaliações dos resultados foi verificado que existe um problema de fila na operação e algumas sugestões de melhorias foram expostas no trabalho.

Palavras-chave

Bases de distribuição de combustíveis; simulação; produtividade de processos.

Abstract

Pinheiro, Vanessa Aparecida; Oliveira, Fernando Luiz Cyrino (Advisor). **Loading Process Simulation in a Fuel Distribution Base**. Rio de Janeiro, 2017. 74p. Dissertação de Mestrado (Opção profissional) - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The search for more efficient processes, in order to make operations more profitable, is constant and important in a market where profit margins are becoming smaller, especially in the fuel segment. Therefore, companies that market oil derivatives try to improve their activities through computational tools, from the most strategic ones to the operational ones that occur in the passing of the days. Looking for process improvement opportunities, this work aims to model and simulate a loading process in a fuel distribution base. Five scenarios were designed under the objective of evaluating procedures and available resources to perform tank truck loadings during a certain time interval. The model was developed in the Arena software and results were grounded through indicators that are used in operations with the purpose of improving the process of vehicle loading. Indicators were verified in each scenario, in order to validate the service capacity according to their particularities. To ratify the model, a scenario has been used and four other scenarios were based on the operation time variation and the quantity of available loading docks, focusing on the understanding of how the support for variations in the consumption demand would be. Through the evaluation of the results, a problem in the operation line was verified and some improvement suggestions were exposed in this work.

Keywords

Fuel distribution base; simulation; productivity of processes.

Sumário

1 Introdução	13
1.1. Objetivos	17
1.2. Estrutura Apresentada	18
2 Referencial Bibliográfico	19
2.1. Sistemas	21
2.2. Simulação	24
2.2.1. Modelo de Simulação	29
2.3. Conclusões sobre o Referencial Bibliográfico	32
3 Modelo Proposto	34
3.1. Base Estudada	37
3.2. Mapeamento dos processos da base	40
3.2.1. Chegada e liberação dos veículos	40
3.2.2. Espera do veículo dentro da base	42
3.2.3. Carga e descarga	43
3.2.4. Liberações dos veículos para saída da base	44
3.3. Cenários Avaliados	45
3.4. Premissas do modelo	49
3.5. Coleta de dados	51
3.6. Implementação do modelo	53
3.6.1. Verificação e validação do modelo	55
4 Análise de Cenários	57
5 Conclusões	64
5.1. Trabalhos futuros	66
6 Referências bibliográficas	68

Apêndice 1 - Algumas distribuições dos dados coletados	70
Apêndice 1.1. - Tempo entre chegada dos caminhões na base distribuidora	70
Apêndice 1.2. - Tempo de espera no pátio, em fila, para entrada na base	71
Apêndice 1.3. - Tempo de espera para realizar o carregamento	71
Apêndice 1.4. - Tempo de realização da operação de carregamento	72
Apêndice 1.5. - Tempo para saída da base de distribuição	73

Lista de tabelas

Tabela 1a, 1b e 1c – Dados estatísticos resultantes da base de dados inicial relativos ao processo de carregamento de CT's	50
Tabela 2 – Validação do modelo	56
Tabela 3 – Indicadores	57
Tabela 4 – Resultados dos cenários propostos	58

Lista de figuras

Figura 1 - Localização de refinarias e usina	15
Figura 2 - Processo simples de modelagem	23
Figura 3 - Tipos de estrutura de redes aplicadas à simulação	27
Figura 4 – Metodologia de simulação	30
Figura 5 – Sistema básico de filas	31
Figura 6 – Carregamento no formato <i>bottom</i>	34
Figura 7 – Localização da refinaria Reduc	36
Figura 8 – Localização dos produtos e bacias de derivados de petróleo	37
Figura 9 – Estrutura de armazenagem da empresa estudada	38
Figura 10 – Base de distribuição estudada	39
Figura 11 – Mapeamento do processo de chegada e liberação do veículo para acesso a base	42
Figura 12 – Mapeamento do processo de espera do veículo dentro da base para realizar o processo de carga	43
Figura 13 - Mapeamento do processo de carga	44
Figura 14 - Liberação do veículo para saída da base	45
Figura 15 - Ilustração do processo na base, demonstrado pelos tempos que representam cada fase	46
Figura 16 - Gráfico da média de caminhões por hora	48
Figura 17 - Modelo de simulação construído no Arena	54

Lista de quadros

Quadro 1 – Exemplos de componentes de um sistema	22
Quadro 2 – Média de números de CT's que carregam na base por faixa de horário	47
Quadro 3 – Base de dados reais coletados na base distribuidora	51
Quadro 4 – Levantamento de <i>outliers</i>	52
Quadro 5 – Resultados do <i>Input Analyser</i>	53
Quadro 6 - Resultados das replicações do modelo criado no Arena	55

1 Introdução

O mercado de distribuição de combustíveis no país teve início nos anos 20, no Rio de Janeiro, quando a venda de combustíveis começou a ser realizada diretamente para os consumidores. A primeira tentativa de regulamentação do petróleo se deu em 1938, com a criação do Conselho Nacional do Petróleo (CNP), durante o governo de Getúlio Vargas. Após a segunda guerra mundial, o petróleo se tornou a principal fonte de energia mundial, o que levou os países a buscarem fontes destes produtos, para se tornarem competitivos perante as outras nações (Ayres; Freitas, 2008, p. 2).

A Petrobras, maior companhia de exploração de petróleo do país, começou suas operações em 1953, ano em que se iniciou o monopólio estatal de petróleo. Em seguida, órgãos como o Instituto Brasileiro de Petróleo (IBP) e o Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes (SINDICOM) foram criados com o objetivo de acompanhar a qualidade dos produtos comercializados e, também, a livre concorrência entre as empresas distribuidoras. Em 1997, foi criada a Agência Nacional do Petróleo (ANP), que regulamenta a atuação da indústria do petróleo, gás natural e biocombustíveis, de acordo com o Sindicato das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes¹.

No Brasil, há 29 bacias sedimentares voltadas para a retirada do petróleo do fundo dos mares, porém nem toda sua área é trabalhada, devido às exigências fiscais e liberações de concessões de explorações pelos órgãos ambientais. Apesar das dificuldades, este mercado movimentou grande parte da economia do país, atraindo empresas petrolíferas do mundo todo e estimulando a indústria nacional de bens e serviços, de acordo com a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP².

A exploração e produção são a base para fornecimento de petróleo, maior

¹http://www.sindicom.com.br/#conteudo.asp?conteudo=75&id_pai=63&targetElement=leftpart

² <http://www.anp.gov.br/wwwanp/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas>

fonte de energia utilizada no mundo hoje em veículos automotores. Sendo assim, grandes investimentos são realizados neste setor, com o objetivo de aumento do conhecimento e desenvolvimento de tecnologias que tornem o processo mais otimizado e com melhores performances de abastecimento.

A produção de petróleo é definida por uma fase do processo da indústria petrolífera, composta pela exploração, terminação, a produção propriamente dita e o refino do mesmo. Esta produção pode ser feita em terra (*onshore*) e em mar (*offshore*) (Kimura, 2005).

Os impactos ambientais causados pela exploração do petróleo podem ser negativos ou positivos. Um dano ambiental é qualquer alteração de propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, resultante de qualquer forma ou energia vindo de atividades humanas, que direta ou indiretamente afetam a saúde, a segurança e bem-estar da sociedade, assim como a economia, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais, conforme exposto pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA (1986).

Apesar da grande disponibilidade de petróleo para exploração no Brasil, a distribuição de 80% do volume está concentrada em quatro companhias, que lideram o *market share* do ramo no país. Elas possuem bases de armazenamento, assim como uma logística robusta para atendimento de todo o mercado. Quatro modais de logística são utilizados para a distribuição de derivados de petróleo: rodoviário, ferroviário, dutoviário e aquaviário/marítimo.

Cada empresa de distribuição de derivados de petróleo possui uma propriedade integral ou compartilhada de terminais de armazenagem em todo o território nacional. Estes terminais estão estrategicamente localizados próximos a refinarias e usinas e a clientes finais, com o objetivo de atender as demandas com um bom nível de serviço, qualidade e baixo custo. As empresas distribuidoras são responsáveis por coordenar os fluxos de recebimento e entrega de combustíveis garantindo o abastecimento de todo o país, acompanhando o planejamento de vendas adotado por cada uma.

Os produtos comercializados pelas distribuidoras são oriundos de refinarias e usinas. As refinarias são responsáveis pelo refino e pela limpeza de óleo cru extraídos de suas fontes, como poços e minas. As usinas são indústrias responsáveis pela produção, principalmente, de biodiesel, que é um combustível biodegradável fabricado a partir de fontes renováveis e do etanol, que tem como

matéria-prima a cana de açúcar e é responsável pelo abastecimento dos veículos com motores de explosão. Há um grande número de usinas no Brasil, que juntamente com as refinarias abastecem as distribuidoras de combustíveis. Atualmente, o Brasil conta com 18 refinarias, 385 usinas de etanol e 51 usinas de biodiesel, localizadas conforme exposto na Figura 1.

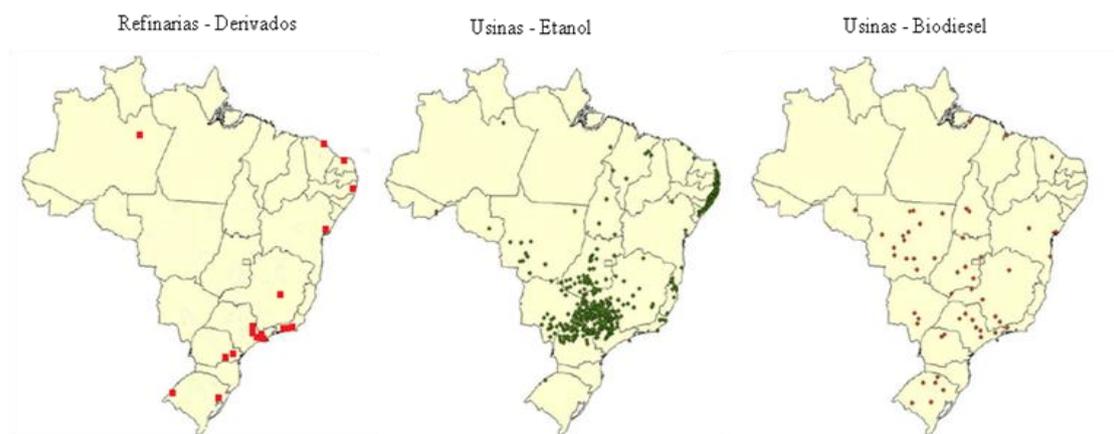


Figura 1- Localização de refinarias e usinas

Fonte: ANP (2016)³.

Os produtos comercializados para clientes finais são basicamente: gasolina, diesel, biodiesel, gás natural e etanol. A gasolina e o diesel são recebidos nas bases armazenadoras na sua forma padrão, ou seja, conforme foram extraídos do processo de refino. Nestes produtos são adicionados marcadores, para diferenciar a empresa que comercializa, e aditivos, usados para melhorar e diferenciar sua qualidade quando comparados aos demais produtos do mesmo segmento. O biodiesel, gás natural e etanol são fabricados em usinas e são disponibilizados na versão final aos distribuidores. Estes itens são armazenados em tanques específicos para sua natureza de produto, pois são produtos inflamáveis e precisam de condições especiais para serem mantidos em estoque.

A localização dos tanques que armazenam combustíveis automotores também é outro fator importante, pois é preciso estar distante de redes elétricas e ter bacias de contenção, para evitar qualquer tipo de vazamento. Fatores como equipamentos de incêndios e brigadas, equipes treinadas para manuseio e controle do dia a dia da estrutura dos tanques, são de extrema importância e

³<http://www.anp.gov.br/wwwanp/publicacoes/anuario-estatistico/2441-anuario-estatistico-2016>

constantemente fiscalizados pelos órgãos responsáveis pelo monitoramento de líquidos inflamáveis. Além disso, apresentam grande risco para o meio ambiente e para a humanidade.

Um grande desafio para as distribuidoras de combustíveis hoje é ter suas bases de armazenamento capazes de atender à toda demanda com eficiência e segurança. Assim, investimentos em equipamentos, em novas tancagens, melhorias de processos e segurança são realizados constantemente, porém não na velocidade que deveriam ocorrer, visto que qualquer alteração física é resultante de altos custos financeiros e o retorno ocorre em longo prazo.

A base definida para realizar o estudo é uma das maiores estruturas armazenadoras desta companhia distribuidora de combustíveis localizada no estado do Rio de Janeiro. Neste local, o recebimento de produtos resultantes do refino é feito diretamente do fornecedor através de dutos e aqueles com origem em usinas são entregues em caminhões tanques (CT's). Estes caminhões possuem uma estrutura específica para carregamento de combustíveis e normalmente, para operações de coletas, são de grande porte, com capacidades superiores a 40m³. As expedições são realizadas para abastecimento do estado em que está localizada e também para regiões vizinhas, como Minas Gerais e Espírito Santo.

Desta forma, estudos e análises são realizados constantemente para tornar os processos em uma base distribuidora mais eficientes, principalmente quando a operação não é capaz de atender um aumento de demanda sem o tratamento correto dos gargalos. Um exemplo são as filas de caminhões que aguardam para realizar o carregamento.

Neste cenário, a simulação tem sido estudada por profissionais através do mapeamento dos processos e inserção de dados reais em sistemas virtuais. O objetivo é que, através da utilização de ferramentas de simulação, as empresas possam entender como um sistema real se comporta, para identificar gargalos operacionais e propor melhorias para as atividades rotineiras.

O *software* Arena® é fortemente usado em modelos de simulações, principalmente em áreas como logística, fábricas e na cadeia de suprimentos como um todo para análise de filas, linhas de produção e processos industriais contínuos. A sua utilização é baseada em modelos já existentes, como por exemplo, chegadas de veículos, filas, decisões e atrasos. O Arena® foi criado por uma empresa americana em 1993 e possui uma linguagem de programação que,

através do processo de simulação consegue descrever e propor novas visões sobre um cenário real (Prado, 2012, p. 33). Ele permite a modelagem de processos basicamente através de fluxogramas. Não há necessidade de inclusão de parte escrita, pois todo o processo é gráfico e visual. As ferramentas deste *software* que são de extrema importância para que o modelo seja construído são:

- Analisador de dados de entrada (*Input Analyser*): através da análise dos dados reais inseridos no sistema esta funcionalidade define a melhor distribuição estatística que se aplica, podendo ser utilizada em todo o processo de avaliação;
- Analisador de resultados (*Output Analyser*): esta ferramenta realiza efetivamente a análise dos dados inseridos, podendo gerar resultados de forma gráfica e efetuar comparações estatísticas.

Os principais benefícios resultantes de uma aplicação no Arena® são: identificação e correção de problemas, diminuição ou eliminação de gargalos, moderação dos custos operacionais, aumento do lucro através de melhorias nas operações, melhor conhecimento do processo e identificação de oportunidades de melhorias.

1.1. Objetivos

O objetivo deste trabalho é analisar uma situação real, referente a um processo de carregamento de caminhões tanques (CT's), em uma base de armazenagem de combustíveis, por meio da modelagem e simulação de eventos discretos.

A proposta essencial deste trabalho é detalhar todo o estudo através das seguintes etapas: (i) apresentar o processo operacional de carregamento em uma base de distribuição de combustíveis; (ii) modelar as atividades que ocorrem dentro deste local e simular cenários que possam colaborar na tomada de decisão estratégica e financeira de investimentos realizados pela diretoria da empresa.

Através do mapeamento do processo atual e das criações dos cenários, o trabalho busca entender e validar quais são os gargalos que afetam a operação e sugere mudanças que possam tornar as atividades diárias mais produtivas e menos custosas. A fila de caminhões tanques, popularmente chamados de “CT's”, é o

maior problema encontrado pela companhia, pois há repercussão na estrutura do local e nas redondezas, que não tem um grande espaço para estacionamento. Além disso, a produtividade da movimentação dos caminhões é menor, visto que eles ficam muito tempo aguardando para realizar a operação, o que resulta no aumento do custo efetivo do frete das entregas de combustíveis.

