

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

**ANIBAL DE LUCA NETO**

**MODELO DE SIMULAÇÃO APLICADO A UM SISTEMA DE FILAS EM UM  
POSTO DE COMBUSTÍVEL**

Joinville

2019

ANIBAL DE LUCA NETO

**MODELO DE SIMULAÇÃO APLICADO A UM SISTEMA DE FILAS EM UM  
POSTO DE COMBUSTÍVEL**

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

Orientadora: Dra. Christiane Wenck Nogueira Fernandes.

Joinville

2019

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família por sempre estar ao meu lado durante toda trajetória, vocês me apoiaram em todas as fases da minha vida e me deram suporte para conquistar meus objetivos. Agradeço o apoio incondicional.

A minha namorada pela importância ímpar na minha graduação. Seu companheirismo, incentivo e compreensão foram indispensáveis. Obrigado pela sua parceria.

Aos meus amigos que fiz durante essa caminhada, sem vocês nada seria possível. Obrigado por compartilhar momentos que jamais esquecerei, seja nos momentos bons vividos ou de dificuldades, onde tudo se tornou mais fácil ao lado de vocês.

Agradeço à orientadora deste trabalho, Christiane, que colaborou de forma fundamental e me auxiliou sempre que necessário.

Aos professores de toda a graduação que me fizeram uma pessoa melhor. Parabéns por exercerem uma profissão tão nobre.

## RESUMO

Desde os primeiros investimentos na infraestrutura de transportes brasileira, a maioria das políticas públicas direcionaram os recursos para o modal rodoviário, resultando em uma predominância deste modal em 61,4% da matriz de transportes brasileira. Neste sentido, o mercado revendedor de combustíveis é responsável por suprir grande parcela da logística do país. O mercado varejista do ramo está se tornando cada vez mais competitivo devido a novos entrantes e ao novo perfil do usuário, que impulsiona o revendedor a reduzir desperdícios e ofertar mais serviços. Considerando a necessidade de extrapolar cenários e auxiliar a tomada de decisão de gestores deste segmento, este trabalho pretende analisar a simulação de filas em um posto de combustível utilizando o software ARENA® Simulation. São apresentados quatro cenários, primeiro referente ao cenário atual, que será considerado a base das análises e os demais cenários buscam através de indicadores de desempenho propor soluções de melhoria, concluindo que a aquisição de mais uma bomba de gasolina atende as pretensões a curto e médio prazo do empreendimento.

**Palavras-chave:** Posto de Combustível. Teoria das Filas. Simulação. Software Arena.

## **ABSTRACT**

Since the first investments in Brazilian transport infrastructure, the most of the public policies directed the resources to the road modal, which resulted in a predominance of this kind of modal in 61,4% of the Brazilian transport matrix. Therefore, the fuel resale market is responsible for supplying a large portion of the country's logistics. The retail market of the field is becoming increasingly competitive due to the new entrants and the new user profile, which drives the reseller to reduce wastage and offer more services. Considering the need to extrapolate scenarios and assist the managers of this segment in the decision-making, this work intends to apply the simulation in a gas station using the ARENA® Simulation software. Four scenarios are presented, first referring to the current scenario, which will be considered the basis of the analysis and the other scenarios seek through performance indicators to propose improvement solutions, concluding the acquisition of another gas pump meets the short and medium pretensions of the project.

**Keywords:** Gas Station. Queuing Theory. Simulation. Software Arena.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas da Metodologia.....	12
Figura 2 – Processo Básico de Filas.....	15
Figura 3 – Modelo de Custo.....	16
Figura 4 – Sistemas de uma fila e um canal.....	17
Figura 5 – Sistemas de uma fila e três canais .....	17
Figura 6 – Sistemas de uma fila e vários canais em paralelo e em série .....	17
Figura 7 – Fases da realização de uma simulação .....	22
Figura 8 – Classificação dos sistemas .....	23
Figura 9 – Módulo Create.....	25
Figura 10 – Módulo Process .....	26
Figura 11 – Distribuição Normal com $\mu = 4$ e $\theta = 0,5$ .....	27
Figura 12 – Distribuição Exponencial com $\beta = 1$ .....	28
Figura 13 – Distribuição Lognormal com $\mu = 1$ e $\theta = 0,5$ .....	29
Figura 14 – Distribuição Earlang com $\beta = 1$ e $m = 3$ .....	29
Figura 15 – Distribuição Gama com $\beta = 1$ e $m = 0,5$ .....	30
Figura 16 – Distribuição Weibull com $a = 1$ e $b = 3,602$ .....	31
Figura 17 – Localização do Posto.....	34
Figura 18 – Pista de Abastecimento .....	35
Figura 19 – Relatório de venda por Data/Hora - Gasolina .....	36
Figura 20 – Relatório de venda por Data/Hora - Diesel S500.....	37
Figura 21 – Relatório de venda por Data/Hora – Diesel S10 .....	37
Figura 22 – Taxa de Atendimento Gasolina “Input Analyzer” .....	38
Figura 23 – Sumário da Distribuição da Gasolina.....	38
Figura 24 – Processo .....	40
Figura 25 – Modelo Proposto .....	40
Figura 26 – Chegada de Clientes.....	41
Figura 27 – Distribuição de abastecidas .....	41
Figura 28 – Escolha de combustível.....	42
Figura 29 – Atendimento Diesel S10 .....	42
Figura 30 – Atendimento Diesel S500 .....	43
Figura 31 – Atendimento Gasolina.....	44
Figura 32 – Saída.....	44

Figura 33 – Auto Posto de Luca .....	47
Figura 34 – Auto Posto de Luca Reformado. ....	47
Figura 35 – Chegadas Alterado .....	48
Figura 36 – Capacidade de Atendimento .....	49
Figura 37 – Trecho da Rodovia BR-116 .....	51
Figura 38 – Projeto Duplicação trecho da Rodovia BR-116. ....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Equações de uma fila e um canal.....	19
Tabela 2 – Equações de uma fila e S canais .....	20
Tabela 3 – Distribuições Aceitas .....	39
Tabela 4 – Resultados da Simulação do Cenário Base.....	46
Tabela 5 – Resultados da Simulação do Cenário 1 .....	48
Tabela 6 – Resultados da Simulação do Cenário 2 .....	50
Tabela 7 – Estimativa de Investimento para uma Bomba de Gasolina .....	50
Tabela 8 – Resultados da Simulação do Cenário 3 .....	52
Tabela 9 – Comparação entre cenários.....	53



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	10
1.2 OBJETIVOS .....	10
1.2.1 Objetivo Geral .....	10
1.2.2 Objetivos Específicos .....	11
1.3 JUSTIFICATIVA .....	11
1.4 METODOLOGIA.....	12
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	13
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>14</b>
2.1. TEORIA DAS FILAS .....	14
2.1.1 Estrutura do Sistema.....	16
2.1.2 Notação de Kendall .....	18
2.1.3 Modelo de um canal e uma fila com população infinita (M/M/1/∞/∞/FCFS) .....	18
2.1.4 Modelo de uma fila e S canais com população infinita (M/M/S/α/α/FCFS).....	19
2.2. SIMULAÇÃO .....	20
2.2.1 Classificação dos Sistemas .....	23
2.2.2 O software Arena®.....	24
2.2.2.1. O processo de chegada .....	25
2.2.2.2 O processo de atendimento.....	26
2.2.2.3 Modelo de decisão .....	26
2.2.2.4 A saída do veículo .....	26
2.3. DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE.....	27
2.3.1 Normal .....	27
2.3.2 Exponencial .....	27
2.3.3 Lognormal .....	28
2.3.4 Earlang.....	29
2.3.5 Gama .....	30
2.3.6 Weibull .....	30
2.4. TESTES DE ADERÊNCIA .....	31
2.4.1. Teste qui-quadrado de aderência .....	31
<b>3 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>32</b>
3.1 DESENVOLVIMENTO DO MODELO.....	35

3.1.1 Coleta de Dados.....	36
3.1.2 Modelo Proposto .....	39
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>45</b>
4.1 CENÁRIO BASE .....	46
4.2 CENÁRIO 1 .....	47
4.3 CENÁRIO 2 .....	49
4.4 CENÁRIO 3 .....	51
<b>5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE A – Taxa de Atendimento Diesel S500 “Input Analyzer” .....</b>	<b>58</b>
<b>APÊNDICE B – Taxa de Atendimento Diesel S10 “Input Analyzer” .....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO A – Matriz Origem Destino Monte Castelo .....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO B – Distribuição do Qui-Quadrado .....</b>	<b>61</b>

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO**

Os postos de combustíveis têm assumido o papel de uma central de apoio ao cliente, deixando para trás o conceito de apenas ofertar seu principal produto, passando a diversificar sua linha, ofertando vários serviços tais como: mercado de conveniências, restaurantes, ambientes de confraternização, padarias, farmácias e serviços ao automóvel. Pela expansão desse mercado, nota-se a importância de um planejamento adequado para assegurar a competitividade e a eficiência.

Conhecendo como o processo se comporta e tendo uma base de dados representativa, é possível utilizar conceitos de teoria das filas e simulação para auxiliar o gestor nas tomadas de decisão. Estas ferramentas podem auxiliar de forma preventiva, garantindo não apenas melhores desempenhos das soluções adotadas, como também evitando gastos com futuras medidas corretivas (NEGRÃO et al., 2016).

A análise das filas através da simulação é uma importante ferramenta para as empresas que buscam melhor dimensionar seu serviço. Avaliando-se cenários, as características e as necessidades de todos os envolvidos é possível alcançar a eficiência nos processos.

Nesta perspectiva, o presente trabalho, tem por objetivo analisar diferentes cenários para identificar o gargalo nas filas das bombas de gasolina, nas de diesel s10 e no diesel s500 com auxílio do software de simulação ARENA® Simulation.

No posto objeto de estudo de caso há cinco bombas de abastecimento. O posto utiliza um sistema de operação que contabiliza todos os produtos de entrada e saída, gerando relatórios que são utilizados para o levantamento de dados do presente trabalho.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um modelo de simulação aplicado a um sistema de filas em um posto de combustível para melhorar a eficiência e o nível de serviço ofertado.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar os processos em um posto de combustível;
- Levantar os dados inerentes aos processos;
- Desenvolver um modelo de simulação no software Arena do atual cenário no estudo de caso;
- Simular novos cenários com embasamento teórico e prático;
- Analisar os possíveis cenários propostos.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Em um mundo cada vez mais globalizado, produtos são comercializados constantemente, resultando em que pequenas mudanças em qualquer parte do planeta podem alterar as demandas e as ofertas dos produtos dentro do seu mercado.

Esta aleatoriedade resulta em mais benefícios para as empresas que se preparam da melhor forma possível, seja na crise ou nas épocas de crescimento.

Portanto as empresas precisam estar estrategicamente planejadas para que consigam se manter no mercado altamente competitivo, se fazendo necessário constantemente se atualizar e buscar ferramentas que prospectem mais clientes. Assim o estudo das filas e da simulação se tornam uma ferramenta de grande importância.

Segundo Ferreira Filho (2005) as filas devem ser estudadas pois há um problema econômico embutido, o custo do serviço que consiste no custo de se construir e manter em funcionamento os sistemas em análise, e o custo de fila que se entende pelo prejuízo ao manter as entidades na espera pelo atendimento.

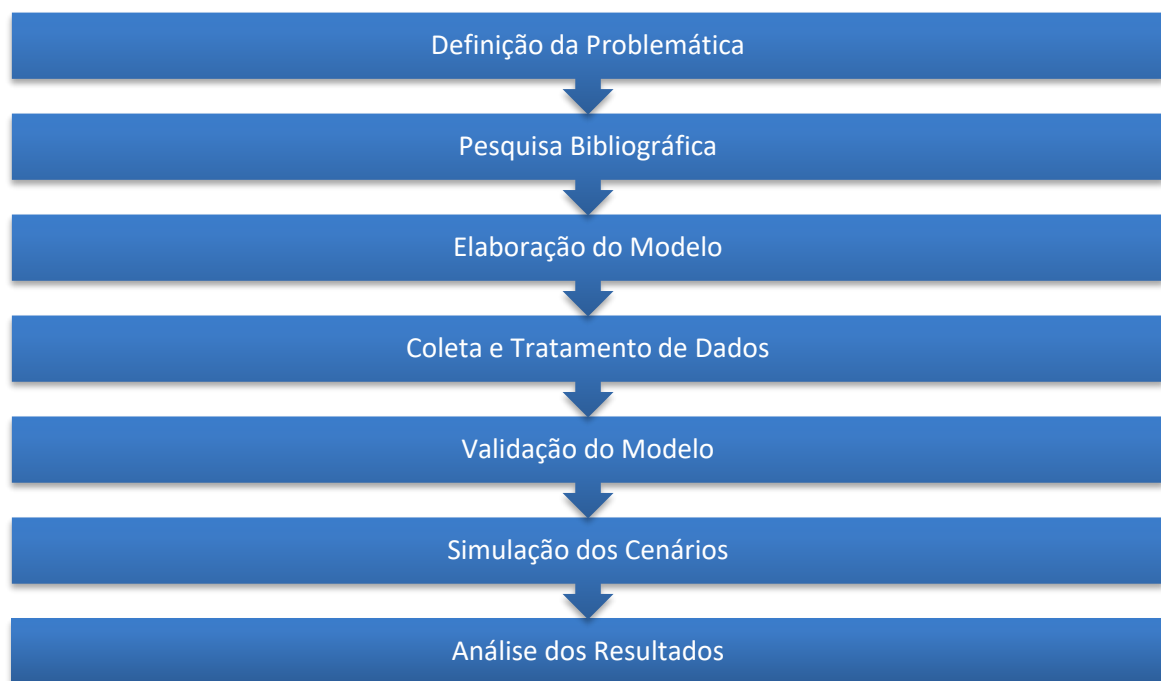
O presente trabalho surgiu da necessidade de dimensionar quantas bombas de abastecimento seriam necessários para funcionamento do sistema e a relação do nível de serviço ofertado e esperado. Uma forma de buscar as ociosidades operacionais e obter um balanceamento adequado é analisando-se filas. Existe uma noção totalmente intuitiva no ramo, mas nada concreto que direcione o gestor para tomar a melhor decisão, portanto se trata de um estudo que pode melhorar o processo de um segmento expressivo no mercado.

## 1.4 METODOLOGIA

Este trabalho utiliza como metodologia de pesquisa o estudo de caso, propõe-se a busca de informações de uma situação específica, a simulação de processos em um posto de combustível, com abordagem quantitativa, ou seja, depende de medidas mensuráveis para sua resolução.

O presente trabalho foi dividido em sete etapas conforme apresentado na Figura 1. Tem se a primeira etapa que compreende a etapa da definição da problemática e dos objetivos a que se pretende alcançar com o estudo. Na segunda etapa, realiza-se uma pesquisa bibliográfica contendo os principais temas relevantes para o entendimento dos problemas abordados.

Figura 1 – Etapas da Metodologia



Fonte: O Autor (2019)

Em seguida, propõe-se um modelo baseado na observação do sistema e em uma publicação no simpósio de produção nacional (NEGRÃO et al., 2016). Na quarta etapa são coletados dados na empresa, através de observações em campo e, principalmente, na coleta de informações do sistema operacional.

Os dados devem ser analisados para confirmar se de fato representam a realidade, caso haja pontos fora da curva, estes dados devem ser tratados para suprir o modelo proposto. Se os

dados representam um modelo matemático com um erro aceitável, então é fornecido para o modelo de simulação. Caso contrário, é realizado novamente a coleta e tratamento de dados.

Validando-se o modelo, se extrapola cenários baseados nas perspectivas do mercado para os próximos anos e através de gargalos observados pelos gerentes e pela própria simulação. Por fim, são discutidos os resultados alcançados para cada cenário e as possíveis melhorias.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em cinco capítulos, primeiramente apresenta-se a introdução ao tema, onde consta a contextualização da problemática, o objeto geral, os objetivos específicos, a justificativa e a metodologia utilizada.

Em seguida é realizada a fundamentação teórica dos temas relevantes para o desenvolvimento do estudo. É discutido sobre teoria das filas, simulação, distribuições de probabilidade e testes de aderência afim de melhorar o entendimento do mesmo.

No terceiro capítulo é apresentado o estudo de caso, ilustrando o modelo proposto e detalhando como a coleta de dados foi realizada e tratada para realizar as simulações.

O quarto capítulo é destinado à análise dos resultados obtidos após a simulação dos cenários propostos. E por fim apresenta-se as conclusões e as considerações finais, trazendo as análises comparativas de rendimentos entre cenários e as recomendações para trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os conceitos de Teoria das Filas, Simulação, Distribuições de Probabilidade e Testes de Aderência a fim de contextualizar e dar suporte teórico ao estudo de caso.

### 2.1. TEORIA DAS FILAS

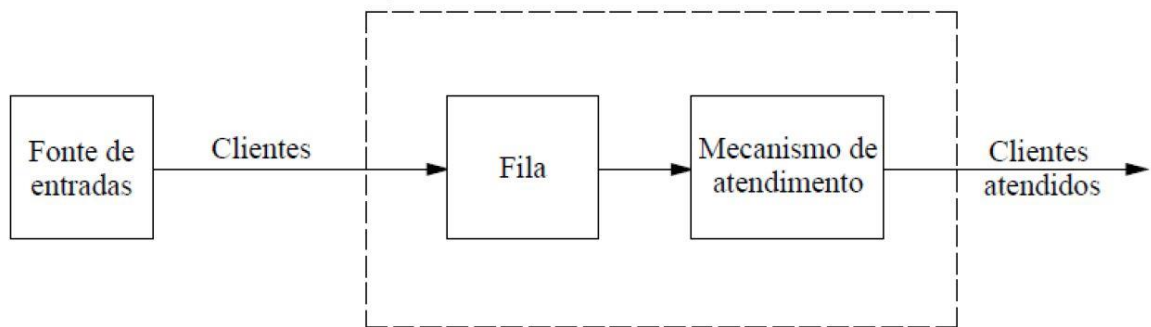
Segundo Andrade (2009), um dos tópicos da Pesquisa Operacional, com várias aplicações no campo da administração de empresas, é a Teoria das Filas. Essa teoria trata de problemas de congestionamento de sistemas, cuja característica principal é a presença de clientes solicitando serviços de alguma maneira.

Em sua expressão mais simples, um sistema de filas é composto de elementos que querem ser atendidos em um posto de serviço e que, eventualmente, devem esperar até que o posto esteja disponível (ANDRADE, 2015).

A motivação para estudar filas é que existem problemas econômicos embutidos em uma fila. Hillier e Lieberman (2013) afirma que os modelos de filas são muito úteis para operar um sistema de forma mais eficiente, pois permitem encontrar um equilíbrio apropriado entre custo de serviço e tempo de espera.

Para o mesmo autor, o processo básico dos modelos de filas se comporta da seguinte maneira: Clientes que necessitam de atendimento são gerados ao longo do tempo por uma fonte de entradas. Esses clientes entram em um sistema de filas e pegam uma fila. Em certos momentos, um integrante da fila é selecionado para o atendimento por alguma regra conhecida como disciplina de fila. O atendimento necessário é então realizado para o cliente pelo mecanismo de atendimento, após o qual o cliente deixa o sistema de filas. Esse processo é representado na Figura 2.

Figura 2 – Processo básico de filas



Fonte: Hillier (2013, p. 729)

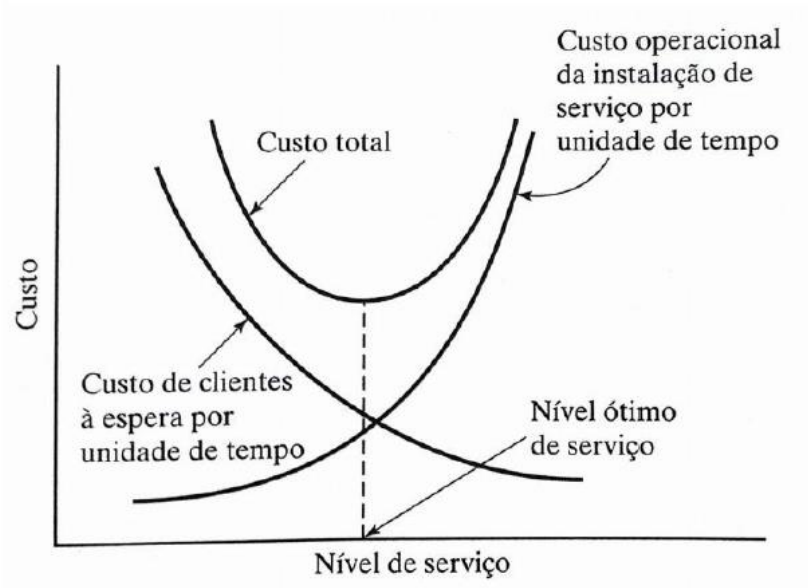
Hillier e Lieberman (2013) descreve os elementos da fila da seguinte forma:

- Fonte de entradas: é o número total de clientes ou entidades que precisam de atendimento de tempos em tempos;
- Fila: é o local onde os clientes aguardam antes de ser atendidos;
- Disciplina da fila: se refere à ordem na qual integrantes da fila são selecionados para atendimento;
- Mecanismo de atendimento: é formado por uma ou mais instalações de atendimento, e cada uma delas contém um ou mais canais de atendimento paralelos, chamados atendentes.

De acordo com Taha (2008) as análises de filas têm como objetivo minimizar a soma do custo de oferecer o serviço e o custo de espera. Conforme ilustrado na Figura 3, o custo de oferecer o serviço cresce proporcionalmente ao nível de serviço, enquanto o custo de espera do cliente aumenta conforme o nível de serviço diminui.



Figura 3 – Modelo de Custo



Fonte: Taha (2008)

Como exemplo de aplicações, tem-se Marinho (2006) que aplicou teoria das filas em um estudo para transplantes no Sistema Único de Saúde brasileiro.

Silva, et al. (2006) utilizou teoria das filas aplicada Porto de Itajaí-SC, de modo a analisar as características de atendimento aos navios e identificar possíveis melhorias.

Figueiredo e Rocha (2010) aplicou em um estudo de caso teoria das filas na otimização do número de caixas.

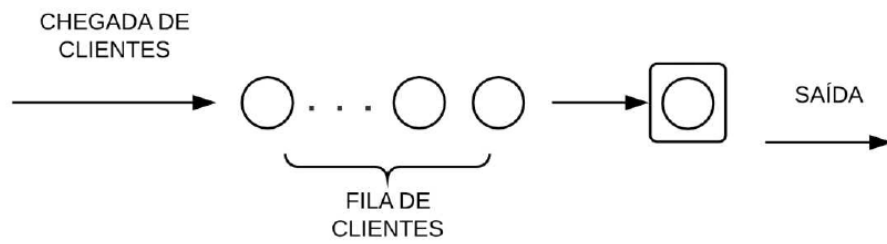
Camelo, et al. (2010) realizou um estudo de teoria das filas e da simulação aplicada ao embarque de minério de ferro e manganês no terminal marítimo de ponta da madeira.

Segundo Andrade (2009) além das características gerais de um sistema de filas é importante determinar a estrutura do sistema que podem ser muito variadas e cada caso exige um estudo analítico diferente.

### 2.1.1 Estrutura do Sistema

A estrutura mais simples é a de um sistema de uma fila e um canal conforme ilustrado na Figura 4:

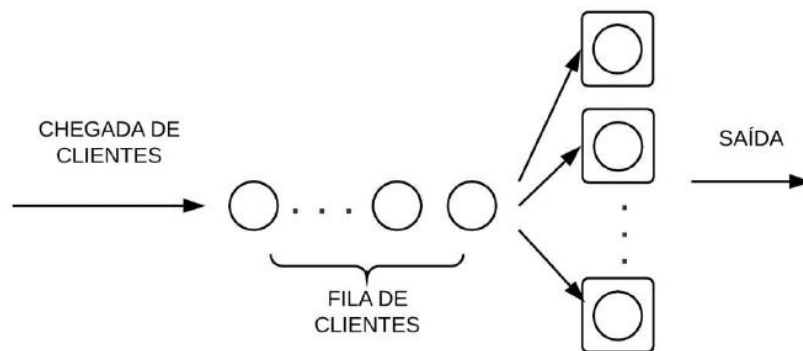
Figura 4 – Sistemas de uma fila e um canal



Fonte: Andrade (2015)

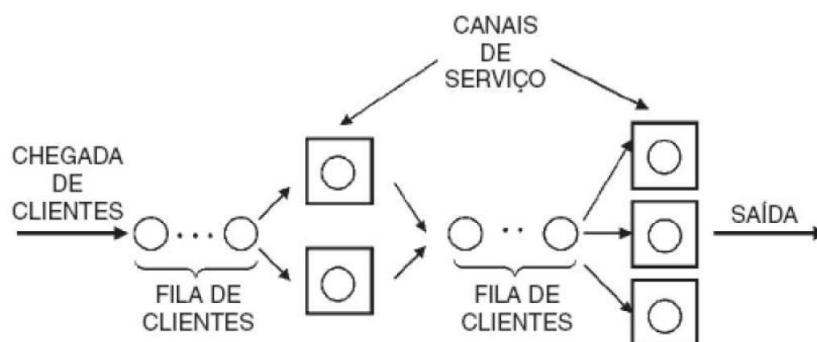
A Figura 5 mostra um sistema de uma fila e três canais em paralelo, enquanto a Figura 6 mostra um sistema complexo de filas e canais em série e paralelo.

Figura 5 – Sistemas de uma fila e três canais



Fonte: Andrade (2015)

Figura 6 – Sistemas de uma fila com canais em paralelo e em série



Fonte: Andrade (2009)

### 2.1.2 Notação de Kendall

Segundo Ferreira Filho (2005), para especificar um sistema de filas é necessária uma notação de forma que defina um modelo de forma resumida. O professor D. G. Kendall criou em 1953 uma notação que consiste na forma  $A/B/c/K/Z$ . A descreve a distribuição de tempo entre chegadas, B a distribuição do tempo de serviço, c o número de servidores, K a capacidade da fila de espera e Z a disciplina de atendimento.

Alguns exemplos possíveis de escolhas possíveis para A e B são:

- M: Distribuição Exponencial;
- $E_k$ : Distribuição de Erlang-k;
- D: Distribuição Determinística ou degenerada;
- U: Distribuição uniforme;
- G: Distribuição Geral.

### 2.1.3 Modelo de um canal e uma fila com população infinita (M/M/1/∞/∞/FCFS)

As equações deste modelo são baseadas nas seguintes características dos processos de chegada e de atendimento dos clientes conforme Andrade (2009):

- As chegadas se processam segundo a distribuição de Poisson com média  $\tau$  chegadas/tempo;
- Os tempos de atendimento seguem a distribuição exponencial negativa com média  $1/\mu$ ;
- O atendimento à fila é feito por ordem de chegada;
- O número de clientes potenciais é suficientemente grande para que a população possa ser considerada infinita;

A Tabela 1 mostra as equações relacionadas ao modelo de um canal de atendimento e uma fila com população infinita.

Tabela 1 – Equações de uma fila e um canal

$P(n) = \left(\frac{\tau}{\mu}\right)^n \cdot \left(\frac{\mu - \tau}{\mu}\right)$	Probabilidade de haver n clientes no sistema
$P(n > r) = \left(\frac{\tau}{\mu}\right)^{r+1}$	Probabilidade de que o número de clientes no sistema seja superior a r
$P_0 = \left(\frac{\mu - \tau}{\mu}\right)$	Taxa de ociosidade
$\rho = \frac{\tau}{\mu}$	Taxa de ocupação
$NS = \left(\frac{\tau}{\mu - \tau}\right)$	Número médio de clientes no sistema
$NF = \left(\frac{\tau^2}{\mu(\mu - \tau)}\right)$	Número médio de clientes na fila (incluindo filas de tamanho zero)
$NF = \left(\frac{\mu}{\mu - \tau}\right)$	Número médio de clientes na fila (para filas de tamanho maior que zero)
$TF = \left(\frac{\tau}{\mu(\mu - \tau)}\right)$	Tempo médio de espera na fila
$TS = \left(\frac{1}{\mu - \tau}\right)$	Tempo médio gasto no sistema

Fonte: Adaptado de Andrade (2009)

#### 2.1.4 Modelo de uma fila e S canais com população infinita (M/M/S/∞/FCFS)

A Tabela 2 descreve as principais equações do modelo considerando as características gerais, segundo Andrade (2009):

- As chegadas se processam segundo a distribuição de Poisson, com média de  $\tau$  chegadas por unidade de tempo;
- Os tempos de atendimento, por canal, seguem a distribuição exponencial negativa, com média  $1/\mu$ ;
- O atendimento é feito por ordem de chegada;
- O número de canais de serviço no sistema é S;
- O número de clientes é suficientemente grande para que a população possa ser considerada infinita;
- O ritmo de serviço é  $\mu.S$ ;

- A condição de estabilidade do sistema é  $\tau < \mu.S$ .