1.2. Estrutura Apresentada

Neste capítulo, foi feita a apresentação e descrição do tema, citados sua aplicação e objetivo a serem usados para o desenvolvimento do mesmo.

O capítulo 2 contém a revisão bibliográfica, com os principais trabalhos acadêmicos publicados nos últimos anos, com relação a modelos de simulação e otimização de processos operacionais de bases de carregamentos de combustíveis, com o objetivo de avaliar os gargalos.

No capítulo 3, são apresentados os mapeamentos dos processos de carregamento dentro de uma base de armazenagem de combustíveis, a modelagem e simulação das propostas desenvolvidas através de um software de simulação muito utilizado no mercado.

O capítulo 4 expõe a análise dos cenários, para possíveis continuidades de pesquisas no assunto tratado neste trabalho.

Por fim, no capítulo 5, são expostas as conclusões em torno do tema abordado e sugestões de pesquisa futura.

2 Referencial Bibliográfico

O ramo de derivados de petróleo tem enfrentado grandes mudanças em competitividade no mercado, devido às alternativas energéticas que se intensificaram nos últimos anos. Por isso, um dos grandes desafios é manter os preços de combustíveis atrativos para dificultar a entrada rápida destas novas fontes no comércio deste negócio. Para isto, a minimização dos custos que compõem os preços é fundamental e a logística tem grande participação em sua formação.

A distribuição de combustíveis envolve várias etapas, sendo uma parcela importante a operação dentro de uma base armazenadora. Dentro desta base atividades como planejamento, agendamento, otimizações dos processos operacionais e inventários precisam ser realizados constantemente. Segundo Relvas, Megatão e Pólvoa (2013) as tomadas de decisões que ocorrem nestas etapas resultam em um grande efeito no desempenho da cadeia de suprimentos. Assim, é necessária uma operação eficiente para que o negócio continue atrativo e proporcione oportunidades para investimentos em outros setores, como, por exemplo, na qualidade dos produtos. Com a melhoria das atividades do dia a dia e com a redução de custos, uma empresa pode se tornar diferenciada no mercado, principalmente no setor de derivados de petróleo, o qual enfrenta uma grande concorrência, pequenas margens e regulamentações ambientais pesadas.

A distribuição de combustíveis possui a característica de ser um canal de distribuição vertical e a cadeia de suprimentos é segmentada. Assim, este setor pode ser comparado aos atacadistas de outros mercados, pois ele realiza a compra de produtos dos fabricantes e vende estes produtos aos varejistas, que são os comerciantes da ponta, que atendem diretamente os consumidores (Maligo, 2005).

Uma organização tem como foco desenvolver seus processos de negócios para melhorar seus resultados. Em relação à sistemática operacional relacionada à logística, uma das principais ações são os investimentos em projetos com utilização de sistemas de tecnologia da informação. Através destes sistemas é

possível reduzir as incertezas do desempenho das atividades logísticas. Para que o retorno ocorra conforme esperado é preciso que o processo permita a integração entre as áreas da companhia e integrações com os usuários das dependências logísticas, como transportadores e clientes, ou seja, toda a cadeia de suprimentos. Para desenvolver um modelo que atenda a todos os critérios citados é preciso realizar um mapeamento específico do processo, para que seja possível documentar, melhorar, racionalizar e redesenhar, caso seja necessário (Maslarić; Groznik; Brnjac, 2012).

Para melhorar processos operacionais é importante levantar os processos envolvidos para visualizar possíveis gargalos e problemas que afetam a operação. Segundo Van der Bruggen, Gruson e Salomon (1995) identificar os problemas e dividi-los em etapas menores é fundamental para que a causa raiz seja tratada de forma correta. Através da criação de um plano de ação voltado para melhorias dos processos, é preciso estabelecer a relação entre os problemas verificados e desenvolver um formato de retorno dos resultados, de acordo com o avanço do estudo, para que os envolvidos possam enxergar e dimensionar o trabalho que está sendo realizado. Os custos da operação devem ser expressos de forma legível, para que todas as áreas participantes do processo tenham conhecimento dos gastos e retornos financeiros esperados pela companhia.

Uma boa avaliação das atividades atuais, em uma empresa de distribuição de produtos, pode levar a ganhos como redução do número de veículos que realizam as coletas, transferências e entregas de produtos, aumento dos dias de operações, alterações nas roteirizações dos caminhões, avaliação da abertura de um novo local de armazenagem e até mesmo alteração no modelo de compra de produtos dos fornecedores, que, dependendo das oportunidades, pode gerar grandes ganhos financeiros.

No sentido de uma visão mais ampla dos negócios, as empresas atuais buscam fazer uma análise integrada de toda a sua cadeia de logística, para buscar melhorias e reparti-las entre os seus membros (Maligo, 2005).

O planejamento e a programação são itens essenciais quando se deseja uma operação mais eficiente. Porém, muitas vezes para esta atividade ser realizada da maneira correta é necessário o auxílio de tecnologias que atendam os objetivos estabelecidos. Neste sentido, a simulação tem sido uma ferramenta de grande aderência as necessidades das companhias, para determinar a melhor forma de

realização dos seus processos (Pastore; Guimarães; Diallo, 2010).

A atividade de transportes está inserida dentro da cadeia de suprimentos. O frete é o principal custo vinculado a transportes e é capaz de influenciar diretamente as tomadas de decisões de uma empresa. Desta forma, definir se uma planta de armazenagem deve ser centralizada ou descentralizada afeta diretamente a logística de transportes e, conseqüentemente, as despesas envolvidas na formação da precificação de um determinado produto (Aschauer; Gronalt; Mandl, 2015).

As tomadas de decisões relacionadas à operação são fundamentais no ramo de distribuição de combustíveis. Qualquer alteração no planejamento de entregas de produtos, tamanho da frota, quantidade de produtos armazenados e disponibilidade de bombas para carregamentos são itens capazes de impactar o trabalho diário e trazer ganhos ou perdas para uma companhia.

2.1. Sistemas

Segundo Banks et al. (2005) um sistema é um conjunto de objetos que são agrupados através de alguma interação ou interdependência regular, com propósito de alcançar um objetivo. Através desta definição uma hipótese é entender que um agrupamento de objetos pode fazer parte de um sistema maior ou ele pode ser o sistema completo. Os limites de um sistema são estabelecidos para que se entendam os temas a serem analisados e facilite a compreensão dos assuntos que precisam ser incluídos, para que o estudo agregue mais valor à análise. Banks et al. (2005) diz que a expressão “endógeno” é utilizada para citar as atividades que são realizadas no sistema. Já o vocábulo exógeno representa as atividades e eventos do meio externo, mas que afetam o sistema em questão.

Para o estudo de um sistema alguns termos precisam ser definidos, como uma entidade, que é o objeto de interesse de um sistema, e um atributo, que é uma característica da entidade. Além disso, o termo atividade corresponde a um período de tempo específico, enquanto um evento é uma ocorrência instantânea, que pode alterar o estado de um sistema. Se uma fila de caminhões está sendo analisada, os caminhões podem ser as entidades, seus tempos de espera podem ser um atributo, e a liberação dos caminhões após o carregamento de produtos, por exemplo, pode ser

uma atividade (Banks et al., 2005).

O Quadro 1 exemplifica alguns componentes de um sistema.

Quadro 1 - Exemplos de componentes de um sistema

Sistema	Entidade	Atributos	Atividades	Eventos	Variáveis de estado
Banco	Clientes	Saldo da conta bancária	Depositar	Chegada; Partida	Número de caixas ocupados; Número de clientes em espera
Comunicação	Mensagem	Duração; Destino	Transmitir	Chegada ao destino	Número em espera para ser transmitido
Estoque	Armazém	Capacidade	Remoção	Demanda	Níveis de estoques: demandas acumuladas
Ferrovia	Viajantes	Origem; Destino	Viajar	Chegada a estação; Chegada ao destino	Número de viajantes em espera em cada estação; Número de viajantes em trânsito
Produção	Máquinas	Velocidade; Taxa de quebra	Solda, molde	Quebra	<i>Status</i> das máquinas (ocupada, ociosa ou quebrada)

Fonte: Adaptado de Banks et al., 2005.

Os sistemas são representados por modelos, que se caracterizam em resumir as atividades em um número pequeno de variáveis, que facilite o entendimento das pessoas envolvidas em sua análise. A figura 2 demonstra, de forma sintetizada, os princípios usados no processo de modelagem.

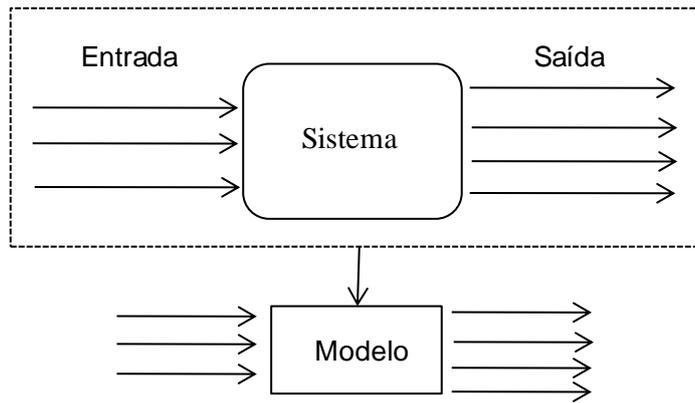


Figura 2 - Processo simples de modelagem

Fonte: Adaptado de Cassandras e Lafortune, 2008.

Para se ter um bom modelo e descrever o comportamento de um sistema é preciso selecionar as variáveis corretas e mais importantes. Normalmente, para presumir um cenário com exatidão, um grande número de variáveis é necessário, porém, poucas variáveis são capazes de explicar a maior parte do estudo. A questão para se ter uma boa modelagem é encontrar as variáveis corretas para a análise, de acordo com as metas estabelecidas, para que assim atinja o detalhamento e o limite necessários.

Segundo Banks et al. (2005) e Cassandras e Lafortune (2008) os modelos podem ser definidos como:

- Linear ou não-linear: lineares são os modelos em que a relação entre variáveis endógenas e exógenas é sempre direta, ou seja, as respostas para comunicação entre elas são sempre as mesmas. O modelo não-linear é definido quando a interação entre as variáveis endógenas e exógenas não são lineares;
- Estático ou dinâmico: estático é aquele modelo que não se altera ao longo do tempo, ou seja, o tempo não é importante para o sistema. Já no dinâmico, o sistema sofre alterações no decorrer do tempo;
- Estável ou instável: um sistema dinâmico pode se subdividir em estável ou instável. O estável é caracterizado pelo seu retorno à condição inicial depois de algum distúrbio. O modelo instável sofre mudanças após ser ativado, e se distancia do seu ponto inicial;
- Discretos ou contínuos: as variáveis que compõem um sistema podem ser definidas como discretas ou contínuas. Aqueles modelos

que possuem variáveis discretas são chamados de eventos discretos, que ocorrem em um determinado instante de tempo e representam uma mudança no sistema. Nos sistemas contínuos, as variáveis alteram continuamente ao longo do tempo;

- Determinísticos ou estocásticos: determinísticos são aqueles modelos que tem um conjunto de entradas conhecidas que resultarão em um único conjunto de saídas. Já os estocásticos podem ter mais de uma variável aleatória de entrada que resulta em várias saídas, que normalmente são estimativas;
- Analíticos ou modelos de simulação: os sistemas representados por modelos analíticos são aqueles com base matemática que possui uma aproximação muito grande da realidade. Modelos de simulação são aqueles que através da lógica e da matemática demonstram como o sistema funciona, do início ao fim das suas atividades.

O conjunto de variáveis escolhidas para modelagem de um sistema pode apresentar números que influenciem o modelo e causem distorções nos resultados finais. Estas variáveis são chamadas de *outliers*. A análise de quais elementos são considerados *outliers* precisa ser feita corretamente, através de métodos estatísticos, que não exclua fatores sazonais e sim valores que são aberrantes ao evento. Existem diversos modelos estatísticos que auxiliam na avaliação de quem são os *outliers*, para que eles possam ser retirados da base de dados. É importante utilizar o método mais coerente para definição de quais são os pontos que podem ser chamados de *outliers*, para que a retirada destes valores do estudo esteja embasada e não altere os cenários, mantendo as sazonalidades reais do modelo (Filzmoser, 2005).

Neste trabalho, é analisado um modelo de simulação dinâmica de eventos discretos, estocásticos, estável, em particular os modelos de filas de espera.

2.2. Simulação

A simulação é um método que estuda o desempenho de um sistema através da formulação de um modelo matemático, o qual precisa reproduzir, o mais próximo possível da realidade, as características do sistema original. Por meio da

manipulação do modelo e análise dos resultados chega-se à conclusão de como diversos fatores podem afetar a performance do sistema (Ehrlich, 1985). A simulação não proporciona de maneira imediata uma resposta a otimização de um estudo realizado, mas ela é capaz de propor uma série de experimentos com diferentes condições, através da modelagem de um cenário inicial. Assim, com estas propostas, é possível escolher a melhor opção para atender ao objetivo desejado.

A modelagem e simulação se destacam nas tarefas referentes à visualização, análise e otimização de processos complexos, em um tempo razoável quando comparado a complexidade e investimento envolvidos no estudo (Pastore; Guimarães; Diallo, 2010).

De acordo com Chwif e Medina (2010, p. 8-11) os modelos reais, normalmente, são mais complexos, devido à sua natureza dinâmica (que altera seu estado ao longo do tempo) e à sua natureza aleatória. A simulação é um método que consegue analisar com mais certeza essas características e, através de um cenário computacional, é capaz de fazer a repetição do mesmo comportamento que o modelo apresentaria exposto a condições diversas.

Segundo Zuting et al. (2014), um modelo de simulação de eventos discretos é uma maneira de buscar potenciais melhorias e benefícios relacionados a um ambiente dinâmico. Em ambientes empresariais a simulação é uma prática muito utilizada para comparar alternativas operacionais sem previamente alterá-la, através de análises quantitativas. Ela apoia as tomadas de decisões sobre diversos cenários, com o objetivo de determinar antecipadamente o nível de otimização e robustez que uma estratégia pode proporcionar. Aplicações de simulações em produção enxuta e gestão de relacionamento com o cliente são comuns em empresas que buscam constantemente melhorar seus processos, com foco em redução de custos e gargalos que impactam suas vendas.

Um dos fatores que auxiliam no sucesso de uma operação é fazer com que todos os seus elos funcionem em sintonia, ou seja, os processos se completem sem impedimentos, sequencialmente. Para isso, as atividades precisam ocorrer em paralelo uma à outra, sendo que as operações que são executáveis são estabelecidas pelo número de trabalhos que são permitidos pela companhia. A simulação é capaz de medir os comportamentos dinâmicos dos processos, avaliando seus problemas e possíveis bloqueios que podem apresentar e, assim, mensurar o desempenho de um

sistema.

A simulação pode ser aplicada em uma companhia reproduzindo todos os nós da cadeia de abastecimento ou utilizando modelos mais integrados, ou seja, um evento para cada área que compõe a rede de suprimentos, pois é possível realizar a simulação em cada área separadamente. Os dois casos implicam em um único modelo de simulação principal. Este trabalho, ocorrendo separadamente, deve ter um objetivo comum, definido pela empresa em que ele é aplicado. A divisão da simulação em várias áreas pode ter como razão os seguintes objetivos:

- Redução do tempo de execução;
- Dispersão da cadeia de suprimentos, que dificulta a centralização de informações e conhecimentos para aplicação no modelo a ser estudado;
- Integração de modelos de análises já existentes, que possuem diferentes tipos de linguagens e ferramentas computacionais apresentando dificuldades para adaptar os dados para uma plataforma e reescrever o modelo;
- Tolerância para falhas no processo, pois uma etapa em determinada área pode falhar e não impactar o restante do processo;
- Simulação analítica, que verifica quantitativamente o desempenho dos sistemas;
- Criação de um ambiente virtual, que permite a realização de treinamentos incorporando diversas áreas, sem a necessidade de deslocamento físico;
- Interligação de estrutura de redes;
- Estrutura centralizada, onde um gestor de processos realiza a ligação entre todos os nós da cadeia.