Tabela 2 – Equações de uma fila e S canais

$\rho = \frac{\tau}{\mu}$	Taxa de utilização
$P_0 = \frac{1}{\sum_{j=0}^{s-1} \frac{\rho^j}{j!} + \frac{\rho^s}{(s-1)!(s-\rho)}}$	Probabilidade não haver clientes na fila
$P(n \geq s) = \left( \frac{\rho^s}{(s-1)!(s-\rho)} \right) \cdot P_0$	Probabilidade de que todos os canais estejam ocupados
$NF = \left( \frac{\rho}{s-\rho} \right) \cdot P(n \geq s)$	Número médio de clientes na fila
$TF = NF \cdot \frac{1}{\tau}$	Tempo médio de espera na fila
$NS = NF + \rho$	Número médio de clientes no sistema
$TS = NS \cdot \frac{1}{\tau}$	Tempo médio gasto no sistema

Fonte: Adaptado de Andrade (2009)

As equações mostradas anteriormente na Tabela 2, normalmente são utilizadas em sistemas mais simples. Para problemas mais elaborados que exigem uma complexidade algébrica maior, não é viável utilizar os métodos analíticos. Para resolver estes problemas, pode-se utilizar a simulação como uma alternativa, que trata de uma modelagem computadorizada do comportamento do sistema.

## 2.2. SIMULAÇÃO

A simulação trata de uma imitação computadorizada do comportamento aleatório de um sistema com a finalidade de estimar suas medidas de desempenho (TAHA, 2008).

Freitas Filho (2008) define a simulação como o processo de modelar computacionalmente um sistema real e conduzir experimentos com este modelo, com o propósito de entender seu comportamento e avaliar estratégias para sua utilização.

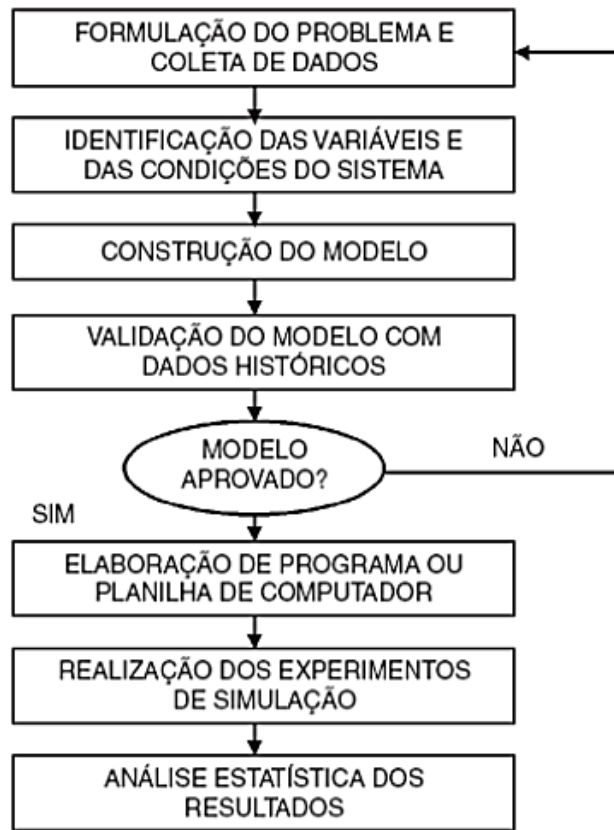
Segundo Andrade (2009) é possível listar várias vantagens do uso da simulação, como a seguir:

- Por meio da simulação podem ser estudadas algumas variações no meio ambiente e verificados seus efeitos em todo o sistema;
- A experiência adquirida em construir os modelos e realizar a simulação pode levar a uma melhor compreensão do sistema, o que possibilita melhorá-lo;
- A simulação pode ser usada para experiências com novas situações, sobre as quais se tem pouca ou mesmo nenhuma informação, no intuito de preparar a administração para o que possa acontecer;
- A simulação pode servir como um primeiro teste para se delinearem novas políticas e regras de decisão para a operação de um sistema, antes de experimentá-las no sistema real.

Em contraste com os modelos que buscam a otimização do sistema, os modelos de simulação são executados ao invés de serem resolvidos. Esta diferença entre as abordagens implica que, os modelos simulados permitem uma análise à medida que novas alterações são empregadas no sistema. Porém, as simulações não possibilitam a busca pela solução ótima (FREITAS FILHO, 2008).

Para realizar a modelagem devem ser seguidas etapas básicas, que podem ser modificadas conforme o objetivo, amplitude e profundidade do estudo e os recursos disponíveis. Segundo Andrade (2009) as fases de realização de uma simulação seguem as etapas descritas na Figura 7.

Figura 7 – Fases da realização de uma simulação



Fonte: Andrade (2009)

A primeira etapa é de identificação do problema a ser analisado e definição do objetivo a ser estudado. Em seguida, tem-se o processo de recolhimento de dados, onde deve haver uma quantidade suficiente, e estes devem ser significativos e qualitativamente confiáveis para o processo de tomada de decisão.

Na sequência, identifica-se as variáveis do problema, bem como suas relações, condições e as restrições do sistema de modo a possibilitar a construção de um modelo que represente, o mais fielmente possível, a realidade.

Conhecidos os objetivos, os dados disponíveis, as variáveis do processo, as relações e condições reais, a construção do modelo consiste na formulação das equações que representem as relações dos sistemas e o estabelecimento de limites de variação dos resultados e valores.

Construído o modelo, é necessário saber se ele atende aos objetivos da simulação, representando corretamente os sistemas em estudo. Caso aceito o modelo deve ser implementado em um programa de computador.

Por fim, os resultados da simulação compõem uma distribuição de valores que deve ser analisada, por meio da utilização de técnicas estatísticas, com o objetivo de se estimar o desempenho esperado do sistema e suas possíveis variações.

Por exemplo Iannoni, et al. (2002) apresenta um estudo do sistema de recepção de cana com objetivo de analisar o desempenho do sistema, compreendido da balança até as moendas, e investigar configurações e políticas alternativas para sua operação.

Pergher, et al. (2013) apresenta uma aplicação da simulação computacional, com objetivo de determinar a capacidade produtiva de um processo de produção de pães, projetada para atender as exigências de um nicho de mercado consumidor.

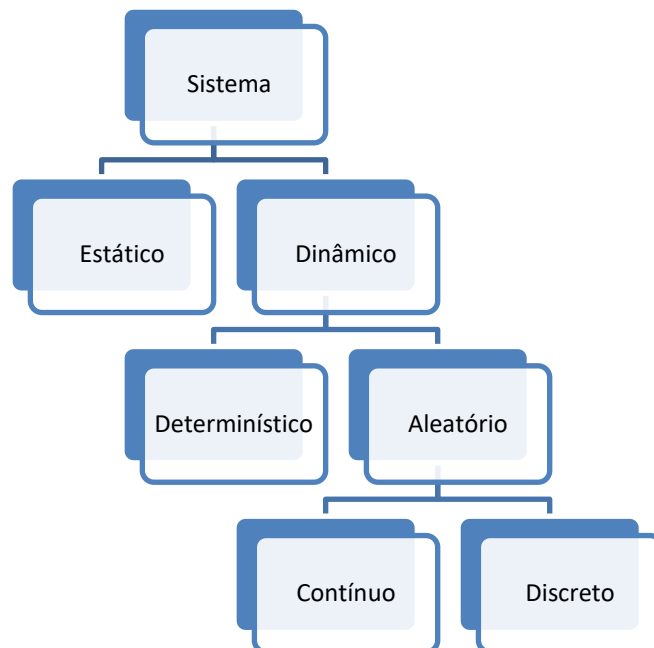
Doy (2006) realiza simulação do serviço de correio eletrônico através de um modelo de filas.

Ventura (2018) utiliza simulação para análise de desempenho do centro de reparo de equipamentos de diagnóstico in vitro de uma multinacional.

### 2.2.1 Classificação dos Sistemas

Segundo Freitas Filho (2008) os sistemas podem ser classificados como estáticos ou dinâmicos, contínuos ou discretos e determinísticos ou estocásticos, conforme a Figura 8.

Figura 8 – Classificação dos Sistemas



Fonte: Baseado em Freitas Filho (2008)



Segundo Chao (2001) um modelo que descreve o comportamento do sistema em um único ponto é classificado como estático. Já se o modelo sofre alterações ao longo do tempo é dito dinâmico. Por exemplo, um modelo que mede o lucro ao longo do ano é dinâmico, por sua vez se, medir somente o lucro no final do ano é estático.

Os modelos determinísticos dependem apenas do estado inicial e uma informação de entrada, assim é possível calcular o estado futuro variável, independentemente da quantidade de vezes que a simulação será executada o evento produzirá o mesmo resultado. Em contrapartida, os modelos estocásticos dependem de acontecimentos incertos, portanto são descritos conforme uma distribuição de probabilidade e por sua vez replicará em resultados aleatórios.

Para dimensionar adequadamente um sistema, deve-se dedicar atenção especial aos gargalos, ou seja, pontos onde ocorrem filas. Hillier e Lieberman (2013) divide as simulações em duas amplas categorias:

- Simulação por eventos discretos: é aquela que as mudanças no estado do sistema ocorrem instantaneamente em pontos aleatórios;
- Simulação contínua: é a aquela na qual as mudanças no estado do sistema ocorrem continuamente ao longo do tempo.

Para a realização da simulação proposta neste trabalho é necessário avaliar o software que tem uma interface gráfica que facilite o desenvolvimento e a compreensão da modelagem. Dentre os softwares no mercado existem vários que se destacam, entre eles está o Arena® que será apresentado na seção seguinte.

### **2.2.2 O software Arena®**

O Arena® foi lançado pela empresa americana System Modeling em 1993 e é o sucessor de outros dois softwares da mesma empresa, o SIMAN e o CINEMA, desenvolvidos em 1982 e 1984, respectivamente.

O software utiliza um conjunto de blocos que funcionam como comandos de uma linguagem de programação. Para simplificar o processo de construção de modelos, o ARENA usa uma interface gráfica para o usuário, que em muito facilita o processo.

Além de permitir a construção de modelos de simulação, o ARENA tem ainda ferramentas muito úteis:

- Analisador de dados de entrada (Input Analyzer);

- Analisador de resultados (Output Analyzer).

O Input Analyzer permite analisar dados reais do funcionamento do processo e escolher a melhor distribuição estatística que se aplica a eles. O Output Analyzer é uma ferramenta com diversos recursos que permite analisar dados coletados durante a simulação.

O Arena visualiza o sistema a ser modelado como constituído de um conjunto de estações de trabalho que contêm um ou mais recursos que prestam serviços a clientes (chamados de entidades ou transações), que se movem através do sistema. O movimento pode ser feito pela própria entidade ou por transportadores (empilhadeiras, por exemplo).

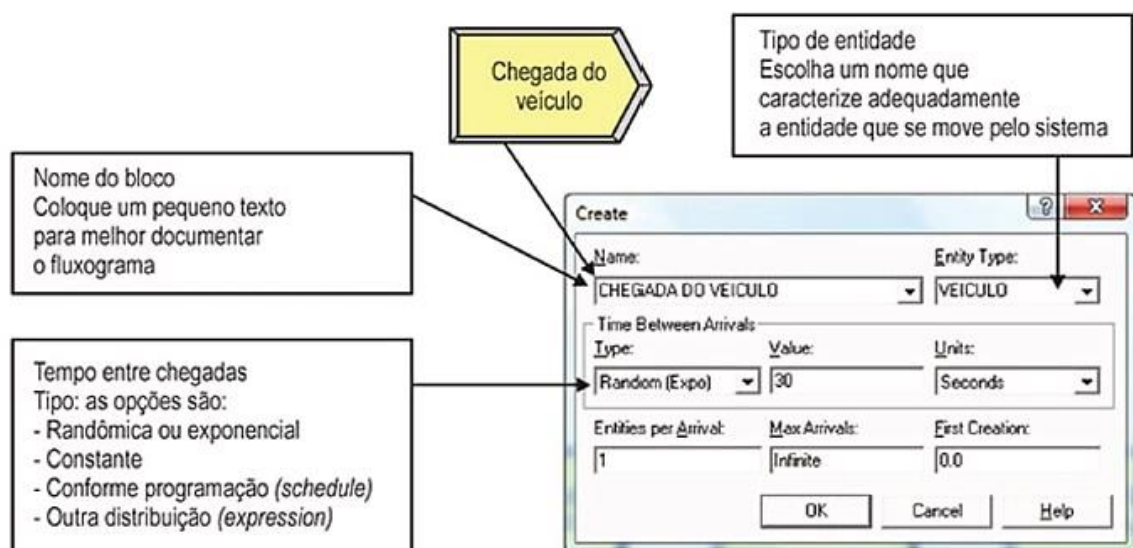
Para elaborar um modelo no ARENA, deve-se fornecer informações sobre o que acontece em cada estação de trabalho e sobre o deslocamento entre as estações.

### 2.2.2.1. O processo de chegada

O processo de chegada se refere a uma distribuição de probabilidades que descreve corretamente a chegada de clientes ao sistema. Esta distribuição é obtida através dos dados fornecidos e transformada em uma distribuição probabilística pelo Input Analyzer.

Para este processo é utilizado o módulo Create conforme ilustrado na Figura 9:

Figura 9 – Módulo Create

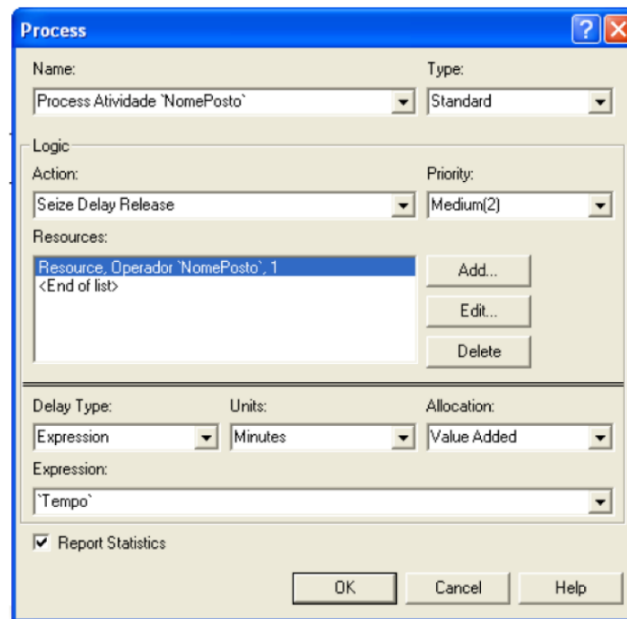


Fonte: Prado (2014)

### 2.2.2.2 O processo de atendimento

Ao chegar a uma estação de trabalho único, a entidade é atendida durante um período de tempo. Conforme o caso poderá haver um atendimento ou vários, para este processo o módulo utilizado é o Process conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10 – Módulo Process



Fonte: Do autor (2019)

### 2.2.2.3 Modelo de decisão

O módulo Decide é utilizado quando em um ponto do fluxo, tem-se diversas opções da continuação. Este módulo oferece quatro opções:

- 2-Way by Chance e N-Way by Chance – onde as opções de continuação são impostas por duas ou mais probabilidades;
- 2- Way by condition e N-Way by Condition – opções de continuação são definidas por duas ou mais condições.