Esta teoria refere-se ao conceito de programação paralela e distribuída, que assegura que é possível realizar modelos de simulação em diversas áreas de uma companhia, sem a necessidade de compartilhamento de dados entre setores. Muitas vezes este modelo pode reduzir o tempo de simulação, visto que modelos separados são mais rapidamente analisados do que um completo (Terzi e Cavalieri, 2004).

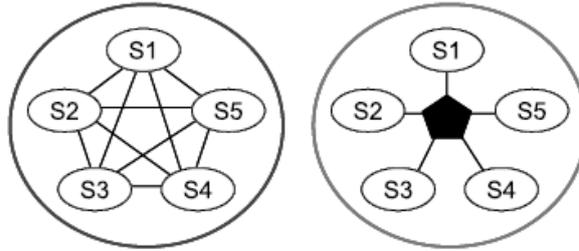


Figura 3 - Tipos de estruturas de redes aplicadas à simulação

Fonte: Terzi e Cavalieri, 2004.

Um problema comum encontrado nas empresas que realizam carregamento de mercadorias é o desempenho desta atividade, que pode levar a custos diversos, como armazenagem extra, veículos parados em filas aguardando o momento de carregamento e um nível ruim de serviço prestado ao cliente.

A primeira etapa para simular alternativas para a otimização do processo de carregamento é mapear os movimentos e caminhos realizados por um veículo dentro de uma planta industrial ou armazenadora. É importante diagramar as atividades, departamentos e pessoas envolvidas no processo. Desta forma, através de uma amostragem de dados, é possível verificar o número de despachos realizados no dia, quanto tempo é necessário para realizar o carregamento, a duração que demais caminhões aguardam para iniciar o procedimento formando ou não uma fila. Uma das sugestões dada por Zuting et al. (2014) é que fatores menos representativos sejam eliminados da análise para que as análises se concentrem nos maiores problemas envolvidos na atividade. Para chegar neste ponto levantamentos através de Paretos, diagramas e alternativas de representatividade e comparação de dados precisam ser feitos, para embasar a decisão tomada em quais pontos serão despendidos os esforços.

Alguns tipos de simulações podem ser usados para modelagem da cadeia de suprimentos, como, por exemplo, simulação de planilhas, simulação dinâmica de sistemas, DES (*Discrete event simulation*) e simulação do jogo de negócios. As simulações de planilhas e dinâmica de sistemas são abordadas em controles de produção e explicam o efeito chicote. A simulação de jogos de negócios é aplicada no desenvolvimento profissional das equipes da cadeia de suprimentos. Já a DES fundamenta em um evento ou atividade e possibilita a integração de comportamentos de atividades estocásticas de dinâmicas, em que a aleatoriedade é representada através de estatísticas.

Um tipo de simulação muito citado na literatura é a SD (*System dynamics*), que representam modelos determinísticos que são descritos por meio de eventos contínuos. O modelo de simulação DES (*Discrete event simulation*) trata situações que se assemelham ao modelo de filas em que as alterações ocorrem em parcelas de tempos discretos. Já o SD representa estudos de situações que mudam continuamente ao longo do tempo. Quando se analisa a natureza dos modelos tratados por cada tipo de simulação a maior parte dos autores literários afirma que SD analisa assuntos relacionados a questões estratégicas, enquanto que o DES se desdobra em estudos de modelos operacionais e táticos. Questões estratégicas se referem a tomadas de decisões que podem impactar uma empresa ao longo prazo, envolvendo diversas áreas. As abordagens táticas envolvem mudanças de médio prazo, que fazem parte de um planejamento. Decisões operacionais tratam atividade do dia a dia, ou seja, de curto prazo. Porém, a combinação da simulação SD e DES quando aplicada à cadeia de suprimentos pode gerar resultados positivos, visto que elas se completam ao serem avaliadas em um setor empresarial industrial, por exemplo (Tako e Robinson, 2012).

As decisões relativas a processos operacionais, apesar de serem consideradas de curto prazo, podem causar impactos em um período longo de tempo. Devido a isto, normalmente as análises dos cenários são vistas com cautela, para que os impactos negativos não existam ou ocorram o quanto menos possível. O maior objetivo é sempre atender o cliente com o melhor nível de serviço possível.

Um dos grandes gargalos enfrentados por empresas que comercializam produtos é a logística de carga e descarga de produtos. Os locais para estas operações são restritivos e, muitas vezes, outras questões como armazenagem e estacionamentos para caminhões também são limitadas, o que resulta em grandes filas de esperas. Para que a atividade de carga e descarga flua conforme programado é preciso que área designada para este procedimento esteja livre quando um veículo se apresentar para a realização do serviço, de acordo com um agendamento realizado previamente. A ausência de espaço disponível para carregamento, por exemplo, pode ocasionar problemas como geração de filas, bloqueios de vias de tráfego e atrasos na produção devido à falta de espaço para armazenagem.

Como alternativa à resolução dos problemas que podem surgir é possível

criar um planejamento baseado em fundamentos factíveis. Segundo Ebben, Van der Heidjden e Van Harten (2005), um método a ser utilizado é simulação de eventos discretos. Para isto, é preciso criar uma programação serial de acordo com sua capacidade sequencial. Este modelo é uma heurística de fácil aplicação, pois é intuitivo, fácil de utilizar e apresenta resultados bons e rápidos. Dois itens essenciais nesta análise são a criação de um cronograma e regras de prioridades, que devem ser avaliados em conjunto, para que o próximo passo seja iniciado com o embasamento correto.

Um dos objetivos em realizar a simulação de um processo de *supply chain* é analisar os gargalos da operação e, através da resolução dos problemas envolvidos, redução dos custos envolvidos em toda a cadeia. Para Beamon (1998), um modelo de simulação é capaz de identificar quais são os melhores caminhos a serem seguidos para uma cadeia de abastecimento, amenizando os impactos negativos que ela pode causar ao longo do processo. Assim, estratégias como, regular os padrões de avaliações existentes, diminuir perdas de tempo, centralização ou descentralização do estoque e distribuição de produtos, melhorias das tomadas de decisões de cada etapa e otimização do fluxo de informações até o cliente final criam vantagens competitivas. Mas, para que tudo isso ocorra, além de efetivamente executar as mudanças, é preciso acompanhar e controlar qualitativamente e quantitativamente, para que os resultados possam ser alcançados.

2.2.1. Modelo de Simulação

A simulação pode ser aplicada através de diversos modelos. A base inicial para um processo de simular cenários, normalmente, é o levantamento de dados atuais do processo. Para conseguir mais alternativas de bons resultados para um determinado problema é necessário o uso de uma ferramenta de simulação que possa facilitar a análise e que demonstre mais confiabilidade nas soluções apresentadas.

De acordo com Chif e Medina (2010), para desenvolver um modelo de simulação é preciso seguir as seguintes etapas:

- Etapa 1: Visão ou formulação do modelo, que consiste em descrever

o modelo atual, suas particularidades, e qual o objetivo do estudo a ser realizado;

- Etapa 2: Implementação, processo de modelagem, construção dos cenários, avaliação de gargalos e geração de resultados;
- Etapa 3: Análise dos resultados, etapa final do procedimento, que realiza a interpretação dos resultados e propõe os cenários para melhoria do modelo atual.

A Figura 4 exemplifica a metodologia de simulação proposta por Chif e Medina (2010).

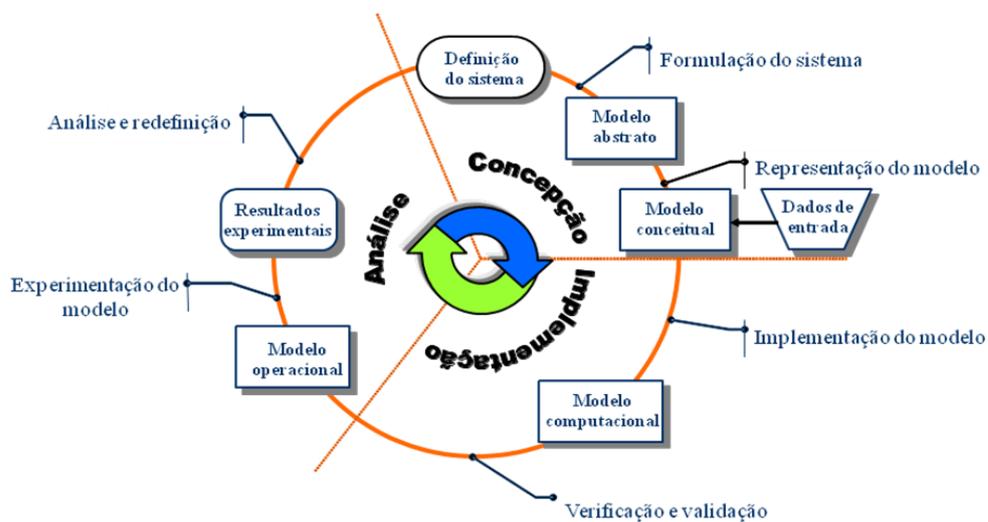


Figura 4 - Metodologia de simulação

Fonte: Chwif e Medina, 2010, p.12.

Um dos modelos de simulação mais utilizados é a Teoria das Filas, que é uma técnica da Pesquisa Operacional que, através da matemática aplicada e processos estocásticos, analisa as formações de filas e suas características. Como exemplos podem ser citadas as filas de caixas em supermercados, bens incompletos esperando processamento, filas de veículos para entrada em uma fábrica para carregamento, entre outros. Qualquer sistema que possua elementos em espera para uma determinada atividade pode ser considerado sistema de filas (Watson e Blackstone, 1981). Este é um dos modelos de simulação mais amplamente aplicado a vários cenários e setores e pode ter diversos tipos de análises, como tentativa e erro, analítico e métodos de simulação.

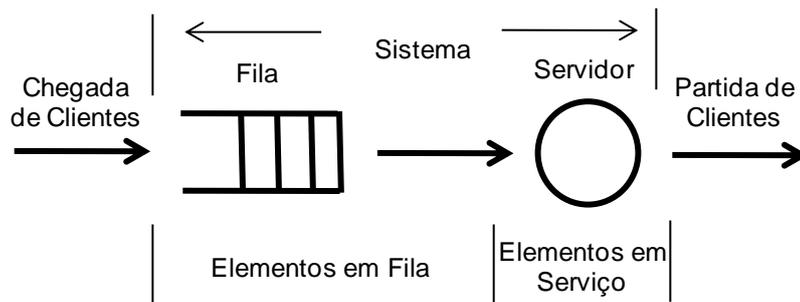


Figura 5 - Sistema básico de filas

Fonte: Autora, 2017.

Para resolver o problema da fila, o ideal seria uma programação correta do sistema para organizar as chegadas, realização das atividades, e saídas, porém nem sempre é possível, pois na maioria dos serviços a chegada e os serviços são aleatórios, o que dificulta o estabelecimento de um padrão.

O principal problema relacionado a filas é o congestionamento de clientes ou veículos, por exemplo, junto com a ociosidade dos prestadores de serviços ou atividades a serem realizadas. O congestionamento pode ser caracterizado por haver muitos elementos chegando ao mesmo tempo, ou seja, a taxa de chegada excede a taxa de disponibilização da prestação do serviço ou atividade. Por outro lado, por existir um grande número de instalações de serviços ou baías de carregamento, por exemplo, ocorre uma ociosidade, ou seja, a taxa de serviço/atividade disponibilizada excede a taxa de chegada. O ideal é ter um equilíbrio entre os dois lados, para que o processo ocorra sem perdas e otimizado.

A eficiência de uma operação, quando se trata do assunto filas de veículos, é ordená-los e despachá-los para a etapa seguinte de acordo com a teoria do FIFO – *First in First out*. Essa sequência não pode causar desvios ocasionados por indisponibilidade de produtos para o carregamento de um caminhão ou a sua ordem de liberação do processo, pedido do cliente que não pode ser faturado. Uma abordagem de simulação de eventos discretos é capaz de propor soluções para melhorias de gargalos ocasionados em processos de despachos de veículos em uma área fabril ou de armazenagem (Lacomme; Moukrim; Tchernev, 2005).

O modelo de filas possui as seguintes características:

- a) Classificação da população dos clientes em finita ou infinita;
- b) Distribuição da probabilidade do intervalo de tempos de chegadas, como distribuições de *Poisson*, uniforme e normal, que demonstram

- o comportamento do processo de chegada dos elementos;
- c) Disponibilidade do serviço, pois alguns só ocorrem durante um período e outros não tem intervalos de atuação;
 - d) Capacidade do sistema, ou seja, o número de atendimentos realizados no mesmo momento;
 - e) Distribuição do tempo de atendimento de cada cliente ou realização de uma tarefa, que na maioria das vezes pode ser constante ou aleatória;
 - f) Quantidade de fases, que se referem ao número de atividades a serem realizadas antes de finalizar um processo;
 - g) Disposição da fila, que determina a ordem de atendimento de cada elemento, que pode ser aleatória, ordem de chegada, agendamentos realizados, entre outros.

As características do modelo de filas são importantes para elaborar e estudar o modelo desejado. Através da definição e entendimento destes itens é possível ter uma análise mais rica e propor resultados mais concisos.

Para melhor compreensão dos resultados, indicadores operacionais podem ser usados, para que possam ser feitas comparações entre os cenários e o modelo resultante das entidades reais. Os indicadores refletem os comportamentos das operações criadas por uma empresa, além de analisar seus recursos. Através deles é possível visualizar como processos ou atividades estão sendo realizadas e definir mudanças que busquem a melhoria sustentável do sistema (Pastore; Guimarães; Diallo, 2010).

2.3. Conclusões sobre o Referencial Bibliográfico

A revisão da literatura teve como objetivo descrever, de forma sintetizada, os principais temas que abordam o assunto tratado neste trabalho. Inicialmente, é feita uma breve descrição sobre base de distribuição de combustível e como processos de simulações podem ser aplicados neste setor. É citada a importância de fazer um levantamento do processo como um todo e tratar separadamente cada atividade, para que seja estudado cada ponto e o resultado seja construído ao longo de toda cadeia logística.

Na sequência foi descrito o assunto Sistema, em que foi retratada sua definição e como é abordado por diversos autores da literatura. Os principais tipos foram descritos e um detalhamento de como a modelagem e simulação ocorrem dentro de um sistema foi exposto para embasar o tema geral do trabalho.

Por fim, foi referido o assunto simulação, em que sua definição é exposta e suas principais aplicações e modelos. É enfatizado como a simulação pode ser aplicada em processos operacionais e como suas etapas devem ser tratadas para que se tenham bons resultados no estudo. É narrado o modelo de simulação Teoria das Filas, que é o principal foco do estudo, pois é o modelo utilizado para analisar os dados da operação de carregamento da base de combustível.

O próximo passo é a apresentação do modelo proposto, que faz uma abertura detalhada sobre o assunto, local, ramo e empresa que serão tratados neste trabalho. Em seguida será reproduzido o problema efetivamente.

3 Modelo Proposto

Uma base armazenadora de combustíveis é um local que possui características específicas para gestão de estoque, movimentação, carga e descarga de produtos granéis líquidos e inflamáveis. As particularidades para realização deste tipo de serviço são grandes, como medição diária da temperatura dos tanques de armazenagem, bacias de contenções para acidentes que resultem em vazamento, sistema de incêndio, licenciamento ambiental, documentações legais de acordo com a exigência do governo, entre outros.

Além dos itens já citados, uma base de armazenamento precisa ter seu sistema de carregamento adequado para atender veículos que realizem este processo de acordo com sua especificidade, que pode ser: *top*, quando a tubulação responsável pela passagem do produto é fixada na parte superior do tanque, que é a carreta responsável pelo transporte de produtos líquidos ou pastosos; ou *bottom*, quando o processo de carga é realizado através de um bocal disponível na parte lateral do tanque, exposto na Figura 6.



Figura 6 - Carregamento no formato “bottom”

Fonte: Autora, 2017.