### 2.2.2.4 A saída do veículo

Após o atendimento o veículo sai do sistema e o módulo correspondente é o Dispose.

Para simular o sistema é necessário conhecer algumas distribuições de probabilidade a serem utilizadas em processos de simulação.

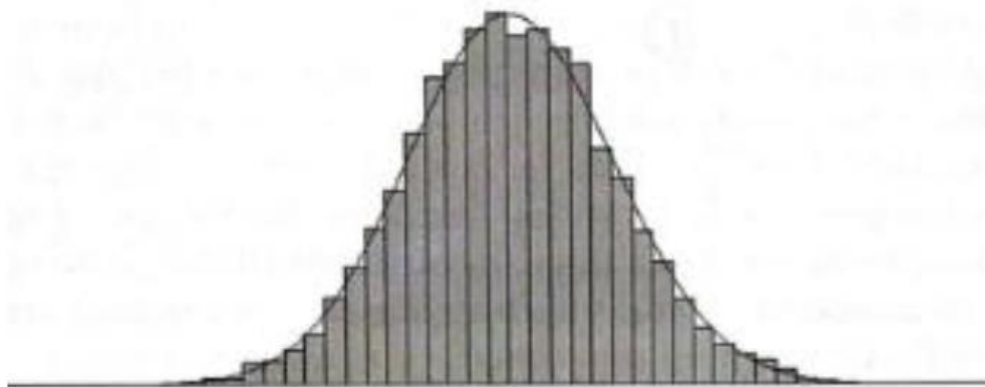
### 2.3. DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE

Neste tópico serão apresentadas algumas distribuições de probabilidade utilizadas no trabalho:

#### 2.3.1 Distribuição Normal

A distribuição normal é uma das distribuições mais utilizadas para modelar fenômenos naturais. É parametrizada pela sua média ( $\mu$ ) e o desvio padrão ( $\theta$ ), a Figura 11 mostra um exemplo desta distribuição.

Figura 11 – Distribuição Normal com  $\mu = 4$  e  $\theta = 0,5$



Fonte: Freitas Filho (2008, p.177)

#### 2.3.2 Distribuição Exponencial

Intervalos de tempo entre chegadas aleatórias são descritos quantitativamente em modelos de fila pela distribuição exponencial, que é definida pelas equações (2.1)-(2.3) e ilustrada na Figura 12.

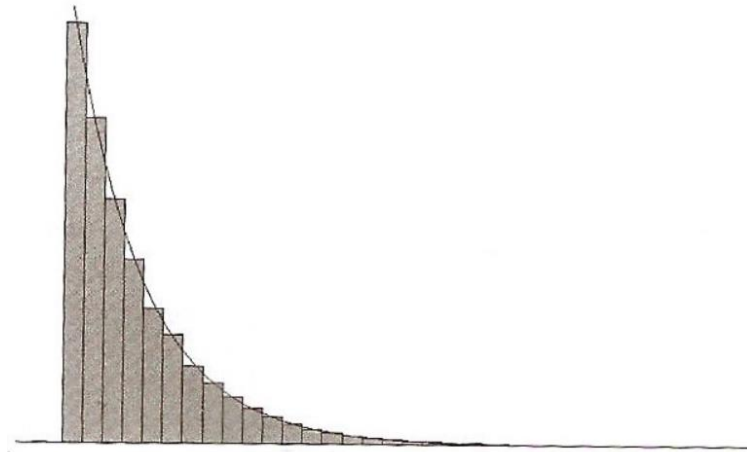
$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, t > 0 \quad (2.1)$$

$$E\{t\} = \frac{1}{\lambda} \quad (2.2)$$

$$P\{t \leq T\} = \int_0^T \lambda e^{-\lambda t} dt \quad (2.3)$$

$$= 1 - e^{-\lambda t}$$

Figura 12 – Distribuição Exponencial com  $\beta = 1$



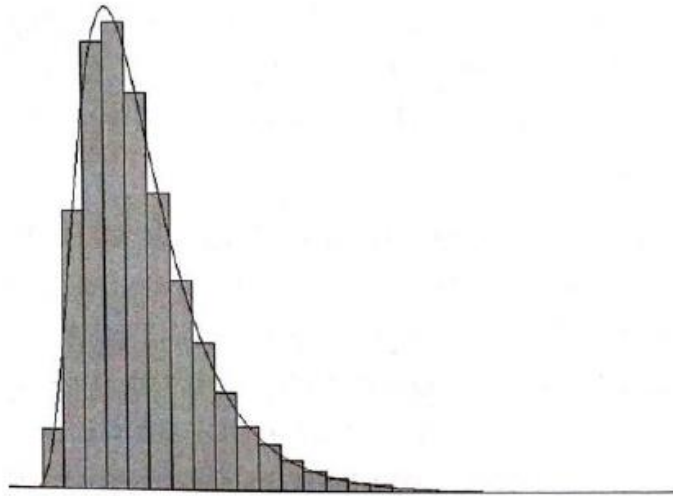
Fonte: Freitas Filho (2008, p. 179)

Segundo Taha (2008) a definição de  $E\{t\}$  mostra que  $\lambda$  é a taxa por unidade de tempo na qual são gerados eventos. O fato de a distribuição exponencial ser completamente aleatória pode ser ilustrado pelo exemplo: se agora for 8h20 da manhã e a última chegada ocorreu às 8h02, a probabilidade de a próxima chegada ocorrer às 8h29 é uma função apenas do intervalo entre 8h20 e 8h29 e é totalmente independente do tempo que transcorreu desde a ocorrência do último evento. Esse resultado é denominado ausência ou falta de memória da distribuição exponencial.

### 2.3.3 Distribuição Lognormal

A distribuição lognormal é utilizada quando a variável sob análise é resultante do produto de muitas variáveis aleatórias positivas. Alguns dos exemplos do emprego da distribuição Lognormal são encontrados na engenharia de confiabilidade para descrever falhas causadas por fadiga de material, incertezas e taxas de falhas. Um exemplo desta distribuição é ilustrado na Figura 13.

Figura 13 – Distribuição Lognormal com  $\mu = 1$  e  $\theta = 0,5$

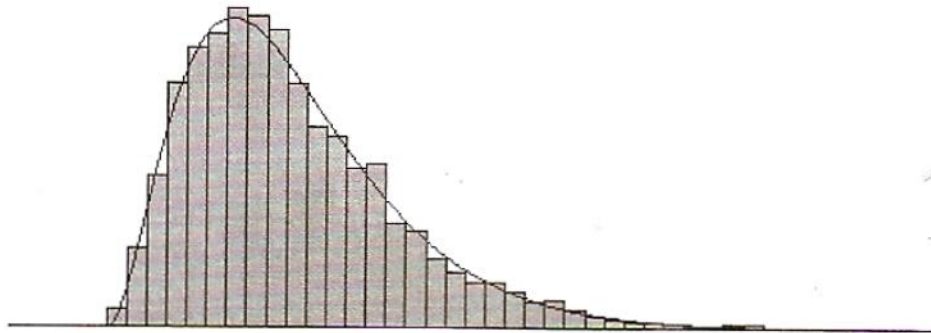


Fonte: Freitas Filho (2008, p.181)

#### 2.3.4 Distribuição Earlang

A distribuição Earlang é utilizada segundo Freitas Filho (2008) como uma extensão da exponencial, especialmente quando o fenômeno aleatório é observado ao longo de diversas etapas as quais podem ser descritas, de forma independente, com distribuições exponenciais. Um exemplo da distribuição Earlang com  $\beta = 1$  e  $m = 3$  conforme a Figura 14.

Figura 14 – Distribuição Earlang com  $\beta = 1$  e  $m = 3$

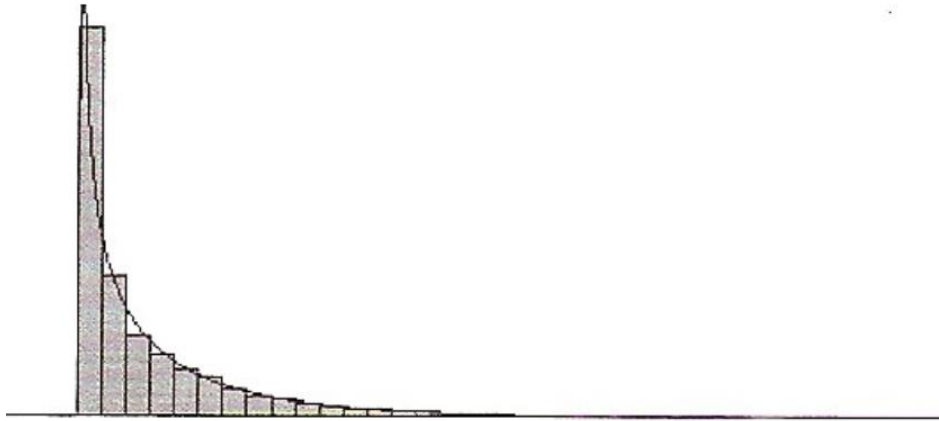


Fonte: Freitas Filho (2008, p.183)

### 2.3.5 Distribuição Gama

Segundo Freitas Filho (2008) a distribuição gama é uma generalização da distribuição Erlang. A diferença é que esta permite que  $m$  assumam valores não inteiros, conforme a Figura 15.

Figura 15 – Distribuição Gama com  $\beta = 1$  e  $m = 0,5$



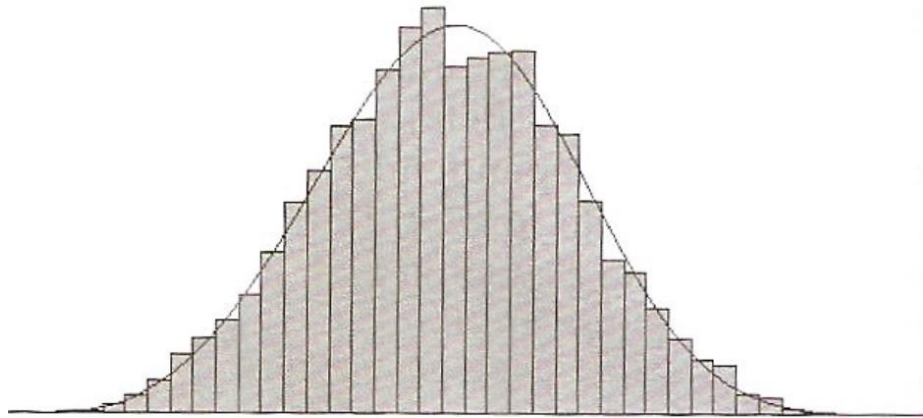
Fonte: Freitas Filho (2008, p.183)

### 2.3.6 Distribuição Weibull

A principal utilização da distribuição Weibull está na representação de variáveis aleatórias que descrevam características de confiabilidade de sistemas ou equipamentos. (FREITAS FILHO, 2008).

Depende de parâmetros que conforme combinados podem assumir vários perfis, como por exemplo a Figura 16.

Figura 16 – Distribuição Weibull com  $a = 1$  e  $b = 3,602$



Fonte: Freitas Filho (2008, p.186)

Para se utilizar estas distribuições de probabilidade é necessário confrontar os valores dos dados com os da distribuição, para isso existem testes que devem ser feitos para comprovar que os dados podem ser representados pelas distribuições de probabilidade definidas.

## 2.4. TESTES DE ADERÊNCIA

Segundo Barbetta, et al. (2010) o objetivo de um teste de aderência é verificar se os dados de uma amostra se comportam de acordo com uma distribuição de probabilidades clássica como a Normal, Exponencial, Gama, Lognormal e etc.

### 2.4.1. Teste qui-quadrado de aderência

O teste deve ser aplicado quando se tem interesse em verificar se as frequências observadas nas  $K$  diferentes categorias ( $O_i, i = 1, 2, \dots, K$ ) são significativamente distintas de um  $K$  frequências esperadas ( $E_i, i = 1, 2, \dots, K$ ). As hipóteses são:

$H_0: O_i = E_i$  para todo  $i = 1, 2, \dots, K$ ;

$H_1: O_i \neq E_i$  para algum  $i = 1, 2, \dots, K$ .



A estatística desse teste, chamada de  $Q^2$ , é uma medida de distância entre as frequências observadas e as frequências esperadas de cada categoria. Sua expressão é dada pela Equação (2.4).

$$Q^2 = \sum_{i=1}^K \left[ \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \right] \quad (2.4)$$

A estatística  $Q^2$  segue uma distribuição qui-quadrado com  $K - 1$  graus de liberdade. Observada uma amostra, pode-se obter o valor da estatística  $Q^2$ , representada por  $q^2$ . Usando uma abordagem clássica, obtemos o valor crítico  $\chi^2$ , em função do nível de significância  $\alpha$  adotado, formando a seguinte regra de decisão:

$Q^2 < \chi^2$ : Aceita  $H_0$  (há aderência à distribuição);

$Q^2 \geq \chi^2$ : rejeita  $H_0$  (não há aderência à distribuição).

#### 2.4.2. Teste de Kolmogorov-Smirnov

É possível verificar a aderência de um conjunto de valores em relação a uma distribuição de probabilidades específica (discreta ou contínua).

Seja  $F(x)$  a função de distribuição acumulada, com parâmetros especificados, para a qual se quer verificar a aderência dos dados. As hipóteses são:

$H_0$ : os dados provêm de  $F(x)$  (há aderência);

$H_1$ : os dados não provêm de  $F(x)$  (não há aderência).

Sejam as distribuições de frequências acumuladas: a empírica,  $S(x)$ , e a teórica,  $F(x)$ . Para cada elemento da amostra, obtém-se a diferença absoluta entre essas duas distribuições. A estatística do teste é a diferença absoluta máxima,  $d$ . O procedimento é descrito nos 5 passos a seguir.

1. Define-se  $S(x)$  para cada valor  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) conforme a equação 2.5:

$$S(x_i) = \frac{\text{número de valores} \leq x_i}{n} \quad (2.5)$$

Onde  $n$  é o tamanho da amostra e  $x_i$  é um valor qualquer da amostra.