Os carregamentos realizados em veículos com adaptação *bottom* tornam a operação mais rápida, pois isto facilita o aumento da vazão, uma vez que o enchimento se processa de baixo para cima, diminuindo a produção de carga eletrostática, e é mais segura, pois o operador ou motorista realiza todo o procedimento no chão, reduzindo a probabilidade de queda e inalação de gases. Além disso, o carregamento *bottom* permite que o processo de carga ocorra em vários compartimentos ao mesmo tempo, o que não é possível quando é do tipo *top*, devido aos riscos de incidentes como vazamentos e mistura de produtos serem maiores. Estas conclusões são possíveis de serem avaliadas ao comparar um carregamento *bottom* com um *top*.

O local designado para carregamento ou descarga de um caminhão tanque é chamado de baía. Nestes locais são instaladas bacias de contenções, para suportar possíveis derramamentos durante o processo de carregamento ou descarga. Além da estrutura operacional existente há também escritórios nestes locais, onde se concentra a equipe de funcionários responsáveis pelas atividades administrativas do dia a dia, como agendamento de carga e descarga, controle do estoque, emissão de notas, entre outras.

As bases armazenadoras de combustíveis normalmente se instalam em pólos petrolíferos, o que facilita a logística de transferência de gasolina e diesel, que é feita através de dutos diretamente das refinarias, principalmente nas regiões sul e sudeste.

Este estudo foi realizado em uma base de distribuição localizada no estado do Rio de Janeiro. Na Figura 7 está exposta a refinaria Reduc – Refinaria Duque de Caxias, pertencente à empresa Petróleo Brasileiro S.A., localizada na cidade de Duque de Caxias. Na Figura 7 é possível visualizar que ela está próxima a bases armazenadoras do setor de distribuição de combustíveis. Os círculos de cores brancas representam os topos dos tanques que realizam armazenagem destas empresas. A Reduc possui uma estrutura robusta, com 43 unidades de processamento, 55 produtos físicos derivados do Petróleo, 360 tanques e uma capacidade de refino de 38.000 m³ por dia, de acordo com informações cedidas pela empresa Petróleo Brasileiro S.A.⁴

⁴<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/refinarias/refinaria-duque-de-caxias-reduc.htm>



Figura 7 - Localização da refinaria Reduc

Fonte: A autora, 2017.

Devido à extensão territorial brasileira algumas bases não estão próximas a refinarias. Isto se deve, também, ao fato que toda distribuidora tem como objetivo atender com o melhor nível de serviço os clientes em todas as regiões do país. Estas bases recebem seus produtos via transferência através de ferrovias, que é um modal de transporte economicamente mais viável, por caminhões de grande porte, como bitrens, que tem capacidade para atender volumes em torno de 45.000 litros por viagem e por balsas aquaviárias, que são muito utilizadas na região norte do Brasil. Já os consumidores de derivados de petróleo, como postos revendedores e grandes empresas de diversos segmentos como transportes, mineradoras e siderurgias, recebem seus pedidos por caminhões tanques de menor porte, normalmente até 30.000 litros.

A Figura 8 demonstra a complexidade da logística de derivados do petróleo no Brasil, que impõe uma difícil rede de distribuição, com grandes distâncias e utilização de diferentes modais de transportes.

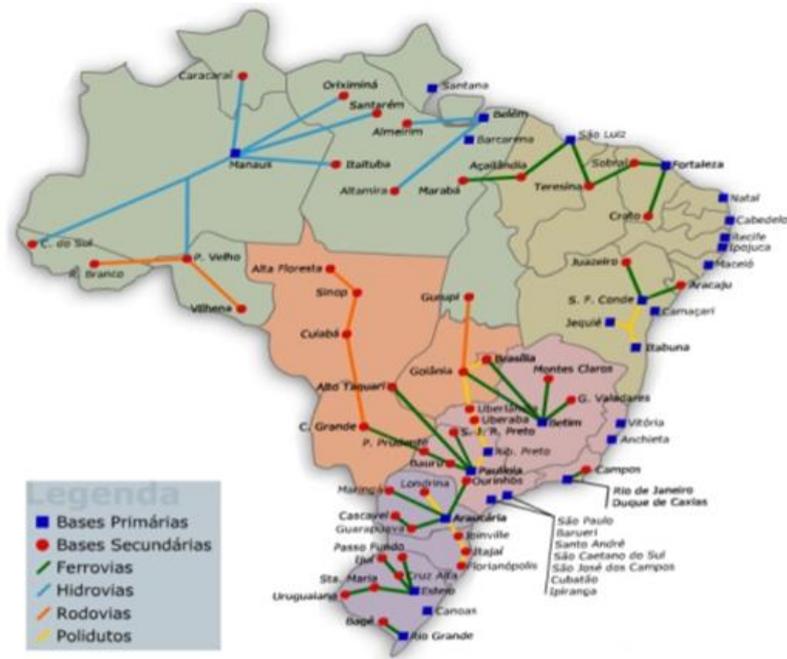


Figura 8 - Localização dos produtos e bacias de derivados do petróleo

Fonte: Sindicom, 2016⁵.

3.1. Base Estudada

A empresa estudada dispõe de uma influente rede de armazenamento ao longo do país, com mais de 70 unidades operacionais, divididas em:

- Base própria: estrutura armazenadora de propriedade própria;
- Pool: local onde a estrutura de tanques de armazenagem é dividida entre empresas do mesmo ramo, sendo que gastos gerais como energia, limpeza entre outros são rateados entre eles. O pool pode ser comparado a um condomínio logístico;
- Escritório: esta definição é determinada quando uma empresa do ramo de distribuição de derivados de petróleo aluga uma estrutura de armazenagem de uma empresa terceira, com todos os requisitos de layout e segurança semelhantes a uma base própria ou pool.

⁵http://www.sindicom.com.br/#conteudo.asp?conteudo=75&id_pai=63&targetElement=leftpart

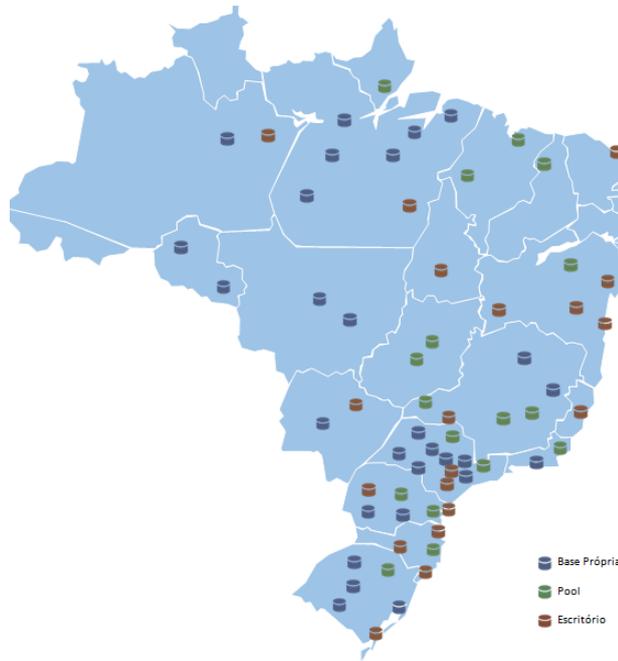


Figura 9 - Estrutura de armazenagem da empresa estudada

Fonte: Autora, 2017.

A Figura 9 reforça a informação já passada neste trabalho, que as distribuidoras de combustíveis, biodiesel e etanol estão concentradas no sul e sudeste do país, que são, também, as regiões que mais geram demanda de compras de produtos pelos clientes.

A base estudada está localizada no pólo petrolífero de Duque de Caxias, no estado do Rio de Janeiro. Esta região é caracterizada pela grande refinaria que se encontra no local, a Reduc – Refinaria de Duque de Caxias, e também pelas instalações das principais empresas distribuidoras de combustíveis do Brasil.

Esta base armazenadora é uma das maiores do país pertencentes a esta companhia, sendo estrategicamente localizada no Sudeste com atendimento a uma larga escala de clientes em três estados, Rio de Janeiro, Espírito Santo e parte de Minas Gerais. A estrutura deste local conta com mais de 10 tanques com capacidade de armazenar mais de 30.000 m³ de produtos líquidos. A movimentação mensal é de aproximadamente 130.000 m³ através de 9 baias de carregamento, sendo 3 do tipo *top* e 6 do *bottom*, e 4 baias para realização das descargas. Esta base recebe os produtos gasolina e diesel via duto da refinaria. Para atender à demanda, as atividades são realizadas por 24 horas, durante 7 dias por semana. A Figura 10 demonstra como a estrutura da base está disposta.



Figura 10 – Base de distribuição estudada

Fonte: Autora, 2017.

Na Figura 10, estão exibidos os seguintes locais:

- 0) Sala de treinamento: sala em que ocorrem as capacitações tanto para funcionários da empresa como para prestadores de serviços, como motoristas dos veículos. É importante citar que todos os modais de transportes são terceirizados;
- 1) Recebimento dutoviário: dutos que interligam aos tanques diretamente com a refinaria Reduc;
- 2) Recebimento rodoviário: baias de descarga de produtos cuja chegada não é possível através dos dutos;
- 3) Armazenagem: tanques em que são colocados os produtos para posterior envio aos clientes;
- 4) Carregamento: baias para realização do carregamento dos veículos para entregas das demandas feitas pelos clientes;
- 5) Drive-in: local para retirada das notas fiscais emitidas para cada veículo;
- 6) Sistema de combate a incêndios: estrutura criada para combate a incêndios, conforme exigido por lei;
- 7) Escritório: ambiente em que as atividades administrativas,

como faturamento de pedidos, acompanhamento de estoques, planejamento de chegadas e saídas de veículos são realizadas.

3.2. Mapeamento dos processos da base

Este capítulo tem como objetivo o mapeamento dos processos que ocorrem dentro de uma base armazenadora e distribuidora de combustíveis. As atividades que ocorrem na base não são de grande complexidade, mas possuem alto nível de risco, por se tratar de um produto inflamável, o que determina que todos os processos sejam feitos com máxima cautela, para que qualquer acidente seja prevenido. Os procedimentos realizados são semelhantes às outras bases, inclusive de outras empresas do ramo, por serem praticamente padrão do ramo. Os gargalos que serão tratados neste trabalho referem-se aos processos de carregamentos, que tem interferência das chegadas e partidas de veículos.

Os mapeamentos serão realizados nos processos de chegada e liberação dos veículos, espera do veículo dentro da base, carga e descarga, e liberações dos veículos para saída da base.

3.2.1. Chegada e liberação de veículos

As atividades que ocorrem em uma base distribuidora têm como primeiro passo a chegada de um caminhão à base de combustíveis com o objetivo de realizar a descarga de algum produto, ou ser carregado com algum item para ser entregue a um cliente.

As transportadoras realizam o agendamento da descarga de produtos antecipadamente com a base, através de um contato telefônico, e se comprometem a comparecer no dia e horário marcado. Ao chegar na base é realizada a consulta no portal de agendamento para verificar se o caminhão está na grade do dia para a operação.

Para realização do carregamento não há um agendamento prévio, pois todos os caminhões possuem um contrato fixo de dedicação exclusiva com a empresa. Assim, diariamente o veículo e motorista se apresentam na portaria da base, e informam estar disponíveis para a próxima viagem. Após este contato, o motorista

aguarda o chamado do funcionário responsável da base para realização da operação, pois é preciso que o pedido do cliente e a roteirização estejam disponíveis pelo sistema da empresa para se iniciar a operação. A nota fiscal para o cliente é emitida antes de ser iniciado o processo de carregamento.

O processo não é centralizado, desta forma, cada filial é responsável pela organização de carregamentos e descargas que ocorrem em sua instalação. Assim, quando o veículo chega ao local, o primeiro passo é a validação do pedido a ser carregado vinculado ao caminhão apresentado naquele momento, que é feito por um funcionário treinado para esta atividade.

Os registros como carteira nacional de habilitação, documento do caminhão, licença operacional, apólice do seguro, CNPJ da empresa de transportes são consultados no momento em que a transportadora realiza seu cadastro na distribuidora e periodicamente verificados através de auditorias.

Diariamente é feito um processo chamado “bola preta” que consiste na escolha aleatória de um veículo e motorista para conferência de documentos e das condições físicas do veículo, com o objetivo de alertar a todos os parceiros de transportes a importância de estarem de acordo com as exigências da empresa em termos de documentação e segurança. O *check list* operacional, que é a checagem física das condições estruturais do caminhão, é realizado semestralmente.

A chegada e liberação do veículo para início da operação estão vinculadas a uma decisão de liberação da entrada do caminhão na base, ou seja, é verificado se o pedido de venda que será carregado está disponível para que esta etapa se inicie. O pedido para estar liberado precisa não ter nenhum impedimento para ser faturado, ou seja, sua nota fiscal emitida, como restrição de pagamento pelo cliente, ou saldo insuficiente do produto a ser carregado. Se o caminhão não for liberado para entrada na base ele aguarda em uma fila externa à instalação da base o chamado para início de operação. Após a entrada na base, se o veículo for selecionado para realizar o procedimento “bola preta”, ele espera a realização do *check list* pelo funcionário responsável, caso contrário ele segue para o carregamento. Sabe-se que 99% dos veículos têm sua entrada na base autorizada. A Figura 11 demonstra este processo.

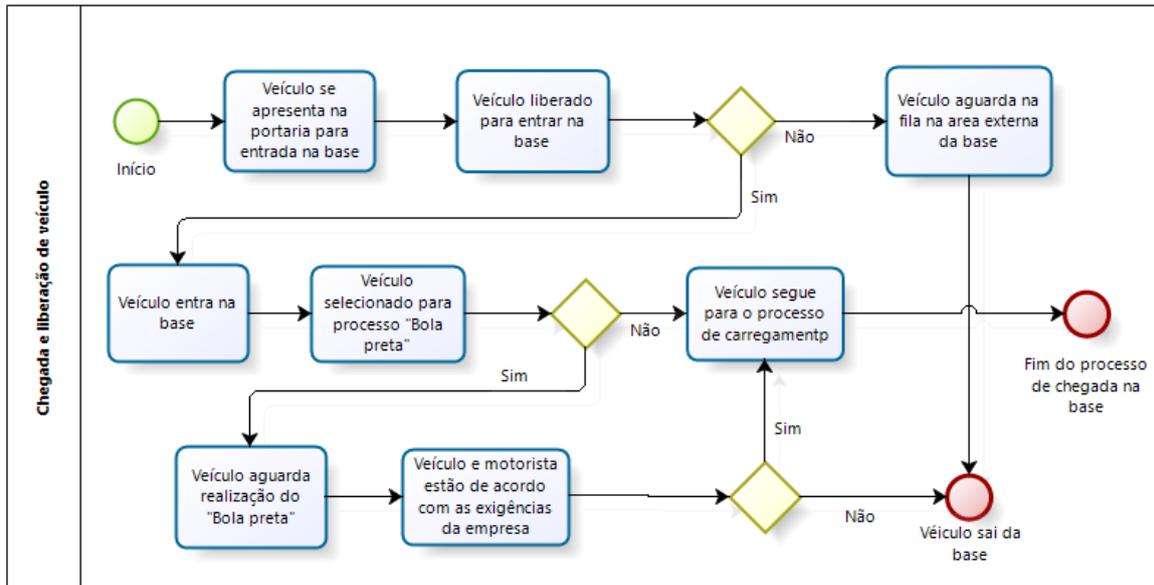


Figura 11 – Mapeamento do processo de chegada e liberação do veículo para acesso a base

Fonte: Autora, 2017.

3.2.2. Espera do veículo dentro da base

Após o veículo ser liberado para entrada na base, o motorista deve aguardar ser chamado para poder entrar nas baias automatizadas. Nestas baias ocorre o processo de carregamento. Elas são chamadas de automatizadas porque todo o processo ocorre através de um sistema automatizado, ou seja, ao chegar ao local basta digitar qual o pedido que será carregado e acoplar a bomba ao caminhão que o carregamento se iniciará e finalizará, automaticamente, com o produto e volume correto.