2. Obtém-se para cada valor  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), os valores teóricos  $F(x_i)$ , calculados pela função de distribuição acumulada  $F(x_i)$ , especificada em  $H_0$ . Observe que, se a amostra realmente provém de uma população que segue a distribuição teórica  $F(x)$ , a distribuição observada  $S(x)$  não deve afastar-se muito de  $F(x)$ .
3. Verifica-se a discrepância entre  $S(x)$  e  $F(x)$  através das diferenças absolutas entre  $F(x_i)$  e  $S(x_i)$ , e entre  $F(x_i)$  e  $S(x_{i-1})$ , para  $i = 1, 2, \dots, n$ .
4. Calcula-se a estatística de teste,  $D$ , em termos da amostra em análise conforme a equação 2.6:

$$d = \max_i \{|F(x_i) - S(x_i)|, |F(x_i) - S(x_{i-1})|\} \quad (2.6)$$

5. Uma vez identificada a distância máxima  $d$ , comparamos seu valor com um valor tabelado,  $d_e$ , de acordo com o nível de significância  $\alpha$  e do tamanho  $n$  da amostra.  
Regra de decisão:

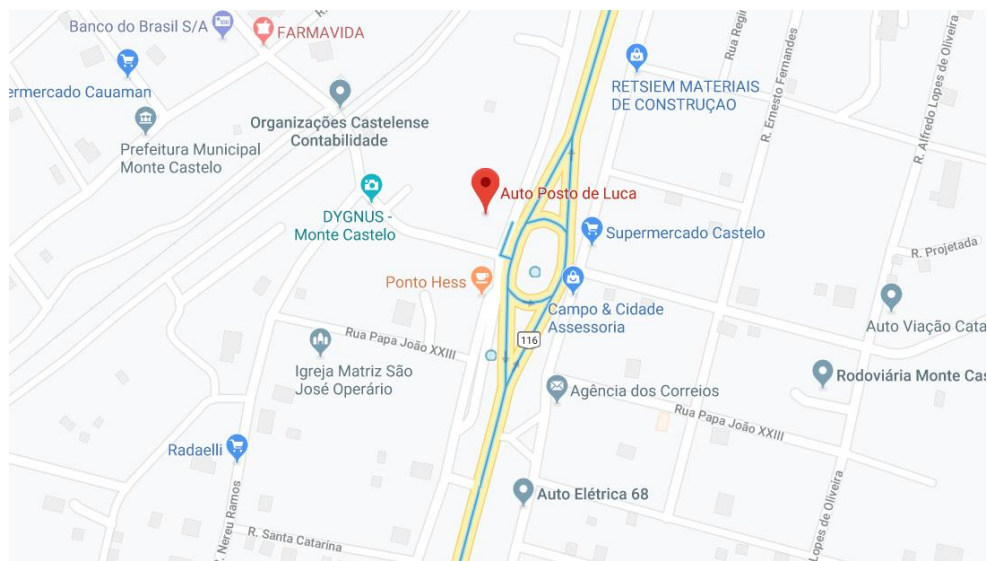
$d < d_e$ : aceita  $H_0$  (há aderência à distribuição especificada);

$d \geq d_e$ : rejeita  $H_0$  (não há aderência à distribuição especificada).

### 3 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso deste trabalho foi realizado em um posto de combustível localizado na interseção da BR-116 e a principal entrada da cidade de Monte Castelo/SC conforme a Figura 17. O município fica localizado no planalto norte catarinense, e sua população é estimada em 8.346 habitantes segundo o censo do IBGE/2010.

Figura 17 – Localização do Posto

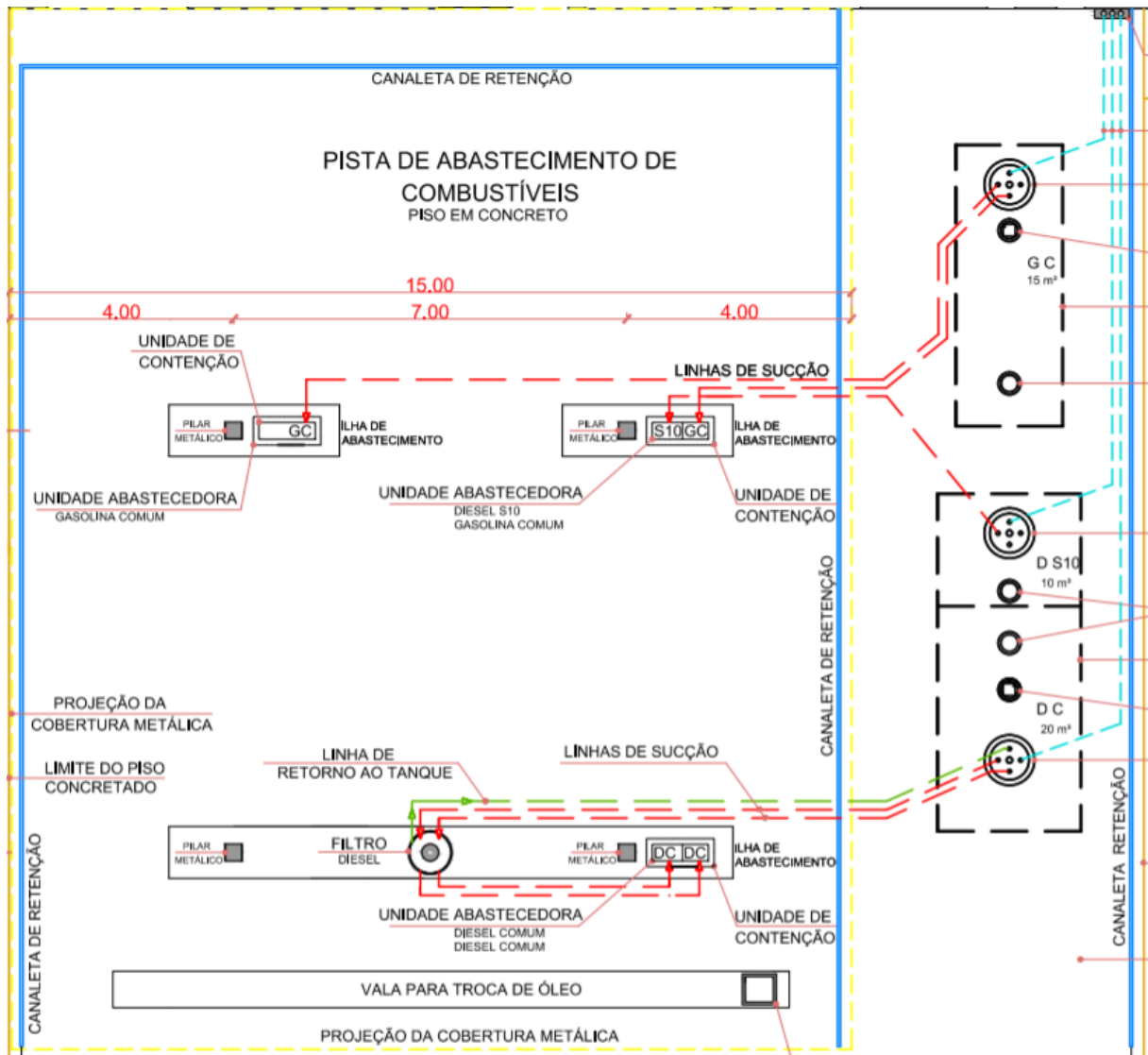


Fonte: Google Maps (2019)

O empreendimento foi pioneiro no comércio varejista de petróleo em Monte Castelo, já atuando no mercado há 45 anos. O horário de atendimento do posto é das 6 horas e 30 minutos às 22 horas, mantendo-se aberto todos os dias da semana, inclusive domingos e feriados.

No posto de combustível há três bombas com cinco mangueiras de abastecimento - duas mangueiras de diesel comum, duas de gasolina e uma de diesel-S10 e dois tanques sendo primeiro bipartido com vinte mil litros para Diesel-S500 e dez mil litros para Diesel-S10 e o segundo com quinze mil litros para gasolina. Projeto do posto pode ser visto conforme a Figura 18.

Figura 18 – Pista de Abastecimento



Fonte: do Autor (2019)

O setor de revenda de combustível tem por característica a necessidade de cada posto utilizar um software de gestão. O posto do estudo de caso utiliza o Software AutoXpert, um sistema bem conhecido no mercado e que é utilizado em todos os estados do país. Este software contabiliza toda entrada e saída dos produtos, gerando vários relatórios que são utilizados para o presente trabalho.

### 3.1 DESENVOLVIMENTO DO MODELO

Nesta seção será abordado a coleta e tratamento de dados e o mapeamento do processo para a construção do modelo de simulação.

### 3.1.1 Coleta de Dados

Segundo Taha (2008) em grande parte das situações de fila, a chegada de clientes ocorre de modo totalmente aleatório. A aleatoriedade significa que a ocorrência de um evento não é influenciada pelo tempo transcorrido desde a ocorrência do último evento. Portanto, para o intervalo entre chegadas foco do estudo deste trabalho utilizou-se a distribuição exponencial.

Os demais dados necessários foram obtidos através do software que a empresa objeto de estudo utiliza, o AutoXpert. Esses dados são gerados através do relatório de vendas por data/hora abastecidas conforme ilustrado na Figura 19.

Figura 19 – Relatório de venda por Data/Hora - Gasolina

Crítérios: Data: 18/06/2018 - 18/06/2018, Produtos: 0001 - 0001, Bicos: Todos , Clientes: Todos , Tanques: Todos , Turnos: Todos

Data/Hora Abastecida	Data/Hora Venda	Tempo	Turno	Tipo	NroC/F	NroN/	Dta Turno	REM	QTDE	Valor Total
<b>Filial: 197 AUTO POSTO DE LUCA LTDA</b>										
<b>Bico...:001 GASOLINA C COMUM</b>										
<b>Data Abastecida: 18/06/2018</b>										
18/06/2018 06:24:00	18/06/2018 06:25:00	00:01:00	1	N	144424	0	18/06/2018	NÃO	22,742	100,00
18/06/2018 06:54:00	18/06/2018 07:11:00	00:17:00	1	N	144428	0	18/06/2018	NÃO	20,000	87,94
18/06/2018 07:13:00	18/06/2018 07:23:00	00:10:00	1	N	144429	0	18/06/2018	NÃO	11,371	50,00
18/06/2018 07:40:00	18/06/2018 07:43:00	00:03:00	1	N	144435	0	18/06/2018	NÃO	6,822	30,00
18/06/2018 07:43:00	18/06/2018 07:44:00	00:01:00	1	N	144436	0	18/06/2018	NÃO	20,500	90,14
18/06/2018 07:44:00	18/06/2018 07:46:00	00:02:00	1	N	144439	0	18/06/2018	NÃO	4,548	20,00
18/06/2018 07:49:00	18/06/2018 07:50:00	00:01:00	1	N	144440	0	18/06/2018	NÃO	4,550	20,01
18/06/2018 08:07:00	18/06/2018 08:13:00	00:06:00	1	N	144444	0	18/06/2018	NÃO	4,548	20,00
18/06/2018 08:13:00	18/06/2018 08:18:00	00:05:00	1	N	144447	0	18/06/2018	NÃO	5,685	25,00
18/06/2018 08:39:00	18/06/2018 08:43:00	00:04:00	1	N	144454	0	18/06/2018	NÃO	5,685	25,00
18/06/2018 08:50:00	18/06/2018 08:53:00	00:03:00	1	N	144457	0	18/06/2018	NÃO	7,732	34,00
18/06/2018 09:22:00	18/06/2018 09:24:00	00:02:00	1	N	144462	0	18/06/2018	NÃO	6,822	30,00
18/06/2018 09:23:00	18/06/2018 09:25:00	00:02:00	1	N	144463	0	18/06/2018	NÃO	6,822	30,00
18/06/2018 09:29:00	18/06/2018 09:31:00	00:02:00	1	N	144464	0	18/06/2018	NÃO	11,371	50,00
18/06/2018 09:49:00	18/06/2018 09:54:00	00:05:00	1	N	144472	0	18/06/2018	NÃO	4,548	20,00
18/06/2018 09:55:00	18/06/2018 10:04:00	00:09:00	1	N	144477	0	18/06/2018	NÃO	4,548	20,00
18/06/2018 10:05:00	18/06/2018 10:08:00	00:03:00	1	N	144479	0	18/06/2018	NÃO	10,234	45,00
18/06/2018 10:09:00	18/06/2018 10:14:00	00:05:00	1	N	144481	0	18/06/2018	NÃO	18,225	80,14
18/06/2018 10:15:00	18/06/2018 10:19:00	00:04:00	1	N	144484	0	18/06/2018	NÃO	4,548	20,00
18/06/2018 10:30:00	18/06/2018 10:38:00	00:08:00	1	N	144487	0	18/06/2018	NÃO	13,645	60,00

Fonte: AutoXpert (2019)

Esse relatório retrata os abastecimentos de gasolina realizadas no dia 18/06/2018, onde na coluna 3 consta os intervalos de atendimento, referente ao tempo. Assim como a gasolina é possível obter igualmente o mesmo relatório para o diesel s500 e diesel s10 conforme as Figuras 20 e 21.

Figura 20 – Relatório de venda por Data/Hora – Diesel S500

Crítérios: Data: 18/06/2018 - 18/06/2018, Produtos: 0003 - 0003, Bicos: Todos , Clientes: Todos , Tanques: Todos , Turnos: Todos

Data/Hora Abastecida	Data/Hora Venda	Tempo	Turno	Tipo	NroC/F	NroN/	Dta Turno	REM	QTDE	Valor Total		
<b>Filial: 197 AUTO POSTO DE LUCA LTDA</b>												
<b>Bico...004 OLEO DIESEL S 500 COMUM</b>												
<b>Data Abastecida: 18/06/2018</b>												
18/06/2018 07:06:00	18/06/2018 07:11:00	00:05:00	1	N	144428	0	18/06/2018	NÃO	20,000	64,74		
18/06/2018 08:10:00	18/06/2018 08:13:00	00:03:00	1	N	144445	0	18/06/2018	NÃO	5,250	16,99		
18/06/2018 16:03:00	18/06/2018 16:05:00	00:02:00	2	N	144562	0	18/06/2018	NÃO	60,227	194,95		
18/06/2018 20:47:00	18/06/2018 21:09:00	00:22:00	2	N	144606	0	18/06/2018	NÃO	15,462	50,05		
<b>Total Data :</b>									<b>100,94</b>	<b>326,73</b>		
<b>Total Bico :</b>									<b>100,94</b>	<b>326,73</b>		
<b>Bico...005 OLEO DIESEL S 500 COMUM</b>												
<b>Data Abastecida: 18/06/2018</b>												
18/06/2018 07:01:00	18/06/2018 07:11:00	00:10:00	1	N	144428	0	18/06/2018	NÃO	20,000	64,74		
18/06/2018 13:22:00	18/06/2018 13:36:00	00:14:00	2	N	144517	0	18/06/2018	NÃO	18,539	60,01		
18/06/2018 14:31:00	18/06/2018 14:39:00	00:08:00	2	N	144541	0	18/06/2018	NÃO	15,446	50,00		
18/06/2018 14:51:00	18/06/2018 14:59:00	00:08:00	2	N	144546	0	18/06/2018	NÃO	61,798	200,04		
18/06/2018 15:26:00	18/06/2018 15:35:00	00:09:00	2	N	144556	0	18/06/2018	NÃO	30,892	100,00		
18/06/2018 16:17:00	18/06/2018 16:18:00	00:01:00	2	N	144565	0	18/06/2018	NÃO	55,935	181,06		
<b>Total Data :</b>									<b>202,61</b>	<b>655,85</b>		
<b>Total Bico :</b>									<b>202,61</b>	<b>655,85</b>		
<b>Total Geral de Estornos :</b>									<b>0,00</b>	<b>0,00</b>		
<b>Total Filial (Abastecidas - Estornos) :</b>									<b>303,55</b>	<b>982,58</b>		
<b>Número de Abastecidas: 10</b>		<b>Total Relatório (Abastecidas - Estornos) :</b>									<b>303,55</b>	<b>982,58</b>

Fonte: AutoXpert (2019)

Figura 21 – Relatório de venda por Data/Hora – Diesel S10

Crítérios: Data: 18/06/2018 - 18/06/2018, Produtos: 2137 - 2137, Bicos: Todos , Clientes: Todos , Tanques: Todos , Turnos: Todos

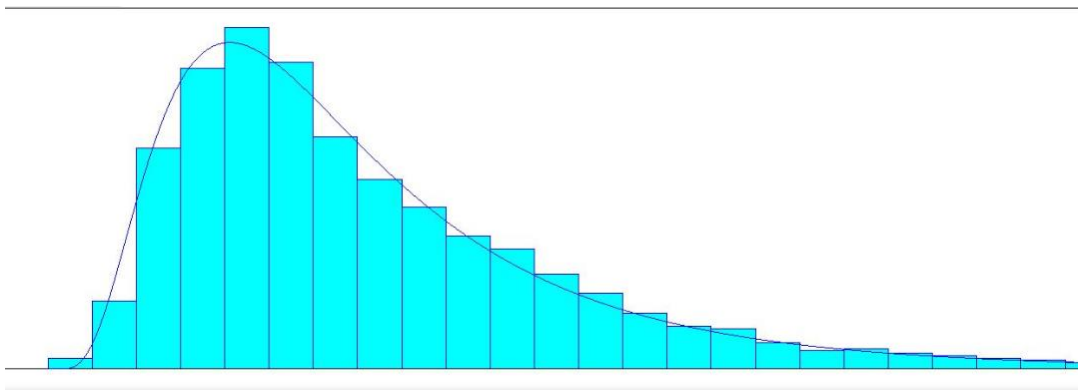
Data/Hora Abastecida	Data/Hora Venda	Tempo	Turno	Tipo	NroC/F	NroN/	Dta Turno	REM	QTDE	Valor Total		
<b>Filial: 197 AUTO POSTO DE LUCA LTDA</b>												
<b>Bico...002 OLEO DIESEL S10 COMUM</b>												
<b>Data Abastecida: 18/06/2018</b>												
18/06/2018 06:57:00	18/06/2018 07:11:00	00:14:00	1	N	144428	0	18/06/2018	NÃO	20,000	66,74		
18/06/2018 07:54:00	18/06/2018 07:56:00	00:02:00	1	N	144441	0	18/06/2018	NÃO	42,551	141,99		
18/06/2018 08:21:00	18/06/2018 08:22:00	00:01:00	1	N	144449	0	18/06/2018	NÃO	100,000	333,70		
18/06/2018 09:06:00	18/06/2018 09:18:00	00:12:00	1	N	144460	0	18/06/2018	NÃO	5,995	20,01		
18/06/2018 09:48:00	18/06/2018 09:52:00	00:04:00	1	N	144471	0	18/06/2018	NÃO	47,188	157,47		
18/06/2018 10:13:00	18/06/2018 10:15:00	00:02:00	1	N	144482	0	18/06/2018	NÃO	89,905	300,01		
18/06/2018 11:03:00	18/06/2018 11:05:00	00:02:00	1	N	144493	0	18/06/2018	NÃO	76,415	255,00		
18/06/2018 13:37:00	18/06/2018 13:40:00	00:03:00	2	N	144518	0	18/06/2018	NÃO	114,477	382,01		
18/06/2018 13:55:00	18/06/2018 13:58:00	00:03:00	2	N	144524	0	18/06/2018	NÃO	101,203	337,71		
18/06/2018 14:02:00	18/06/2018 14:06:00	00:04:00	2	N	144529	0	18/06/2018	NÃO	44,973	150,07		
18/06/2018 17:47:00	18/06/2018 18:02:00	00:15:00	2	N	144591	0	18/06/2018	NÃO	3,596	12,00		
<b>Total Data :</b>									<b>646,30</b>	<b>2.156,71</b>		
<b>Total Bico :</b>									<b>646,30</b>	<b>2.156,71</b>		
<b>Total Geral de Estornos :</b>									<b>0,00</b>	<b>0,00</b>		
<b>Total Filial (Abastecidas - Estornos) :</b>									<b>646,30</b>	<b>2.156,71</b>		
<b>Número de Abastecidas: 11</b>		<b>Total Relatório (Abastecidas - Estornos) :</b>									<b>646,30</b>	<b>2.156,71</b>

Fonte: AutoXpert (2019)

A partir desses dados, foram criados histogramas dos intervalos entre chegadas para cada combustível com dados mensais, com o objetivo de analisar através da ferramenta Input Analyzer do software Arena.

O Input Analyzer analisa e retorna várias distribuições que representam os dados embutidos, classificando conforme um erro quadrático. Para encontrar a que melhor representa, foram utilizados os indicadores de erro quadrático “Square Error” seguido do teste de aderência “Qui-Quadrado” conforme a Figura 22 e suas especificações na Figura 23.

Figura 22 – Taxa de Atendimento Gasolina Input Analyzer



Fonte: Autor (2019)

Figura 23 – Sumário da Distribuição da Gasolina

Sumário da Distribuição	
Distribuição:	Lognormal
Expressão:	-0.5 + LOGN(7.48, 5.17)
Erro quadrático:	0.000344
Teste do Chi-Quadrado	
Número de intervalos	= 26
Graus de liberdade	= 23
Teste Estatístico	= 29.5
P-value correspondente	= 0.177
Sumário dos Dados	
Número de Pontos de Dados	= 5226
Valor Min nos Dados	= 0
Valor Max nos Dados	= 30
Média da Amostra	= 6.92
Desvio Padrão da Amostra	= 4.74
Sumário do Histograma	
Intervalo do Histograma	= -0.5 to 30
Número de Intervalos	= 30

Fonte: Autor (2019)

Segundo Freitas Filho (2008) “Square error” é o primeiro indicador da qualidade do ajuste da curva à uma distribuição de probabilidade. Representa o quadrado da diferença entre

as frequências relativas observadas  $f_i$  e as frequências relativas esperadas  $f(x_i)$ , dado pela Equação (2.7).

$$\text{Square Error} = \sum_{i=1}^k (f_i - f(x_i))^2 \quad (2.7)$$

Um segundo parâmetro de aderência que deve ser observado é o teste do qui-quadrado que representa a diferença entre a frequência esperada na distribuição teórica e a frequência observada na amostra. Para aceitar o erro, o valor de  $X_2$  deve ser menor que os valores críticos  $X^2$  da distribuição, tabelados para 5% de erro conforme o anexo B no final do trabalho, e  $v$  graus de liberdade.

A Tabela 3 resume o conjunto de dados necessários para simulação do modelo, exhibe na primeira coluna o dado, em seguida a distribuição e a expressão que a melhor representa, o indicador de aderência da curva “Square Error”, o erro qui-quadrado( $X^2$ ), o número de graus de liberdade e por fim valor crítico  $X^2$  com um nível de significância de 5%.

Tabela 3 – Distribuições Aceitas

DADO	DISTRIBUIÇÃO	EXPRESSÃO	SQUARE ERROR	$X^2$	$v$	$X^2(\alpha = 5\%)$
ATENDIMENTO S10	WEIBULL	$-0.5 + WEIB(5.54, 2.39)$	0.003556	6.18	5	11.070
ATENDIMENTO S500	GAMA	$-0.5 + GAMM(1.28, 5.38)$	0.007371	12.4	6	12.592
GASOLINA	LOGNORMAL	$-0.5 + LOGN(7.48, 5.17)$	0.000344	29.5	23	35.172

Fonte: Autor (2019)

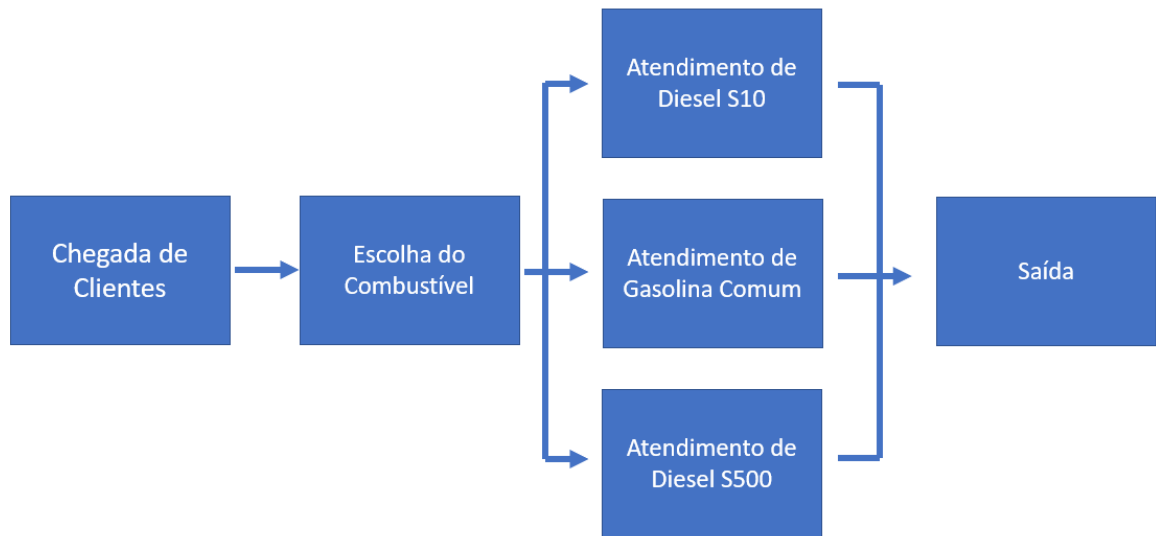
A Tabela 3 apresenta que as distribuições com 95% de certeza representam os dados no processo de atendimento. Levando em consideração a grande quantidade de dados obtidos com uma precisão computacional, o modelo se mostra de grande validade matemática.

### 3.1.2 Modelo Proposto

A construção do modelo foi baseada na premissa que todos os clientes chegam para abastecer em uma fila única, depois são direcionados conforme a escolha do combustível, são atendidos e saem em uma única saída. A Figura 24 representa um esquema do processo e a Figura 25 o modelo proposto no software Arena.

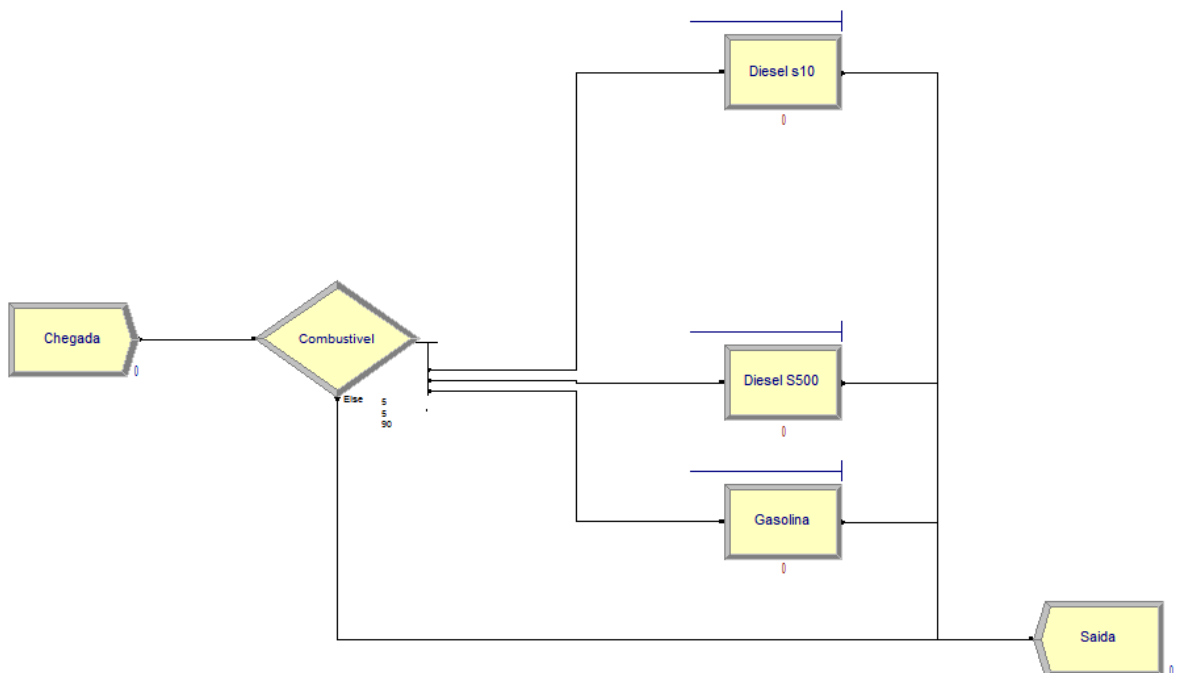


Figura 24 – Processo



Fonte: O Autor (2019)

Figura 25 – Modelo Proposto

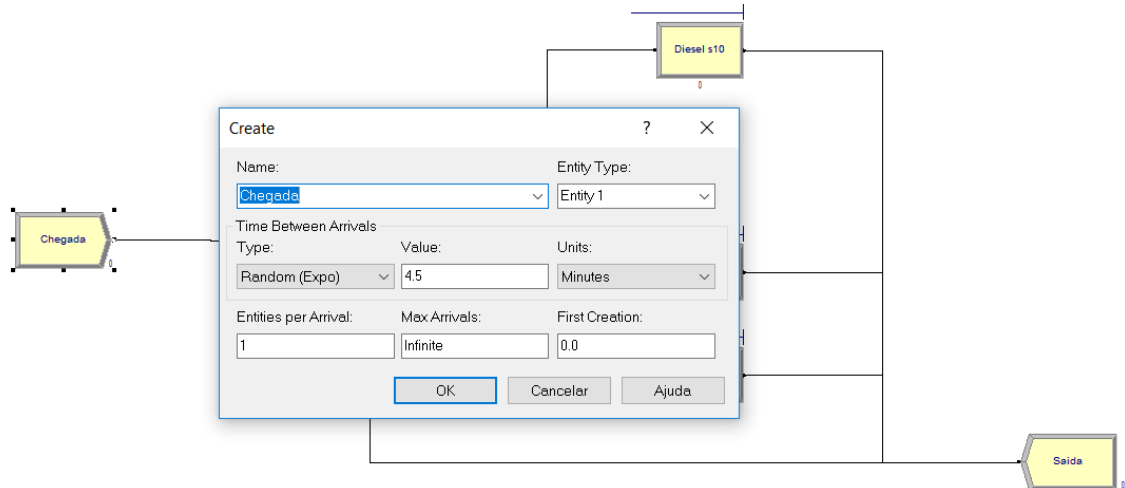


Fonte: O Autor (2019)

A seguir será detalhado cada sistema no software Arena com objetivo de mostrar os blocos inseridos em cada setor conforme a modelagem mostrada a Figura 25.