Na base estudada, o gerenciamento de fila para os processos de carregamentos é realizado através de um sistema chamado Autobasi e, para descarga, através do contato telefônico.

O CT se apresenta para a entrada na base somente depois de ser chamado. O próximo processo é o direcionamento dos veículos para a fila do processo efetivo de carregamento. A estrutura da base dispõe de 9 baias para carregamento e 4 para descarga, porém o encaminhamento do caminhão para a baia depende do produto que carregará ou do item a ser entregue na base. Isto deve ser visto porque muitas vezes o pedido pode não estar liberado pela área comercial, por

pendências financeiras, por exemplo, ou devido a um erro operacional, como não ter produto em estoque.

Este processo é simples, como pode ser visto na Figura 12, mas é dependente de uma operação organizada, para que se evite ao máximo a formação de fila, pois tanto para a transportadora quanto para a companhia distribuidora de combustíveis, ter um veículo parado é ineficiente e gera altos custos.

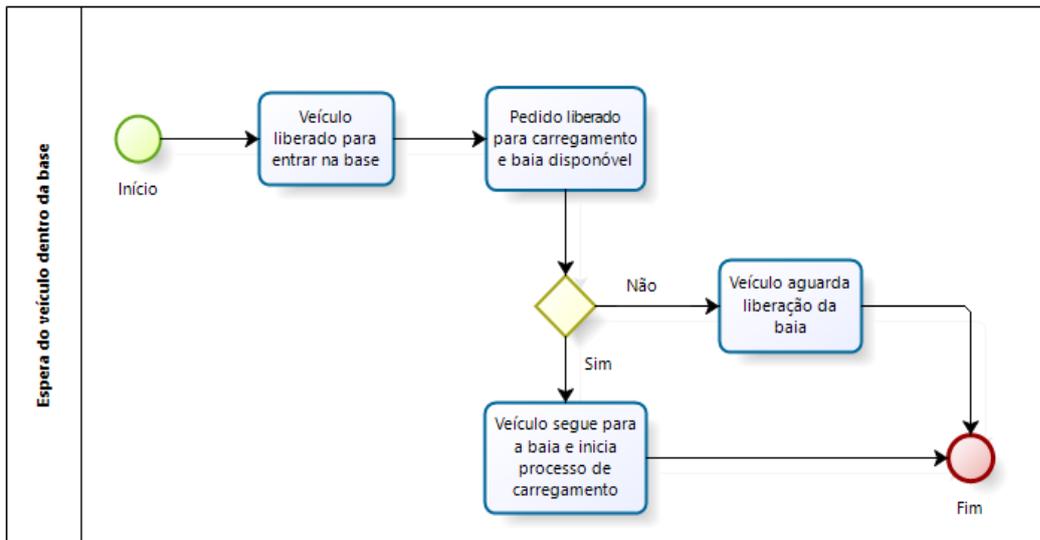


Figura 12 – Mapeamento do processo de espera do veículo dentro da base para realizar o processo de carga

Fonte: Autora, 2017.

3.2.3. Carga e descarga

Após a sua liberação o veículo se locomove para a baía de carregamento e descarga com o seu pedido da operação. No processo de carregamento não há pesagem do veículo, pois todo o processo é automatizado. Já para descarga o CT realiza a pesagem na área destinada à balança, antes de seguir para a descarga. Neste caso o veículo é pesado cheio, na chegada, e vazio, após a descarga, para que seja validado o volume descarregado. Há uma grande incidência de furtos em estrada, que gera diferença de volume na descarga e impacta a operação no dia a dia. Após a pesagem no final da operação o caminhão que realizou a descarga é liberado para sair da base. Os detalhes deste processo estão expostos na Figura 13.

Um veículo pode compor a carga de 1 a 3 tipos de produtos, dependendo da

divisão física do seu tanque. Um caminhão do modelo *truck*, que tem uma capacidade média de 15.000 m³, é capaz de transportar 3 tipos de produtos, o que otimiza as entregas em clientes localizados em uma mesma região.

Ao término do procedimento de carga ocorre o processo de *spot-check*, que consiste no “sorteio” aleatório de CT’s que serão analisados com o objetivo de garantir a segurança e qualidade do produto através de uma amostragem.

O objetivo deste trabalho é a análise do processo de carregamento, por isso apenas este processo foi mapeado. O procedimento de descarga foi citado, mas não será detalhado na modelagem.

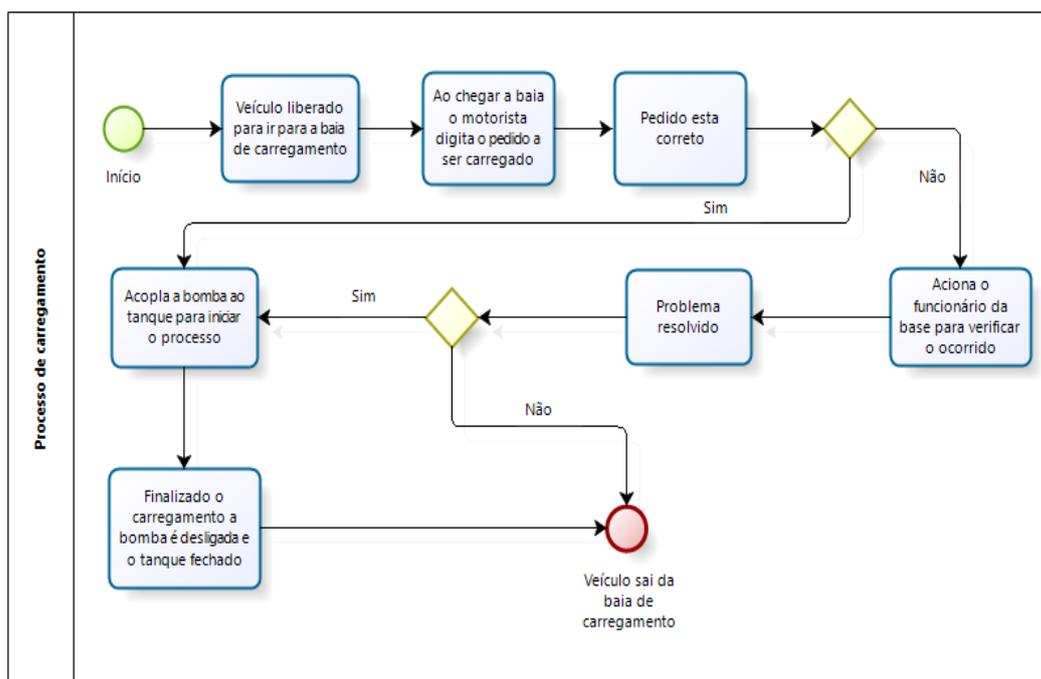


Figura 13 – Mapeamento do processo de carga

Fonte: Autora, 2017.

3.2.4. Liberações dos veículos para saída da base

Ao finalizar o carregamento a próxima etapa é a liberação do caminhão para saída da base distribuidora de combustíveis. Neste momento, a nota fiscal do cliente é entregue para o motorista que é liberado para seguir viagem. É considerado que 100% dos veículos que entram na base também saem dela, geralmente no mesmo dia, dependendo do horário de entrada no local.

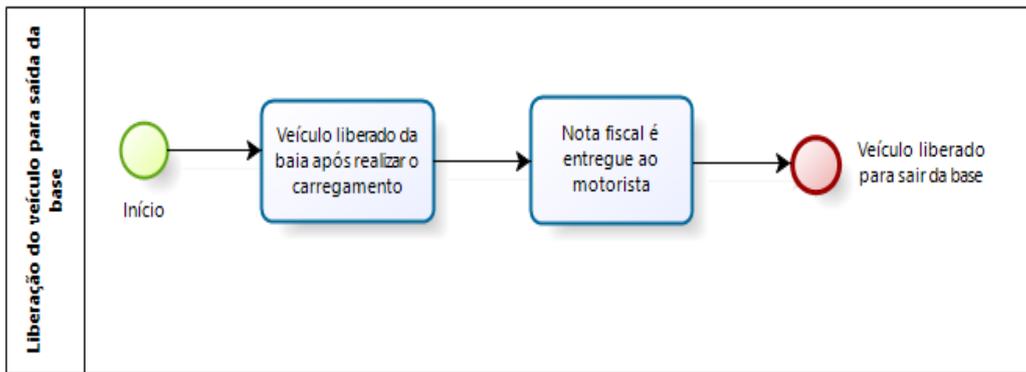


Figura 14 – Liberação do veículo para saída da base

Fonte: Autora, 2017.

3.3. Cenários Avaliados

O objetivo deste trabalho é simular o processo atual de carregamento de caminhões tanques em uma base distribuidora de derivados de petróleo, instalada no Rio de Janeiro. Com base neste levantamento, cenários atuais e futuros serão criados para que estes resultados ajudem na tomada de decisões para investimentos no local, capazes de atender um aumento de demanda que possa surgir.

O modelo de simulação criado possui como dados de entradas o número de CT's que chegaram na base durante o ano de 2016, intervalos de tempos de chegadas, carregamento e saída do caminhão do local. Os cenários foram criados a partir de uma base histórica de dados de um ano de operação, sendo registros com início na data de 02 de janeiro 2016 a 31 de dezembro de 2016. A base de dados obtida para a realização do trabalho possui 50.906 registros válidos, que correspondem a carregamentos de 644 CT's, que passaram pela base neste período, sendo que 100% destes veículos realizaram mais de uma operação de carregamento no local durante este ano.

Os cenários foram propostos de acordo com as expectativas da empresa, prevendo variações na economia que afetam o objetivo direto que é a comercialização de derivados de petróleo. O primeiro levantamento foi feito para validação do processo real, realizado hoje, e nos demais constam as variações que podem ocorrer de acordo com o movimento político-econômico do país.

- Cenário 1: cenário para validação através dos números de carregamentos realizados no ano de 2016;

- Cenário 2: queda no volume de vendas, redução do horário disponível para carregamento, referente a dois períodos para 15 horas;
- Cenário 3: aumento do volume de vendas, acréscimo de 3 horas destinadas ao processo de carregamento relacionado a dois períodos de operação, totalizando 21 horas de operação;
- Cenário 4: queda no volume de vendas, inatividade de 2 baias de carregamento, ficando com 7 baias ativas;
- Cenário 5: aumento do volume de vendas, com investimento em 3 baias de carregamento, totalizando 12 baias disponíveis para a operação de carga.

A Figura 15 ilustra o detalhamento da operação desde a chegada do CT até a sua saída da base, com os 5 horários de registro na base de dados por placa de veículo, sendo que:

- HCh = Hora de Chegada;
- HEn = Hora de Entrada na Base;
- HIn = Hora de Início do Carregamento;
- HFn = Hora Final do Carregamento;
- HSd = Hora de Saída da Base.



Figura 15 – Ilustração do processo na base, demonstrado pelos tempos que representam cada fase

Fonte: Autora, 2017.

A operação representada na Figura 15 pode ser descrita da seguinte maneira:

o CT chega na base e efetua o registro de disponibilidade para a operação, ficando disponível no sistema para carregamento. O próximo momento é quando o motorista é autorizado a entrar na base após checagem do pedido a ser carregado e do fluxo de CT's no interior da base. O estacionamento dentro da base dispõe de poucas vagas, por isso a necessidade dos caminhões também pararem no exterior da instalação. Após a entrada do CT, o mesmo dirige-se à baía de carregamento disponível, caso não passe pelo processo de “Bola preta”, mas é preciso aguardar a liberação da mesma. Assim, é formada uma segunda fila, chamada de espera para carregamento, agora no interior da base. Também é medida a duração do carregamento. Por fim, o CT aguarda os procedimentos finais de checagem por parte dos operadores da base e a retirada da nota fiscal. Após estes procedimentos, o CT sai da base e segue viagem até o cliente. De acordo com a Figura 15 temos as seguintes fórmulas para chegar aos intervalos de tempos da operação de carregamento:

- Tempo de espera para entrada na base = HEn (hora de entrada na base do CT) – HCh (hora de chegada do CT);
- Tempo de espera para carregamento = HIn (hora de início de carregamento) – Hen (hora de entrada na base);
- Duração do carregamento = HFn (hora final do carregamento) – HIn (hora do início do carregamento);
- Tempo para saída da base = HSd (hora da saída da base) – HFn.

O Quadro 2 mostra a média do número de CT's que carregam na base no período mencionado por faixa horária:

Quadro 2 – Média de número de CT's que carregam na base, por faixa de horário

Dia da Semana/Hora	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SÁB	Média
0	1	12	13	14	12	12	13	11
1	1	10	10	9	10	12	11	9
2	0	11	10	10	9	10	11	9
3	1	11	9	9	9	11	11	9
4	0	11	10	10	10	11	12	9
5	1	12	12	12	12	13	12	11
6	1	10	11	9	10	10	9	9
7	2	8	8	8	7	8	8	7
8	1	8	7	7	6	7	7	6

9	1	7	7	8	6	7	6	6
10	1	10	8	9	7	10	7	7
11	1	10	8	8	7	10	8	8
12	1	10	7	7	6	8	7	7
13	1	7	6	7	6	7	6	6
14	1	7	5	6	6	7	4	5
15	0	6	4	5	4	5	1	4
16	2	5	4	5	4	5	1	4
17	5	6	6	6	7	7	0	5
18	8	9	8	8	8	8	0	7
19	6	6	3	4	4	5	1	4
20	2	2	1	1	2	1	0	1
21	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	36	178	157	163	150	175	137	142

Fonte: Autora, 2017.

Temos, portanto, uma média de 142 CT's carregando na base por semana e podemos observar que o pico de carregamento, 11 CT's, ocorre às 0h e 05hs. Às 21hs ocorre uma interrupção no carregamento para recebimento de produto nos tanques, bombeados diretamente da refinaria. Nesta faixa horária os tanques são medidos e também são apuradas as perdas e sobras de produto. Na Figura 16 o número de CT's por faixa horária é representado graficamente.

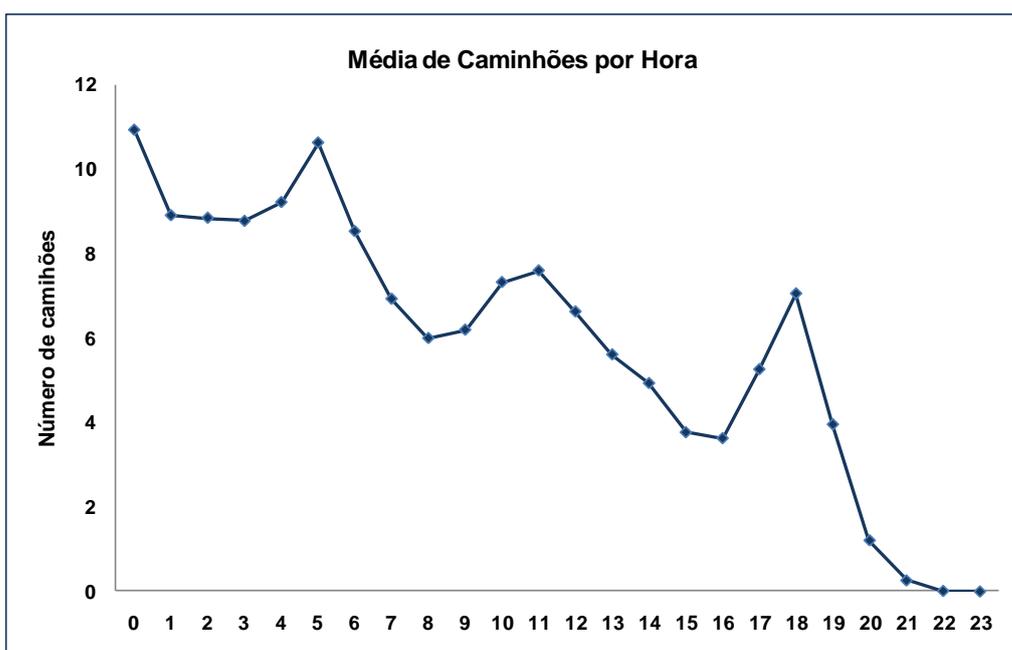


Figura 16 – Gráfico da média de caminhões por hora

Fonte: Autora, 2017.