O bloco Create é onde ocorre a criação de entidades “carros” para abastecer. A chegada de clientes ocorre de forma aleatória, portanto utilizou-se a distribuição exponencial baseada na média de chegadas conforme a Figura 26.

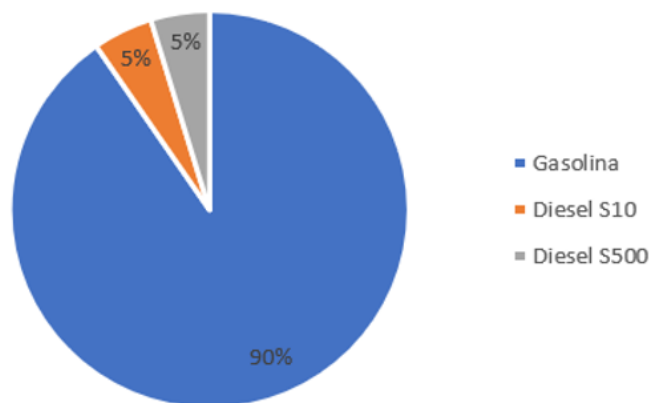
Figura 26 – Chegada de Clientes



Fonte: O Autor (2019)

A porcentagem de cada combustível foi obtida através da representatividade no abastecimento total conforme a Figura 27 baseado nos dados fornecidos pela empresa.

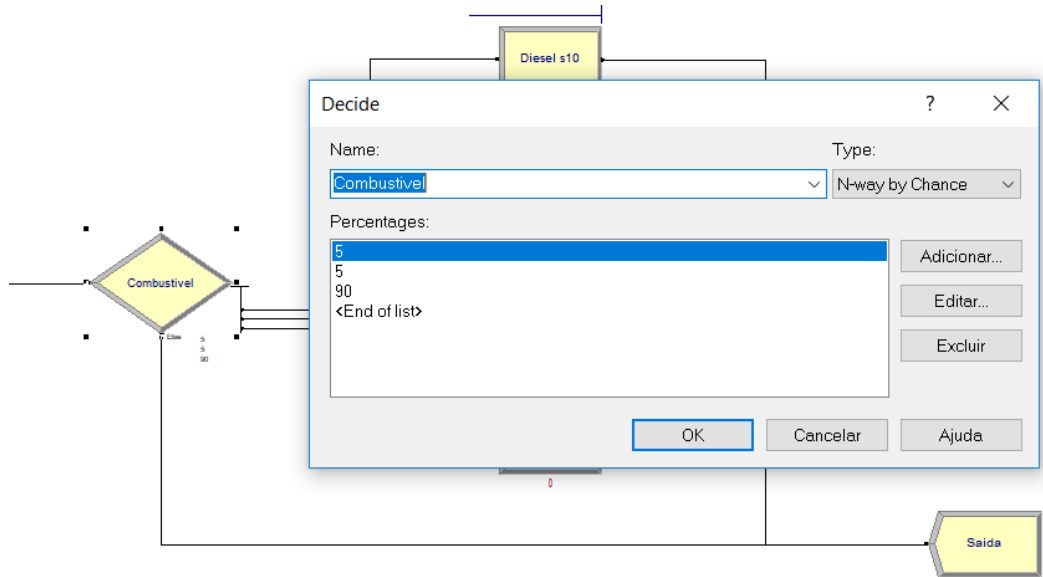
Figura 27 – Distribuição de abastecidas



Fonte: O Autor (2019)

Para o processo de escolha do combustível foi utilizado o módulo Decide, conforme ilustrado na Figura 28 com as probabilidades de abastecimento de cada combustível.

Figura 28 – Escolha de combustível

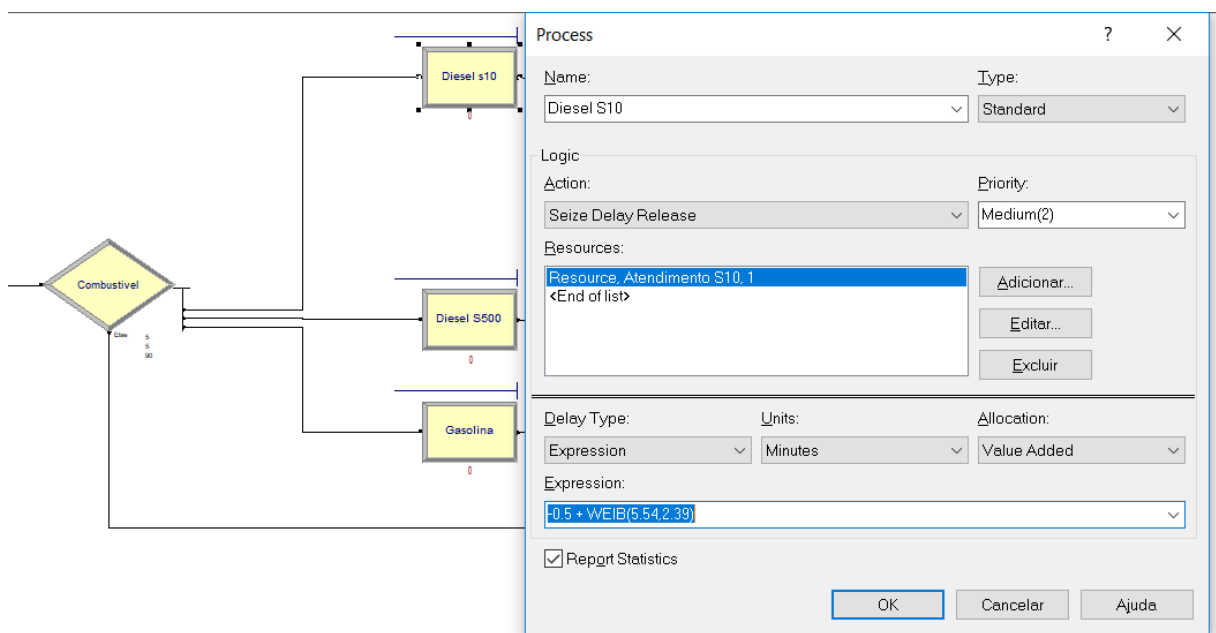


Fonte: O Autor (2019)

Após a escolha do combustível a entidade é direcionada para o atendimento chamado de Process, cada combustível tem sua característica de atendimento representados por uma distribuição de probabilidades, representados pela Tabela 3.

A Figura 29 ilustra o atendimento do Diesel S10 conforme a distribuição  $-0.5 + WEIB(5.54,2.39)$  conforme a Tabela 3.

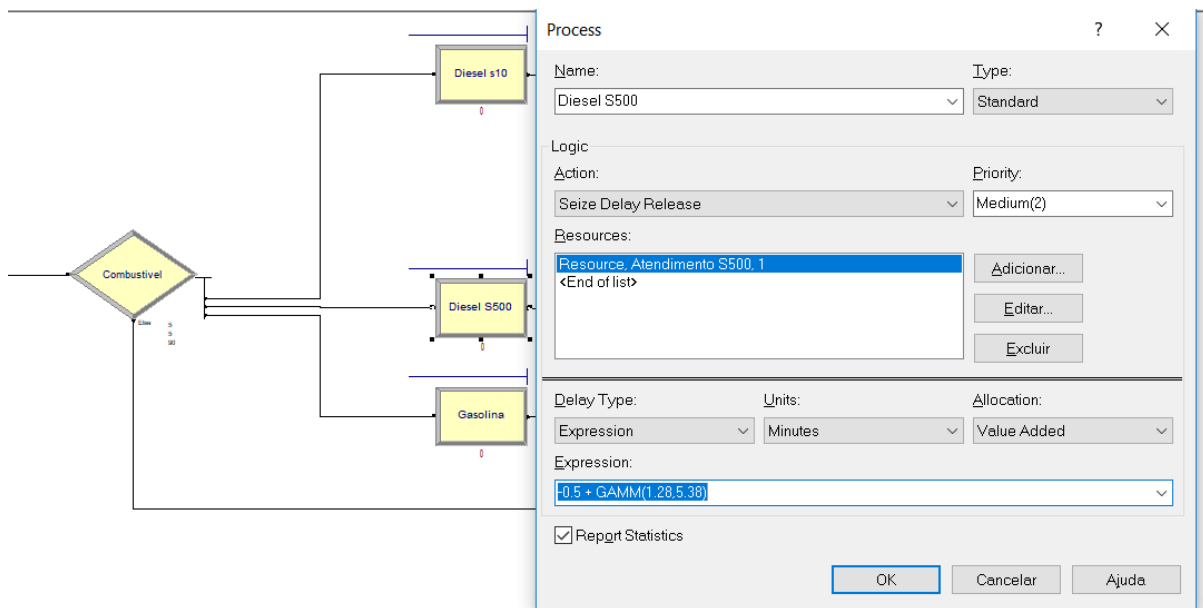
Figura 29 – Atendimento Diesel S10



Fonte: O Autor (2019)

O processo de atendimento do Diesel S500 é ilustrado na Figura 30 e ocorre segundo a distribuição gama que é expressa conforme a distribuição  $-0.5 + \text{GAMM}(1.28, 5.38)$  visto na Tabela 3.

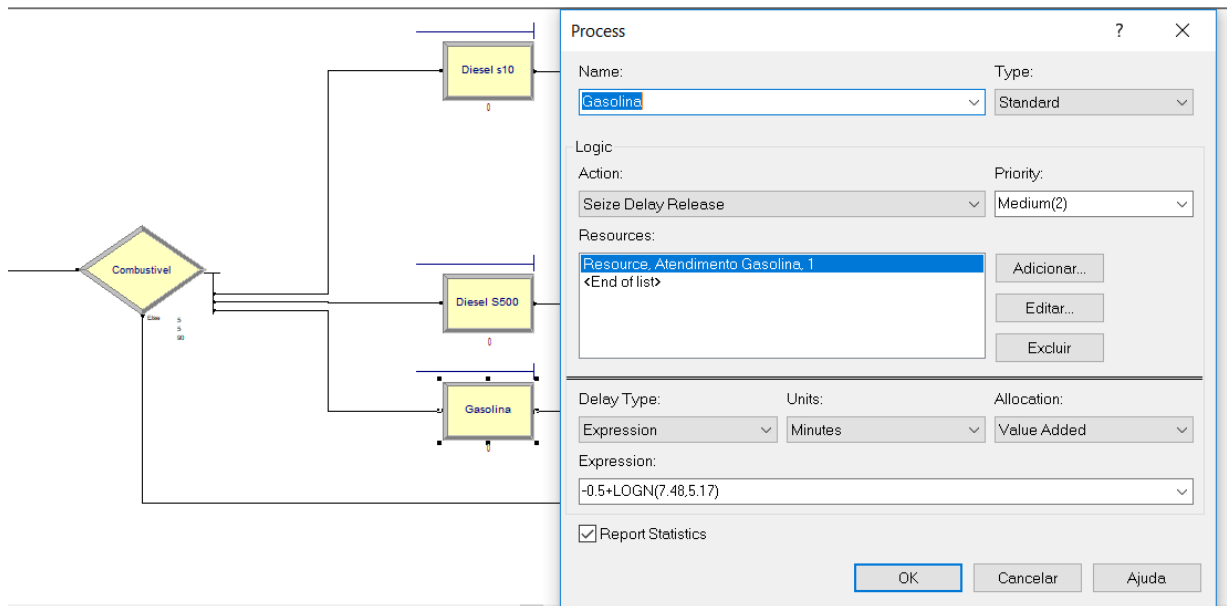
Figura 30 – Atendimento Diesel S500



Fonte: O Autor (2019)

E o atendimento da gasolina é dado pelo mesmo modulo de atendimento Process, mas seguida de uma distribuição Lognormal expressa por  $-0.5 + \text{LOGN}(7.48, 5.17)$  conforme a Tabela 3 e ilustrado na Figura 31.

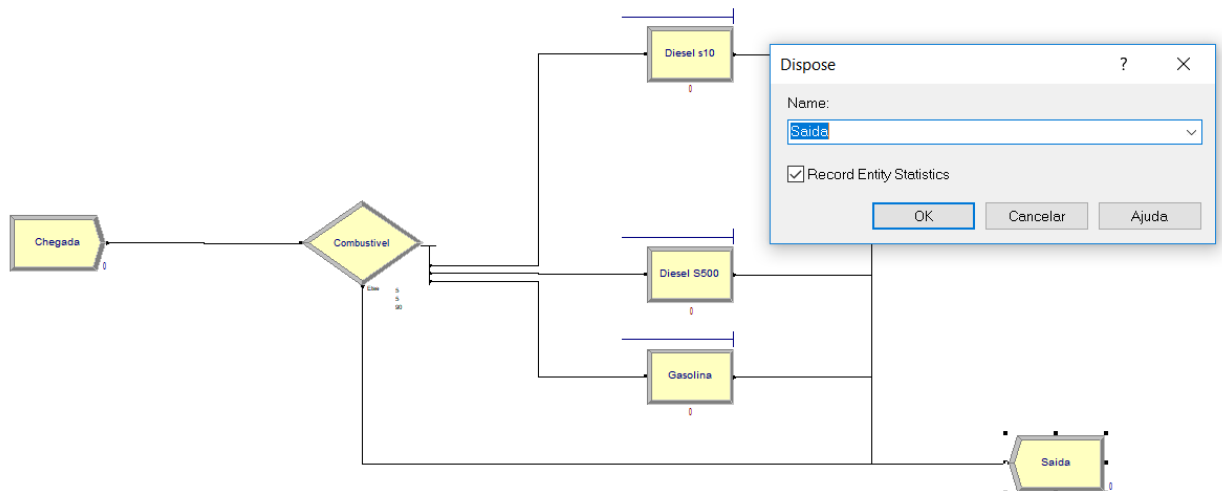
Figura 31 – Atendimento Gasolina



Fonte: O Autor (2019)

Por fim utiliza-se o módulo Dispose para que os clientes saiam do sistema, conforme a Figura 32.

Figura 32 – Saída



Fonte: O Autor (2019)

Com os dados validados e o modelo desenvolvido, em seguida realiza-se as análises dos resultados obtidos de cada cenário proposto pela simulação.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com o modelo estruturado é possível realizar as simulações no software Arena®, propor modificações e analisar os resultados. Este capítulo abrange o cenário base, que compara os resultados da simulação com o desempenho atual do posto. Em seguida o cenário 1 com uma previsão de aumento de demanda de 20% devido a uma reforma realizada no posto.