Para melhor entendimento dos comportamentos apresentados pela operação na base de combustível a operação foi dividida em três períodos, conforme expostos abaixo.

- Período 1: Faixa horária de 0h as 5:59hs;
- Período 2: Faixa horária de 6hs as 18:59hs;
- Período 3: Faixa horária de 19hs as 21:59hs.

3.4.

Premissas do modelo

O modelo proposto não considerou as atividades relacionadas a descargas de produtos, apesar de terem sido descritas neste trabalho. Além disso, através da divisão em faixas horárias é possível realizar uma análise estatística de cada período destinado ao processo de carregamento do caminhão, com o objetivo de entender se existe alguma similaridade entre as operações nestes intervalos de tempo (Tabelas 1a, 1b e 1c).

Tabela 1a, 1b e 1c – Dados estatísticos resultantes da base de dados inicial relativos ao processo de carregamento de CT's

Dados Estatísticos Tempo de Carregamento FAIXA HORÁRIA - DE 00 ÀS 05		Dados Estatísticos Tempo de Carregamento FAIXA HORÁRIA - DE 06 ÀS 18		Dados Estatísticos Tempo de Carregamento FAIXA HORÁRIA - DE 19 ÀS 21	
Média	21,80	Média	22,23	Média	19,55
Erro padrão	0,12	Erro padrão	0,10	Erro padrão	0,32
Mediana	19,22	Mediana	19,27	Mediana	18,12
Modo	16,52	Modo	-	Modo	-
Desvio padrão	16,77	Desvio padrão	17,59	Desvio padrão	13,20
Variância da amostra	281,30	Variância da amostra	309,51	Variância da amostra	174,13
Curtose	1.963,93	Curtose	376,33	Curtose	9,67
Assimetria	31,61	Assimetria	13,02	Assimetria	1,97
Intervalo	1.200,42	Intervalo	656,20	Intervalo	130,77
Mínimo	-	Mínimo	-	Mínimo	-
Máximo	1.200,42	Máximo	656,20	Máximo	130,77
Soma	455.674,03	Soma	628.743,13	Soma	33.305,97
Contagem	20.904,00	Contagem	28.289,00	Contagem	1.704,00
Nível de confiança (95,0%)	0,23	Nível de confiança (95,0%)	0,21	Nível de confiança (95,0%)	0,63

Fonte: Autora, 2017.

De acordo com as Tabelas 1a, 1b e 1c verifica-se que os dados estatísticos dos dois primeiros intervalos, de 0h as 5:59h e de 6h as 18:59h, tem uma maior proximidade ao assumir um nível de confiança dos dados de 95%, o que não ocorre quando se compara com o terceiro intervalo de tempo. Os desvios padrão dos dois primeiros intervalos são maiores e apresentam valores próximos, o que demonstra uma maior dispersão dos dados.

Devido a estes fatores estatísticos e à paralisação do processo temporariamente para bombeio de produtos para os tanques às 21hs, o que resulta em uma base de dados muito menor, os dados da faixa horária de 19 as 21:59 não serão consideradas neste estudo. Sendo assim, por causa da quantidade de resultados obtidos e semelhança estatística, este estudo considerou as informações relativas ao processo de carregamento nos intervalos de horários de 0 as 5:59hs e de 6 as 18:59hs. Além disso, os dados foram levantados de segunda a sábado, visto que no domingo a demanda é pequena, pois grande parte dos clientes não aceita receber seus pedidos neste dia.

Os meses de outubro, novembro e dezembro também não foram

considerados na simulação, pois houve uma alteração na estratégia de precificação da companhia e alguns clientes tiveram seus atendimentos migrados para outra base de distribuição de combustíveis, o que desonerou a base estudada durante os três últimos meses do ano de 2016.

3.5. Coleta de dados

Para o desenvolvimento do trabalho informações reais foram coletadas na própria empresa estudada. Para a simulação foram considerados 39.018 registros válidos da operação de carregamento, no intervalo de tempo de 0h às 18:59hs, de segunda a sábado, entre os meses de janeiro a setembro de 2016. Esta quantidade se difere da análise estatística realizada, visto que para análise geral do processo foram considerados todos os dados coletados no ano.

Para determinação da melhor distribuição que se ajusta aos intervalos de tempos, Intervalo de Chegada, Tempo de Espera no Pátio, Tempo de Espera para Carregamento, Tempo de Carregamento e Tempo de Saída, foi utilizado o sistema *Input Analyzer* que faz parte do *software* ARENA e trata os *inputs* de dados para a realização da simulação.

Os dados de entrada estão no Quadro 3. Porém, por se tratar de uma base de dados de quase 40 mil registros, foram expostos apenas alguns levantamentos, como forma de exemplificar com os tempos foram coletados na operação.

Quadro 3: Base de dados reais coletados na base distribuidora

Faixa Horária - de 0 às 18:59 h	Hora Chegada	<i>hora</i>	3	3	3	3	3
	Intervalo de Chegada	<i>mm:ss</i>	00:25	00:31	00:32	00:22	01:19
		<i>min</i>	0,4	0,5	0,5	0,4	1,3
	Tempo de Espera Pátio	<i>mm:ss</i>	01:47	01:29	01:24	02:05	02:07
		<i>min</i>	1,8	1,5	1,4	2,1	2,1
	Tempo de Espera para Carregamento	<i>mm:ss</i>	09:28	09:22	05:51	11:38	02:42
		<i>min</i>	9,5	9,4	5,9	11,6	50,7
	Tempo de Carregamento	<i>mm:ss</i>	23:35	01:41	10:02	19:13	10:01
		<i>min</i>	23,6	49,7	34	19,2	34

	Tempo de Saída	<i>mm:ss</i>	29:42	22:14	08:46	09:03	43:14
		<i>min</i>	29,7	22,2	8,8	9,1	43,2

Fonte: Autora, 2017.

Os dados colhidos na base de distribuição foram tratados para retirada dos *outliers*. Este trabalho foi realizado após a observação que algumas operações distorciam o resultado e sua frequência era muito baixa. Para evitar que dados com erros comprometessem as análises e conclusões do estudo estes números foram desconsiderados.

Para dimensionar os *outliers* foi usada a teoria do intervalo inter-quartil (IIQ = $Q3 - Q1$), que corresponde à diferença entre o 3º quartil, chamado de Q3, que se refere a 75% da base de dados, e o 1º quartil, chamado de Q1, que tem como base 25% do total de informações. Através deste intervalo é possível calcular o limite superior e inferior, através das seguintes expressões: i) Limite Inferior - $LI = Q1 - c \times IIQ$ ii) Limite Superior - $LS = Q3 + c \times IIQ$, sendo que c é uma constante positiva que quanto maior mais tolerante é o critério. Neste estudo foi definido $c = 1,5$, que é o valor mais utilizado para tratar *outliers* através da teoria do intervalo inter-quartil. Os valores abaixo do LI e acima do LS são chamados de *outliers*. O Quadro 4 demonstra a análise referente à *outlier* da base de dados coletada.

Quadro 4: Levantamento de *outliers*

Dados Estatísticos	Intervalo de Chegada	Tempo de Espera Pátio	Tempo de Espera para Carregamento	Tempo de Carregamento	Tempo de Saída
Média (min)	8,03	14,41	30,04	21,98	54,31
Desvio Padrão (min)	26,66	22,84	24,67	17,18	134,20
Mediana (min)	3,57	5,80	22,95	19,23	9,60
1º Quartil (min)	1,22	3,10	9,95	13,95	6,20
3º Quartil (min)	8,08	15,63	44,60	26,68	18,85
c^* (3Q - 1Q) (min)	10,30	18,79	51,98	19,09	18,98
Limite Inferior - LI (min)	-9,08	-15,69	-42,03	-5,14	-12,78

Limite Superior - LS (min)	18,38	34,42	96,58	45,78	37,83
Quantidade dados acima LS – <i>Outliers</i>	2.825	4.463	515	1.619	6.079
% <i>Outliers</i>	7,2%	11,4%	1,3%	4,1%	15,6%

Fonte: Autora, 2017.

As distribuições resultantes da utilização da ferramenta *Input Analyser*, após retirada dos *outliers*, constam resumidamente no Quadro 5. Estas expressões foram utilizadas no modelo do ARENA, para determinação do resultado final da simulação, e podem ser vistas detalhadamente no Apêndice 1.

Quadro 5: Resultados do *Input Analyser*

Resultados <i>Input Analyser</i>	Distribuição	Expressão
Tempo entre chegadas na base (min)	Lognormal	LOGN(4.98, 7.56)
Tempo de espera no pátio para entrar na base (min)	Lognormal	-0.001 + LOGN(8.95, 12)
Tempo de espera para realizar o carregamento (min)	Lognormal	-0.001 + LOGN(31, 39.3)
Tempo de realização do carregamento (min)	Weibull	-0.001 + WEIB(22.3, 2.41)
Tempo para saída da base de distribuição (min)	Erlang	-0.001 + ERLA(3.46, 3)

Fonte: Autora, 2017.

3.6. Implementação do modelo

Esta etapa trata da construção do modelo de simulação referente às informações coletadas da empresa de distribuição e aplicadas ao software ARENA.

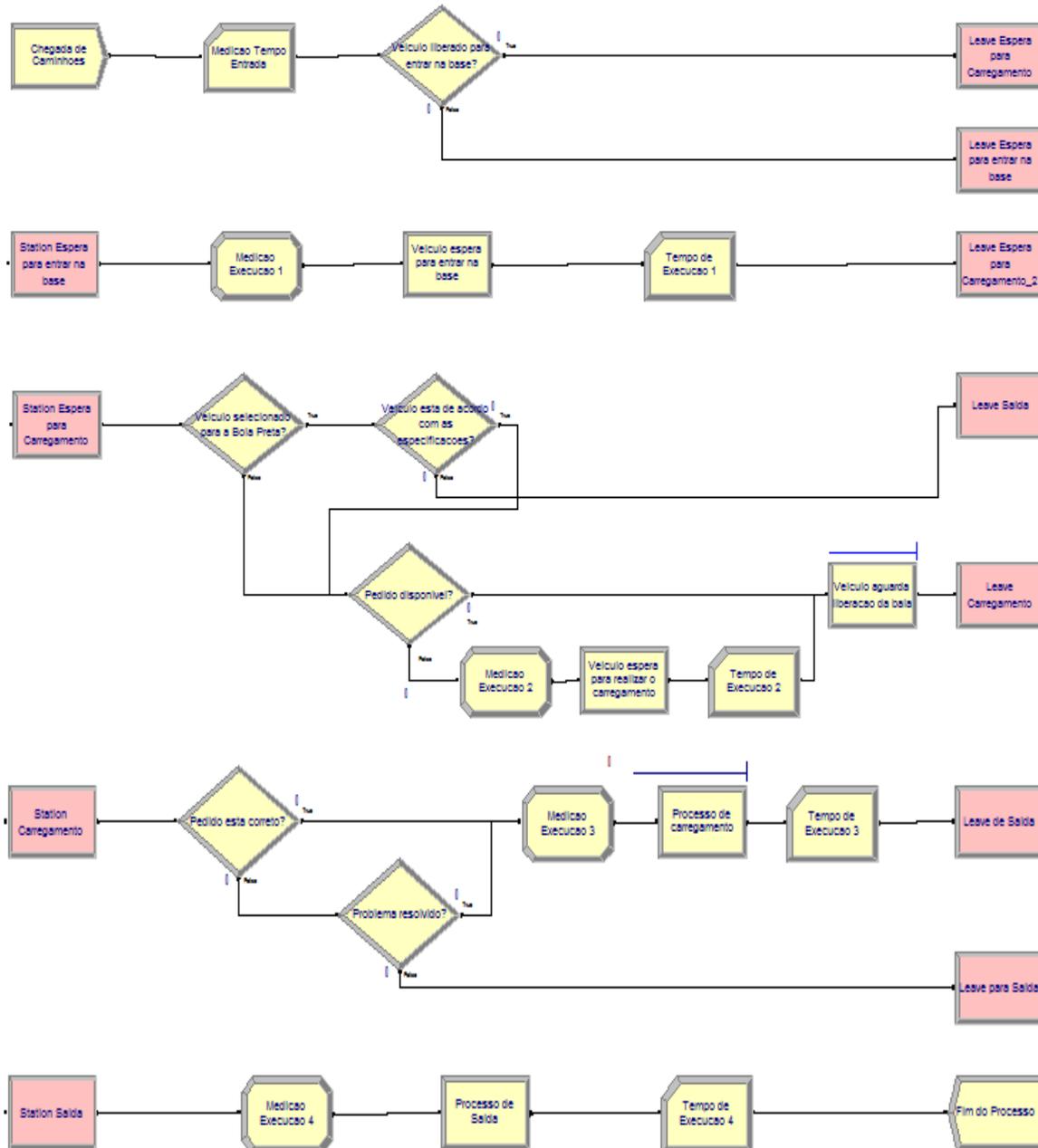
Os processos seguiram a seguinte sequência:

- Processo de chegada de veículos;
- Espera do veículo para entrada na base armazenadora;
- Liberação do pedido e baia para realização do carregamento;

- Processo de carregamento;
- Processo de saída da base.

Para a construção do modelo o recurso de número de baias disponíveis para carregamento, que no cenário real são 9, foi considerado para melhor representação do processo como um todo.

O período considerado para a simulação foi o período de 02 de janeiro a 30 de setembro de 2016, e os horários de atividades de 0 às 18:59 horas.



PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1521895/CA

Figura 17 – Modelo de simulação construído no ARENA

Fonte: Autora, 2017.

3.6.1. Verificação e Validação do Modelo

Para finalizar a etapa anterior é preciso que o modelo implementado no ARENA seja comparado com o modelo conceitual, com o objetivo de certificar que a modelagem atende aos pressupostos estabelecidos. A verificação e validação do modelo são essenciais para garantir que o trabalho tenha sido realizado com sucesso.

A verificação do modelo está relacionada ao desenvolvimento de um modelo computacional, sem erros de lógica e *bugs*. Para esta etapa uma função disponível no ARENA, chamada *Check Model*, foi utilizada e não foi apresentado nenhuma irregularidade.

A validação é um processo mais custoso que a verificação, pois é através dela, com a restrição estabelecida, o cenário real pode ser representado. As validações do modelo foram feitas comparando os resultados extraídos do modelo com os dados reais coletados entre os meses de janeiro a setembro de 2016.

O sistema modelo pode ser considerado como um sistema terminal, pois possui condições fixas iniciais e um horário específico que estabelece o fim do processo de simulação.

O Quadro 6 representa os resultados obtidos após 10 replicações realizadas do modelo. O resultado do cenário real no período de 9 meses é de 39.018 saídas de caminhões da base de distribuição de combustíveis. A média das saídas das replicações da simulação é igual a 41.192 veículos, que gera uma diferença de 5,57% do modelo real. Esta variação demonstra que a modelagem construída está em linha com os dados reais, sendo válida para o estudo proposto neste trabalho.

Quadro 6: Resultados das replicações do modelo criado no ARENA

Replicação	Unidade	Resultado
1	Caminhões/9 meses	41.317
2	Caminhões/9 meses	41.302
3	Caminhões/9 meses	41.175
4	Caminhões/9 meses	41.092
5	Caminhões/9 meses	41.030
6	Caminhões/9 meses	41.032

7	Caminhões/9 meses	41.181
8	Caminhões/9 meses	41.275
9	Caminhões/9 meses	41.257
10	Caminhões/9 meses	41.263

Fonte: Autora, 2017.

A Tabela 2 compara as médias reais e aquelas resultantes da simulação. A variação apresentada reforça a validação positiva do modelo, pois todas as diferenças estão abaixo de 10%, consideradas satisfatórias para este estudo, visto que este percentual não compromete a aplicação prática do modelo de simulação. Um valor acima de 10% poderia dizer que o modelo proposto não representa adequadamente o processo.

Tabela 2 – Validação do modelo

Variável Analisada	Média Real	Média da Simulação	Variação (%)
Intervalo de tempo entre chegadas na base (min)	4,55	4,99	9,67%
Tempo de espera no pátio para entrar na base (min)	8,05	8,72	8,32%
Tempo de espera para realizar o carregamento (min)	28,82	30,98	7,49%
Tempo de realização do carregamento (min)	20,08	21,33	6,23%
Tempo para saída da base de distribuição (min)	10,36	10,37	0,10%

Fonte: Autora, 2017.

Com os resultados obtidos pelas avaliações feitas podemos verificar que o modelo está validado.

No próximo item serão expostos os resultados e discussões do modelo real e dos cenários propostos por meio de uma série de indicadores, com o objetivo de finalizar o estudo realizado neste trabalho.

4 Análise de Cenários

Esta etapa do trabalho tem como objetivo demonstrar os cenários criados, pelo modelo computacional desenvolvido, e ratificar que eles condizem com uma realidade que a empresa pode vir a passar. Indicadores foram definidos para avaliar o desempenho das simulações e demonstrar os resultados obtidos por meio de diversas rodadas.

Os indicadores considerados neste trabalho são destacados na Tabela 3.

Tabela 3 - Indicadores

Indicador	Descrição	Unidade de medida	Forma de cálculo	Finalidade
1	Quantidade de caminhões movimentados em 9 meses em todo o processo da base	Unidades /Período de Tempo	Quantidade de caminhões movimentados em 9 meses	Demonstra o número de caminhões movimentados na base em 9 meses. Pode ser comparado com os demais meses do ano ou com outras bases de distribuição de combustíveis
2	Tempo médio do ciclo do caminhão	Minutos	Somatório dos tempos médios de “Espera no pátio para entrar na base + “Espera para realizar o carregamento + “Realização do carregamento” + “Tempo para saída da base de combustível” em 9 meses	Indica o tempo que o processo total está ocorrendo e também como o processo pode estar sendo ineficiente para os objetivos da empresa
3	Quantidade de caminhões na fila de entrada do processo de “Espera para realizar o carregamento”	Unidades /Período de Tempo	Quantidade de caminhões em fila na espera para realizar o carregamento em 9 meses	Apresenta o número de caminhões em fila na espera para realizar carregamento na base em 9 meses. Pode ser comparado com os demais meses do ano ou com outras bases de distribuição de combustíveis

4	Tempo médio de permanência na fila de "Espera para realizar o carregamento"	Minutos	Tempo médio em fila na espera para realizar o carregamento em 9 meses	Aponta o tempo médio que os caminhões esperam na fila na etapa anterior ao carregamento em 9 meses
5	Quantidade de caminhões na fila no processo de carregamento	Unidades /Período de Tempo	Quantidade de caminhões em fila na espera para realizar o carregamento em 9 meses	Revela o número de caminhões em fila na espera para realizar carregamento na base em 9 meses. Este indicador pode ser mais um fator para dimensionar o número de baias para realização do processo de carregamento
6	Tempo médio de permanência na fila para realização do carregamento	Minutos	Tempo médio em fila para realização do carregamento em 9 meses	Exibe o tempo médio que os caminhões esperam na fila na etapa anterior ao carregamento em 9 meses
7	Número médio de baias utilizadas no processo de carregamento	Unidades /Período de Tempo	Número de baias utilizadas no processo de carregamento em 9 meses	Evidencia o número médio de baias que são utilizadas durante o carregamento em 9 meses. Através deste índice é possível verificar se há ociosidade ou não no processo
8	Percentual médio de baias utilizadas no processo de carregamento	Unidades /Período de Tempo	Quantidade de baias utilizadas no processo de carregamento em relação ao total de baias disponíveis, no período de 9 meses	Indica o percentual médio de baias que são utilizadas durante o carregamento em 9 meses. Através deste índice é possível verificar percentualmente o grau de ociosidade ou não no processo

Fonte: Autora, 2017.

Após o desenvolvimento e validação do modelo computacional os resultados dos cenários propostos foram gerados e estão expostos na Tabela 4.

Tabela 4: Resultados dos cenários propostos

9 baias	9 baias	9 baias	7 baias	12 baias
18 hs de	15 hs de	21 hs de	18 hs de	18 hs de
operação	operação	operação	operação	operação
Início as	Início as	Início as	Início as 00:00h	Início as
00:00h	00:00h	00:00h		00:00h
Término	Término	Término	Término as	Término as

Indicador	Unidade de Medida	as 18:59h	as 15:59h	as 21:59h	18:59h	18:59h
		Cenário 2016	Cenário Tempo diário de operação 15 horas	Cenário Tempo diário de operação 21 horas	Cenário Redução para 7 baias para carregamento	Cenário Aumento para 12 baias para carregamento
1	Unidades /Período de tempo	41.263	34.253	48.133	41.393	41.295
2	Minutos	71,41	71,38	71,29	74,69	69,85
3	Unidades /Período de tempo	3,37	3,37	3,37	4,11	3,14
4	Minutos	16,84	16,84	16,85	20,46	15,66
5	Unidades /Período de tempo	0,32	0,32	0,32	1,10	0,05
6	Minutos	1,58	1,58	1,59	5,47	0,27
7	Unidades /Período de tempo	3,95	3,95	3,95	3,97	3,96
8	%	43,93	43,91	43,93	56,67	32,99

Após a geração dos resultados dos cenários é possível realizar a análise dos indicadores, para avaliação das opções de alterações da operação de carregamento na base estudada. Com o desenvolvimento do trabalho o número de caminhões carregados no ano de 2016, no período de janeiro a setembro, foi de 41.363 enquanto que, na realidade, este número é de 39.018.

A diferença demonstrada em relação ao número de CT's resultantes do modelo e a quantidade real pode ser entendida como as variações existentes nos processos, que não foram inseridas no modelo, como parada para manutenção de equipamentos, bombas e obras na base.

Quantidade média de caminhões movimentados e tempo médio de ciclo – Indicadores 1 e 2

A quantidade média de caminhões que passaram pela base no período tratado neste trabalho varia, proporcionalmente, em 17% quando se reduz ou aumenta o tempo de operação em 3 horas. No período considerado no modelo o resultado da simulação é de 41.263 CT's, enquanto que para 15 horas a saída é de 34.253 e para 21 horas é de 48.133 CT's. Essa alteração demonstra que, com a alteração do tempo, sem alteração da demanda de vendas, a operação ocorre da mesma forma.

Em contrapartida, quando o número de baias passa a ser 7 ou 12, os *outputs* são 41.393 e 41.295 caminhões, respectivamente. Com a quantidade menor de baias e praticamente o mesmo resultado do cenário real o modelo nos mostra que algumas baias do processo atual podem estar ociosas no processo. Assim, a redução imediata da utilização de algumas baias não alteraria o desempenho do processo como um todo. Com o aumento do número das baias a quantidade de saídas também não sofreria grande mudança, indicando que a operação pode ter ainda mais baias ociosas.

Este ponto é importante para a empresa, pois o modelo apresentou um indício de que devido à demanda não sofrer grandes alterações, custos fixos podem ser maiores do que o realmente necessário. Além disso, um investimento em novas baias neste momento não agregaria eficiência à operação, apenas aumentaria os custos já existentes pela atividade de uma baia.

Em relação ao tempo de ciclo, observa-se que alterando o tempo total de operação o ciclo sofre pequena oscilação. Isto demonstra que mesmo alterando o intervalo disponível para o processo de carregamento o tempo de ciclo não sofre

mudança, permanecendo praticamente o mesmo em relação ao modelo real. Porém, ao reduzir o número de baias para 7 o tempo de ciclo sofre uma elevação de 4,59%, o que no dia a dia pode afetar negativamente o processo total, por não conseguir atender toda a demanda. De outro lado, ao aumentar o número de baias, verifica-se que o tempo de ciclo tem uma redução de 2,18%, o que é capaz de absorver um aumento da demanda de vendas.

Quantidade média de caminhões e tempo médio nas filas – Indicadores 3, 4, 5 e 6

O comportamento dos cenários é muito similar quando se trata das filas nos processos de espera para realizar o carregamento, etapa anterior ao processo de carregamento, e na fila de espera para o processo efetivo de carregamento. Quando há a alteração dos horários da operação para 15 horas e 21 horas não se observa uma variação significativa tanto no número médio de caminhões quanto no tempo médio, que proporcione impacto no processo. Isto pode ser justificado pelo fato de que alterando os tempos a frequência continua a mesma, o que resulta nas mesmas distribuições estatísticas, que levam o modelo ao mesmo resultado do cenário real.

Entretanto, ao alterar o número de baias para 7, há um aumento superior a 20% no número médio e tempo médio de CT's na fila de espera, para realizar o processo de carregamento. A mesma situação pode ser vista na alteração para 7 baias na fila do processo efetivo de carregamento, que resulta em uma alteração ainda maior na quantidade de caminhões e tempo médio de fila, superiores a 200%. Ao aumentar o número de baias para 9 unidades, o número de CT's em filas nestes processos, e o tempo médio de permanência nestas filas, é reduzido em 6,92%, na média, na etapa de espera para realizar o carregamento e 83,64%, na média, no processo efetivo de carregamento. Isto demonstra que a redução de baias impacta negativamente no processo, intensificando as filas, enquanto o incremento do número de baias reduz significativamente a quantidade de caminhões e o tempo perdido em filas.

O modelo computacional foi criado com base na operação real de carregamento na base avaliada. No *baseline* a formação de filas ocorre na etapa chamada neste trabalho de “espera para realizar o processo de carregamento”, que é uma fase anterior à “espera para realizar o carregamento”. Na operação, a formação de filas deve ocorrer, com maior significância, na espera para realizar o

processo de carregamento, pois quando o caminhão se desloca para próximo das baias, para que haja maior segurança e organização dos processos, não se deve formar fila. Neste último caso a passagem do CT deve ser quase instantânea, pois ele realiza apenas uma pequena parada para aguardar a saída do caminhão que estava ocupando a baia naquele momento.

Os resultados obtidos na simulação são consistentes com a realidade, pois a maior formação das filas ocorre na etapa anterior à espera para realizar o carregamento, sendo que, a quantidade e o tempo de espera próximo à baia de carregamento são muito pequenos. Em contrapartida, ao verificarmos a formação de filas no processo de espera para realizar o processo de carregamento o número resultante é mais expressivo, sendo acima de 3 unidades, na média, podendo chegar até 30 CT's em fila, e o tempo de espera de, aproximadamente, 17 minutos, em alguns momentos atingindo 84 minutos de aguardo.

Desta forma, verifica-se que os cenários propostos na simulação demonstram a realidade da operação, que é a formação das filas, que impactam negativamente o dia a dia da operação. Apesar da média do resultado não apresentar um número tão expressivo sabe-se que isso representa apenas uma média, e que muitas vezes a quantidade é substancialmente superior e o efeito é praticamente um nó na operação.

Número médio e percentual de utilização de baias – Indicadores 7 e 8

Estes indicadores foram definidos para verificar a utilização e desempenho das baias disponíveis na base de carregamento de derivados do petróleo.

Em comum com os demais indicadores, quando é feita a variação do tempo do processo, não se observa uma diferença significativa na quantidade e percentual médio de utilização das baias. Isso, novamente, pode ser explicado com a justificativa que ao se alterar os tempos é levada em consideração uma alteração da demanda proporcional a estes tempos, que resulta em uma frequência similar ao cenário real, o que leva permanência dos números dos *outputs*.

Entretanto, ao alterar o número de baias para 7, observa-se um aumento de 0,51% na quantidade de baias ocupadas no processo de carregamento e um desempenho 29% maior. Ao aumentar o número de baias para 12 a utilização média permanece inalterada quando se compara ao processo real, mas a performance é reduzida em 24,90%, mostrando que a operação fica mais custosa,

pois aumenta o custo fixo e reduz a utilização das baias, as deixando mais tempo ociosas.

Apesar da utilização das baias apresentar uma média relativamente baixa, em alguns momentos os 9 recursos são utilizados na sua totalidade, em momentos de maiores picos da operação. Este resultado condiz com a operação do período avaliado, que possuía sazonalidades de vendas e a base era capaz de atender operacionalmente. Porém, ao reduzir o número de baias foi visto que as baias foram mais utilizadas, o que demonstra que para dimensionar a quantidade correta de baias é preciso estar alinhado com a demanda atual e futura da companhia.

Através da criação dos cenários e avaliação dos mesmos, por meio de indicadores, é notado que a alteração do tempo de operação, baseada em uma variação da demanda, não altera o desempenho da operação. Em contrapartida, ao alterar a quantidade de baias o processo sofre mudanças significativas em seu desempenho.

Os resultados obtidos no trabalho servem de alerta para a companhia se atentar às limitações operacionais das suas bases, que podem impactar negativamente, se houver um aumento repentino das vendas. Neste caso, a empresa pode não conseguir atender por causa da fila de caminhões já existente e do número de baias disponíveis para carregamento. Em contrapartida, se não estiver prevista uma alteração do planejamento de vendas da base estudada em um período curto de tempo, é aconselhável a verificação da possibilidade de inutilizar alguma baia de carregamento. Para isso, é necessário levantar os custos envolvidos pela parada de sua atividade e um melhor planejamento da operação, para que o processo seja mais eficiente e não gere uma fila de CT's ainda maior.

5 Conclusões

Com o objetivo de atender um aumento da demanda de vendas de derivados de petróleo e conseqüentemente um maior número de caminhões movimentados na base estudada, este trabalho propôs uma ferramenta de modelagem e simulação dos processos logísticos que ocorrem dentro de uma base de distribuição de combustíveis, para que os gargalos logísticos apresentados nas suas atividades pudessem ser mapeados. O modelo desenvolvido auxilia a tomada de decisões estratégicas de investimentos e melhorias dos processos, assim como dimensionar a capacidade operacional da companhia. O uso de ferramentas, como modelos de simulações, auxilia nas tomadas de decisões que envolvem altos investimentos ou fundamentos mais precisos, pois são capazes de embasar a determinação de resultados.

A melhoria das atividades do dia a dia e a redução de custos colaboram para a diferenciação de uma empresa no mercado em que atua. Através da utilização de um sistema de tecnologia, é possível criar modelos específicos para análise de um determinado problema, por meio do mapeamento dos processos e do uso das variáveis corretas e mais importantes, como citado pela literatura exposta neste trabalho. A simulação é uma prática muito utilizada para comparar alternativas operacionais sem previamente alterá-las.

Esta dissertação apresentou um modelo de simulação, através do *software* Arena, o qual repetiu o mesmo comportamento que o modelo real apresentaria exposto a condições diversas, para tomada de decisões estratégicas. O estudo foi realizado em uma base de distribuição de derivados de petróleo localizada no estado do Rio de Janeiro.

Alguns indicadores foram criados para auxiliar a análise dos resultados, que tem como principais finalidades medir a utilização do recurso baia, a quantidade de caminhões nas filas e o nível de serviço dos processos. Com a análise destes indicadores foi possível avaliar os impactos como a variação do tempo de ciclo dos carregamentos dos caminhões, a capacidade de atendimento da base de acordo

com o aumento ou redução das baias, por exemplo, e qual o impacto destas alterações na formação das filas.

Desta forma, o modelo possibilita a comparação de cenários, sendo um suporte para tomada de decisões como aumento ou diminuição da carga horária de operação da base, investimentos em novos pontos de carregamentos ou redução dos existentes. Além disso, a expectativa de mudança dos processos existentes com foco em aperfeiçoamento da equipe e otimização das atividades.

Por meio dos cenários criados observou-se que a redução do tempo de carregamento leva a uma queda de 17% no número de caminhões carregados, que pode ser um cenário muito pessimista e não atender a realidade de uma queda de vendas, visto que o mercado não projeta uma redução tão expressiva nas vendas. Em contrapartida, com o aumento do tempo de operação da base para as 21:59h é visualizado um aumento da capacidade operacional, que pode ser uma alternativa para atender um acréscimo da demanda. Porém, como este novo horário interfere no tempo de recebimento de produtos da refinaria, é preciso avaliar outras questões de suprimentos para que a decisão de prorrogação do tempo de carregamento seja adotada.

Com o aumento e redução de baias o número de CT's atendidos por dia não sofre uma alteração tão significativa. Para estes casos é preciso levar em consideração a quantidade de caminhões que permanecerão em fila aguardando o carregamento, principalmente o tempo que eles ficarão na fila, pois há uma grande variação, o que impactará no desempenho de trabalho de cada veículo e até mesmo no nível de serviço de atendimento ao cliente. No cenário de aumento ou redução do número de baias é importante verificar a performance das operações das baias, que aumenta em torno de 13%, quando é reduzido a 7 baias, e cai 10%, aproximadamente, quando o número de baias passa a ser 12. Para esta avaliação das baias é importante citar que não houve uma alteração da demanda de vendas ou necessidade de carregamento de caminhões, apenas foi aplicado o cenário atual em uma variação da capacidade operacional da base.

Através do levantamento do número de baias é visto que há possibilidade de mudança da operação de imediato, caso a companhia opte pela redução dos custos fixos de operações das mesmas, com a parada de funcionamento de algumas delas, e se assuma o risco e demais ineficiências, como o aumento do tempo de cada caminhão em fila.

Por fim é importante salientar que o mercado de distribuição de combustíveis demanda investimentos altos e exigências de órgãos legais que são difíceis de conseguir em um prazo curto de tempo. Em contrapartida, a busca por redução de custos e otimizações dos processos é constante nas empresas. Desta forma, o modelo de simulação proposto auxilia na tomada de decisões em relação à operação do dia a dia que ocorre nas bases, deixando claros os impactos e riscos que podem surgir com cada decisão tomada.

5.1. Trabalhos futuros

Em termos acadêmicos, extensões e avanços deste trabalho podem ser desenvolvidos. A utilização de um modelo de otimização robusta em conjunto com a simulação de eventos poderia trazer ganhos à companhia. Além disso, uma análise sofisticada dos dados de demanda, via modelos de Séries Temporais, poderia tornar o modelo mais realístico. A inclusão das dinâmicas de custo no processo de modelagem, tornando-o multiobjectivo, seria outra possibilidade de extensão deste trabalho.

Em termos operacionais e com foco na empresa, algumas sugestões, listadas a seguir, podem influenciar em melhorias do modelo e auxiliar nas decisões tomadas a partir da sua utilização constante nas atividades do dia a dia:

- Mapear os tempos reais do processo de carregamento, como acoplar e desacoplar as bombas no caminhão;
- Incluir os tempos de paradas para manutenção dos equipamentos, estrutura, testes e treinamentos de segurança que ocorrem na base;
- Avaliar a alteração do modelo para outro sugerido pela literatura, para verificar se atende melhor este estudo;
- Pesquisar, através de estudos mais recentes, se existem outras alternativas, no cenário de modelagem computacional, que possam aperfeiçoar o modelo apresentado neste trabalho;
- Estruturar, baseado em um acompanhamento próximo da operação, os intervalos reais de gargalos da operação, para que as filas possam ser tratadas em períodos de operação mais críticos;

- Avaliar cenários de acordo com a estratégia de demanda de vendas da empresa, com o objetivo de atender uma crescente necessidade do mercado ou até mesmo uma redução dos custos fixos devido à queda de vendas.

6

Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Exploração e produção de óleo e gás**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas>>. Acesso em: 18 de Fevereiro de 2017.

ASCHAUER, G.; GRONALT, M.; MANDL, C. Modeling interrelationships between logistics and transportation operations - a system dynamics approach. *Management Research Review*, v.38, n.5, p. 506-508, 2015.

AYRES, A.; FREITAS, T. **Análise do mercado de combustíveis no Brasil e no Rio Grande do Sul**. XI Encontro Regional de Economia – ANPEC-Sul. 2015. Disponível em: <http://www.economiaetecnologia.ufpr.br/XI_ANPEC-Sul/artigos_aceitos.html>.

BANKS, J.; CARSON II, J.S.; NELSON, B.L.; NICOL, D. **Discrete-event system simulation**. 4ª Ed, New Jersey, Prentice Hall, 2005.

BEAMON, B. **Supply chain design and analysis: models e methods**. *International Journal of Production Economics*, v.55, p. 281-294, 1998.

CASSANDRAS, C.G., LAFORTUNE, S. **Introduction to discrete event systems**. 2ª ed. Boston, Springer, pp. 557-736, 2008.

CHWIF, L.; MEDINA, A.C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria & Aplicações**. 3ª ed. São Paulo, Editora Bravarte, p. 8-11, 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (1986), **Resolução 001/1986**. Brasília.

EBBEN, M.J.R.; VAN DER HEIJDEN, M.C.; VAN HARTEN A. **Dynamic transport scheduling under multiple resource constraints**. *European Journal of Operational Research*, Netherlands, v.167, p. 320-335, 2005.

EHRlich, P.J. **Pesquisa Operacional: curso introdutório**. 5ª ed. São Paulo, Atlas, 1985.

FILZMOSER, P., **Identification of Multivariate Outliers: A Performance Study**. *Austrian Journal of Statistics*, v.34, n.2, p. 127-138, 2005.

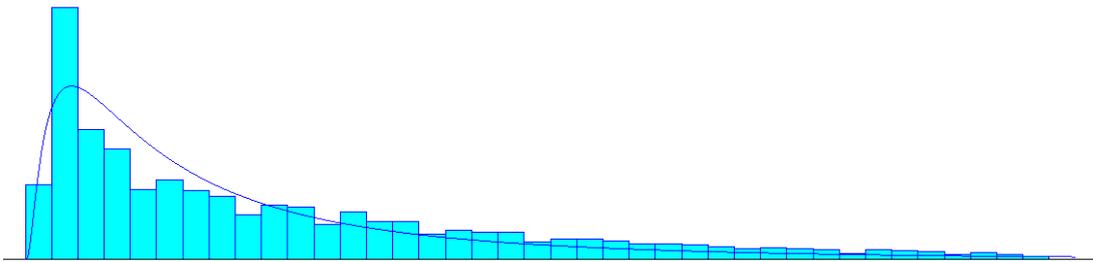
KIMURA, R. M. **Indústria brasileira de petróleo: uma análise da cadeia de valor agregado**. Monografia do Bacharelado em Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

LACOMME, P.; MOUKRIM, A.; TCHERNEV, N. Simultaneous job input sequencing and vehicle dispatching in a single-vehicle automated guided vehicle system: a heuristic branch-and-bound approach coupled with a discrete events simulation model. *International Journal of Production Research*, v.43, n.9, p. 1911-1942, 2005.

- MALIGO, C. Modelo para simulação da operação de carregamento de caminhões-tanque em uma base de distribuição de combustíveis automotivos. Dissertação de mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2005.
- MASLARIĆ, M.; GROZNIK, A.; BRNJAC, N. **Distribution Channel Reengineering: a case study**. Journal Promet – Traffic & Transportation, v.24, n.1, p. 35-43, 2012.
- NAYLOR, T.H. Computer simulation experiments with models of economic systems. New York, John Wiley & Sons, 1971.
- NAYLOR, T.H.; BURDICK, D.S.; SASSER, W.E. **Computer Simulation Experiments with Economic Systems: The Problem of Experimental Design**. Journal of the American Statistical Association, v.62, p. 1315-1337, 1967.
- PASTORE, P., GUIMARÃES, A.; DIALLO, M. **Simulação computacional aplicada à logística de distribuição de uniformes da Marinha do Brasil**. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP. São Carlos, 2010.
- PETROBRAS S.A. **Principais Operações**. Disponível em <<http://www.petrobras.com.br>>, acesso em: 29 de abril 2017.
- PRADO, D. **Usando o Arena em simulação**. 5ª ed. Minas Gerais, Falconi, pp. 33, 2012.
- RELVAS, S.; MEGATAO, S.; PÓVOA, A; JR, F. **Integrated scheduling and inventory management of an oil product's distribution system**. The International Journal of Management Science, p. 956-968, 2013.
- SINDICATO NACIONAL DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE COMBUSTÍVEIS E LUBRIFICANTES. **História da Distribuição**. Disponível em: <<http://www.sindicom.com.br/#IMG3.htm?ini=1&targetElement=imghistorico>>, acesso em 05 de fevereiro 2017.
- TAKO, A.; ROBINSON, S. The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context. Journal Decision Support Systems, v.52, p. 802-815, 2012.
- TERZI, S.; CAVALIERI, S. **Simulation in the supply chain context: a survey**. Journal Computers in Industry, v.53, p. 3-16, 2004.
- VAN DER BRUGGEN, L.; GRUSON, R.; SALOMON, M. **Reconsidering the distribution structure of gasoline product's for a large oil company**. European Journal of Operational Research, Netherlands, v.81, p. 460-473, 1995.
- WATSON, H.J.; BLACKSTONE JR, J.H. **Computer simulation**. 2ª Ed. New York: John Wiley & Sons, 1981.
- ZUTING, K. R.; MOHAPATRA, P.; DAULTANI. Y.; TIWARI, M. K. **A synchronized strategy to minimize vehicle dispatching time: a real example of steel industry**. Journal Advances in Manufacturing, v.2, p. 333-343, 2014.

Apêndice 1 - Algumas distribuições dos dados coletados

Apêndice 1.1. - Tempo entre chegadas dos caminhões na base distribuidora



Distribution Summary

Distribution	Lognormal
Expression	LOGN(4.98, 7.56)
Square Error	0.005964
Chi Square Teste	
Number of intervals	40
Degrees of freedom	37
Test Statistic	4.32e+003
Corresponding p-value	< 0.005

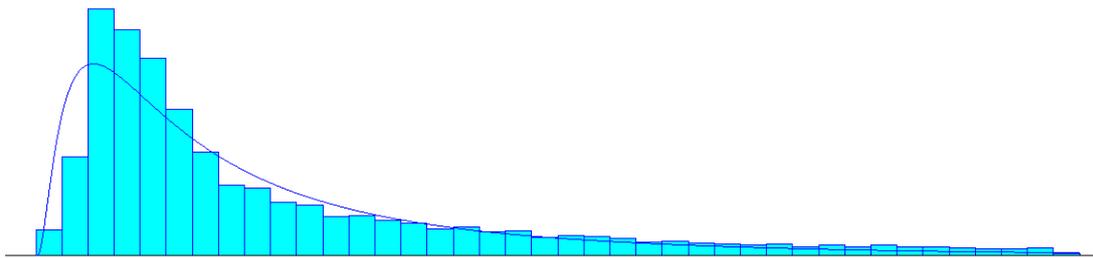
Data Summary

Number of Data Points	36192
Min Data Value	0.1
Max Data Value	18.4
Sample Mean	4.56
Sample Std Dev	4.25

Histogram Summary

Histogram Range	0 to 19
Number of Intervals	40

Apêndice 1.2. - Tempo de espera no pátio, em fila, para entrada na base



Distribution Summary

Distribution	Lognormal
Expression	-0.001 + LOGN(8.95, 12)
Square Error	0.005513
Chi Square Teste	
Number of intervals	40
Degrees of freedom	37
Test Statistic	3.23e+003
Corresponding p-value	< 0.005

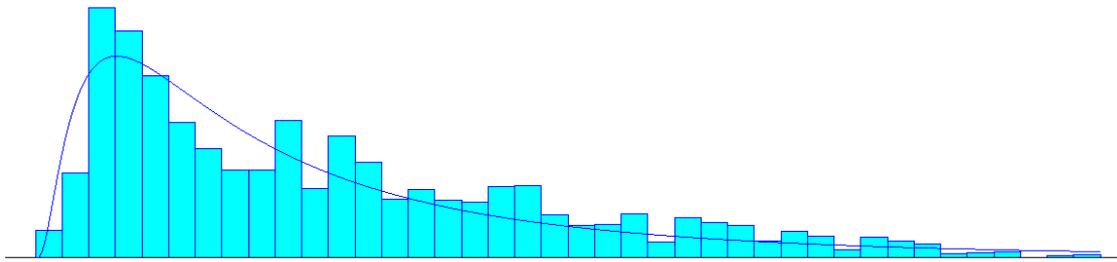
Data Summary

Number of Data Points	34555
Min Data Value	0
Max Data Value	34.4
Sample Mean	8.06
Sample Std Dev	7.5

Histogram Summary

Histogram Range	-0.001 to 35
Number of Intervals	40

Apêndice 1.3. - Tempo de espera para realizar o carregamento



Distribution Summary

Distribution	Lognormal
Expression	-0.001 + LOGN(31, 39.3)
Square Error	0.003769
Chi Square Teste	
Number of intervals	40
Degrees of freedom	37
Test Statistic	4.98e+003
Corresponding p-value	< 0.005

Data Summary

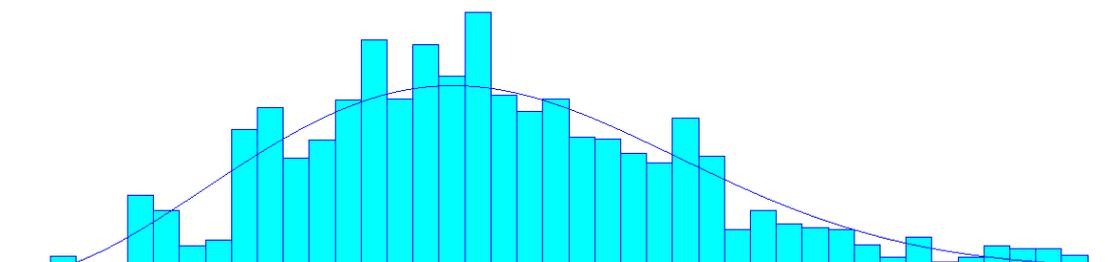
Number of Data Points	38503
Min Data Value	0
Max Data Value	96.6
Sample Mean	27
Sample Std Dev	20.3

Histogram Summary

Histogram Range	-0.001 to 97
Number of Intervals	40

PUC-Rio - Certificação Digital N° 1521895/CA

Apêndice 1.4. - Tempo de realização da operação de carregamento



Distribution Summary

Distribution	Weibull
Expression	-0.001 + WEIB(22.3, 2.41)
Square Error	0.002291
Chi Square Teste	
Number of intervals	40
Degrees of freedom	37
Test Statistic	4.44e+003
Corresponding p-value	< 0.005

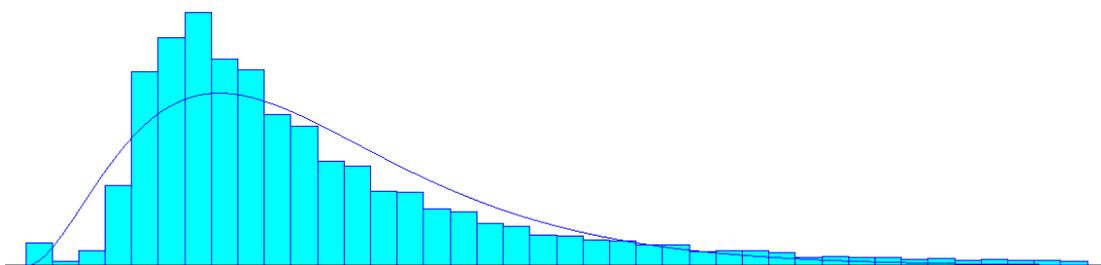
Data Summary

Number of Data Points	37399
Min Data Value	0
Max Data Value	45.8
Sample Mean	19.6
Sample Std Dev	8.53

Histogram Summary

Histogram Range	-0.001 to 46
Number of Intervals	40

Apêndice 1.5. - Tempo para saída da base de distribuição



Distribution Summary

Distribution	Erlang
Expression	-0.001 + ERLA(3.46, 3)
Square Error	0.005019
Chi Square Teste	
Number of intervals	40
Degrees of freedom	37
Test Statistic	5.6e+003
Corresponding p-value	< 0.005

Data Summary

Number of Data Points	32939
Min Data Value	0
Max Data Value	37.8
Sample Mean	10.4
Sample Std Dev	6.65

Histogram Summary

Histogram Range	-0.001 to 38
Number of Intervals	40