O cenário 2 propõe o mesmo aumento realizado pelo cenário 1, porém com uma mudança estrutural com a aquisição de mais uma bomba de gasolina. E por fim o cenário 3, prevê um aumento de 20% na demanda já acrescida pelo cenário 1, baseado em um estudo de tráfego realizado pela concessionária responsável pela rodovia.

Inicialmente é necessário determinar o tamanho da amostra ou número de replicações necessárias para realizar as simulações.

Segundo Freitas Filho (2008) para se estabelecer o número de replicações é necessário estipular a precisão que se espera da média da variável em análise em um nível de confiança.

A variável escolhida para os cálculos foi o número médio de abastecimento após 30 replicações. Obtendo assim a média  $\bar{x}$  e seu desvio padrão  $s$ , e definindo uma precisão em torno de 1% para o valor da média amostral com um nível de confiança igual a 99%. Assim os dados foram aplicados na Equação (2.7).

$$n = \left( \frac{100 * t * s}{r * \bar{x}} \right)^2 \quad (2.7)$$

O valor de  $t$  é obtido através da distribuição de  $t$  student, sendo  $(n - 1) = 29$  graus de liberdade e  $r$  é o valor da precisão requerida,  $0,01 * 100 = r$ . Temos assim:

$$n = \left( \frac{100 * 2,756 * 14,04}{1 * 205,23} \right)^2 = 355,64 \quad (2.8)$$

Assim, a quantidade necessária mínima para realizar a análise dos resultados com a confiança requerida é  $n = 356$  replicações. A fim de melhorar ainda mais os resultados, foi estipulado um número de 500 replicações para o estudo de caso.

#### 4.1 CENÁRIO BASE

Este cenário serve para avaliar o grau de assertividade do modelo em relação ao comportamento real do processo.

O objetivo da simulação deste cenário é garantir que as simplificações da realidade são razoáveis e que estão corretamente implementadas no software Arena® gerando resultados semelhantes aos do sistema real.

A Tabela 4 apresenta as medidas de desempenho da simulação realizada pelas 500 replicações e os dados são médias de cada métrica onde os tempos estão em minutos.

Tabela 4 – Resultados da Simulação do Cenário Base

TEMPO TOTAL MÉDIO NO SISTEMA (min)			
10,90			
	Nº DE ABASTECIDAS	TAXA DE UTILIZAÇÃO	TAXA DE UTILIZAÇÃO MÁX
GASOLINA	186,33	69,22%	84,16%
DIESEL S10	10,24	4,81%	10,43%
DIESEL S500	10,53	3,58%	8,14%
	TEMPO DE FILA (min)	Nº ENTIDADES NA FILA	Nº ENTIDADES NA FILA MÁX
GASOLINA	4,59	0,94	5,24
DIESEL S10	0,12	0,00	0,02
DIESEL S500	0,00	0,00	0,00

Fonte: O Autor (2019)

A validação do modelo pode ser confirmada comparando as medidas de desempenho do sistema real com os gerados na simulação. Para essa comparação foi mostrado os resultados da simulação aos gestores do posto e através de uma entrevista questionado sobre a validade dos dados. Os resultados se mostraram satisfatórios para o empreendimento, portanto, o cenário base garante uma boa simplificação da realidade e assim é possível extrapolar os cenários propostos.

Nota-se que o gargalo está nas bombas de gasolina, onde ocorre a maior taxa de utilização, maior tempo de fila e o maior número de abastecimentos. Na sequência o estudo será direcionado para o abastecimento de gasolina, realizando alterações na demanda e na capacidade do sistema.

## 4.2 CENÁRIO 1

No cenário 1 realizou-se uma mudança no intervalo de chegadas, prevendo um aumento de 20% na demanda devido a reforma feita no posto. Essa reforma consiste na repaginação do estabelecimento, conforme mostra a Figura 33 onde observa-se o estado inicial e a Figura 34 após as mudanças propostas, em que se espera um aumento nas vendas resultando em uma maior demanda de clientes.

Figura 33 – Auto Posto de Luca



Fonte: do Autor (2017).

Figura 34 – Auto Posto de Luca Reformado



Fonte: do Autor (2019).



Neste cenário o objetivo é simular este aumento de demanda, mas sem alterações na capacidade do sistema. Então o intervalo de chegadas que era 4,5 foi alterado para 3,6 conforme a Figura 35.

Figura 35 – Chegadas Alterado

Fonte: O Autor (2019)

Alterou-se o tempo entre chegadas no modelo mantendo-se o mesmo nos outros parâmetros. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultados da Simulação do Cenário 1

TEMPO TOTAL MÉDIO NO SISTEMA (min)			
18,49			
	Nº DE ABASTECIDAS	TAXA DE UTILIZAÇÃO	TAXA DE UTILIZAÇÃO MÁX
GASOLINA	228,86	85,31%	99,99%
DIESEL S10	13,02	6,16%	13,40%
DIESEL S500	12,98	4,41%	9,27%
	TEMPO DE FILA (min)	Nº ENTIDADES NA FILA	Nº ENTIDADES NA FILA MÁX
GASOLINA	13,01	3,35	22,21
DIESEL S10	0,16	0,00	0,03
DIESEL S500	0,01	0,00	0,01

Fonte: O Autor (2019)

Observa-se que com o aumento de 20% na demanda, mantendo-se a estrutura atual, o sistema suportaria grande parte do tempo com uma utilização média em 85,31% nas bombas de

gasolina. No entanto considerando dias atípicos e horários de pico os clientes seriam afetados pelo nível de serviço ofertado chegando a 99,99% de utilização da bomba.

De modo geral, o tempo total médio no sistema aumentaria 70%, tornando impraticável o nível de serviço ofertado. Em média 3 clientes estariam em filas nas bombas de gasolina e chegando a 22 no pior caso.

Portanto com um aumento de 20% na demanda o sistema não suportaria o nível de serviço esperado, fazendo com que o estabelecimento perca competitividade no mercado. Assim percebe-se a necessidade de investimentos em mais canais de atendimento.

### 4.3 CENÁRIO 2

Neste cenário mantém-se a previsão de 20% de aumento no movimento do posto conforme o cenário 1. No entanto, visto que com o aumento o sistema não suportaria o nível de serviço esperado, o segundo cenário busca aumentar os canais de atendimento, alterando a quantidade de bombas de gasolina de duas para três conforme a Figura 36.

Figura 36 – Capacidade de Atendimento

Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	Atendimento Gasolina	Fixed Capacity	3	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Atendimento S500	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Atendimento S10	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>

Fonte: Do autor (2019)

Mantendo-se o aumento de 20% na demanda de clientes com as alterações na capacidade foram simulados o cenário proposto e os resultados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados da Simulação do Cenário 2

TEMPO TOTAL MÉDIO NO SISTEMA (min)			
8,05			
	Nº DE ABASTECIDAS	TAXA DE UTILIZAÇÃO	TAXA DE UTILIZAÇÃO MÁX
GASOLINA	228,86	58,09%	73,92%
DIESEL S10	13,02	6,13%	13,50%
DIESEL S500	12,98	4,41%	8,76%
	TEMPO DE FILA (min)	Nº ENTIDADES NA FILA	Nº ENTIDADES NA FILA MÁX
GASOLINA	1,39	0,35	2,35
DIESEL S10	0,17	0,00	0,03
DIESEL S500	0,01	0,00	0,01

Fonte: O Autor (2019)

Nota-se que o tempo total médio no sistema reduziu, mesmo comparado com o cenário base. Melhorando a taxa de utilização do sistema na gasolina, um menor tempo de fila e por consequência um menor número de clientes na fila média.

A simulação deste cenário mostrou que para um aumento de 20% na demanda e com alteração de duas para três bombas, o sistema suportaria este aumento inclusive em dias atípicos e resultaria em um melhor nível de serviço comparado a situação atual do posto (cenário base).

Com a aquisição de mais uma bomba de gasolina existe um impacto financeiro anexado, portanto além das variáveis já analisadas o fator econômico pesa na decisão do gestor. A Tabela 7 apresenta uma estimativa de investimento realizado no ano de 2019 e estipula qual recurso seria necessário para compra e instalação de uma bomba de gasolina.

Tabela 7 – Estimativa de Investimento para uma Bomba de Gasolina

ITEM	DESCRIÇÃO DO PRODUTO	VALOR
1	TRANSPORTE EM CAMINHÃO MUNK	R\$ 648,30
2	DESLOCAMENTO PARA INSTALAÇÃO DAS BOMBAS	R\$ 168,84
3	MÃO DE OBRA MECÂNICO PARA INSTALAÇÃO DAS BOMBAS	R\$ 600,00
4	BOMBA E START	R\$11.434,28
SOMA	-	<b>R\$12.851,42</b>

Fonte: O Autor (2019)

É importante ressaltar que esta é uma estimativa base e que cada instalação de bomba tem sua peculiaridade. Ela traz uma base de cálculo afim de mensurar quanto seria estipulado para melhorar o sistema do posto.

Analisando-se o valor a ser investido com o benefício estimado a alteração se torna viável, pois o impacto no nível de atendimento faria com que o cliente ficasse menos tempo em fila. Além de que nos dias de maior movimento todos os clientes seriam atendidos com uma margem considerável.

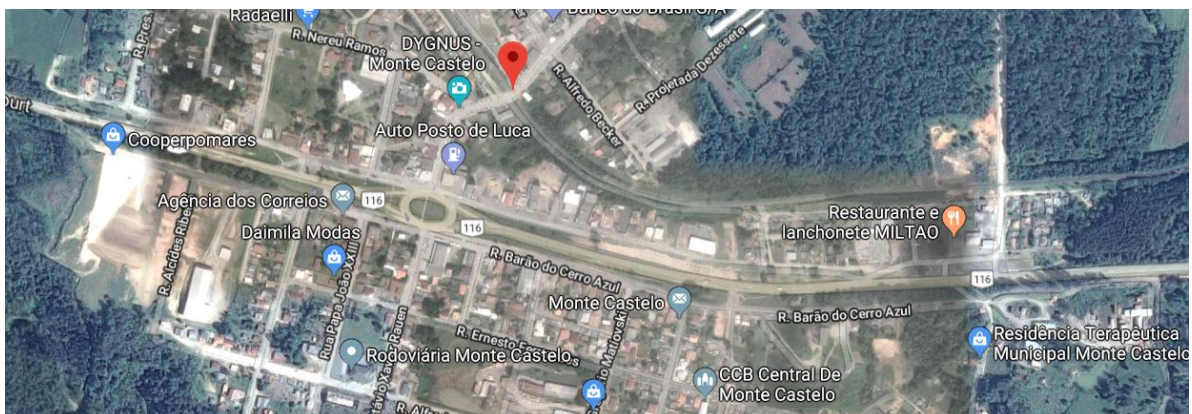
#### 4.4 CENÁRIO 3

O cenário 3 tem embasamento na análise de duplicação da rodovia, prevista pela concessionária responsável pela BR-116. Os trechos analisados são da área urbana de Monte Castelo – SC entre o km 68,0 e km 73,0.

A fim de simular como o sistema se comportaria com um aumento maior no número de clientes prevendo um cenário médio prazo, este cenário simula um aumento de 36% sobre o cenário base, ou seja, 20% de aumento sobre os 20% já considerados no cenário 1.

A Figura 37 representa a situação atual, ou seja, antes da duplicação da rodovia e a Figura 38 o projeto de duplicação e seus detalhes.

Figura 37 – Trecho da Rodovia BR-116



Fonte: do Autor (2019)

Figura 38 – Projeto Duplicação trecho da Rodovia BR-116



Fonte: Autopista Planalto Sul Arteris (2015)

A partir da definição do trecho a Autopista Planalto Sul realizou um estudo de tráfego, resultando em uma Matriz de Origem e Destino conforme ilustrado no Anexo A. A partir deste estudo foi possível comparar o fluxo atual com o estudo previsto para a rodovia.

Comparando o Volume Médio Anual Diário atual com o previsto para 2032, consegue-se uma percentagem de aumento que pode afetar diretamente no empreendimento. Portanto, o cenário 3 baseia-se no aumento referente a 36% do cenário base.

Mantendo a capacidade do cenário 2, que considerava a alteração de duas bombas para três de combustível e com 36% de aumento previsto. Foram deferidos os seguintes resultados conforme mostra a Tabela 8 com os tempos em minutos.

Tabela 8 – Resultados da Simulação do Cenário 3

TEMPO TOTAL MÉDIO NO SISTEMA (min)			
9,69			
	Nº DE ABASTECIDAS	TAXA DE UTILIZAÇÃO	TAXA DE UTILIZAÇÃO MÁX
GASOLINA	289,68	71,91%	88,13%
DIESEL S10	16,25	7,66%	14,79%
DIESEL S500	16,07	5,45%	10,12%
	TEMPO DE FILA (min)	Nº ENTIDADES NA FILA	Nº ENTIDADES NA FILA MÁX
GASOLINA	3,23	1,03	6,50
DIESEL S10	0,20	0,00	0,04
DIESEL S500	0,01	0,00	0,02

Fonte: O Autor (2019)

Com os resultados obtidos percebe-se que, mesmo com o aumento de 20% sobre o aumento já previsto no cenário 2, o sistema se comporta de forma eficiente. Tratando de um cenário onde se leva em consideração uma estratégia a médio prazo o investimento de apenas uma bomba de gasolina já suportaria e atenderia o nível de serviço esperado. Comparado ao cenário base este cenário apresenta resultados mais interessantes e viáveis de serem implementados.

Este cenário mostra que uma bomba de gasolina a mais é suficiente para um aumento considerável do movimento. Portanto, um investimento em uma bomba de gasolina traria resultados que satisfariam perspectivas de movimento a curto e a médio prazo.

Por fim, a Tabela 9 resume os resultados após a simulação, na primeira coluna o cenário proposto, em seguida o tempo total médio, a taxa de utilização da gasolina, a taxa de utilização da gasolina máxima, o aumento de demanda proposto para cada cenário e o número de bombas de gasolina.

Tabela 9 – Comparação entre cenários

CENÁRIO	TEMPO TOTAL MÉDIO (min)	TAXA DE UTILIZAÇÃO GASOLINA	TAXA DE UTILIZAÇÃO GASOLINA MAX	AUMENTO DE DEMANDA	BOMBAS DE GASOLINA
BASE	10,90	69,22%	84,16%		2
1	18,49	85,31%	99,99%	20%	2
2	8,05	58,09%	73,92%	20%	3
3	9,69	71,91%	88,13%	36%	3

Fonte: O Autor (2019)

## 5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

No cenário base simulou-se o comportamento real do processo atual, conforme já esperado o gargalo está nas bombas de gasolina. Mostrou-se que o atendimento do posto não está saturado, mas prevendo um aumento na demanda, o investimento se faria necessário, pois a taxa de utilização da bomba de gasolina já chega a aproximadamente 85%.

Prevendo-se um aumento de 20%, o cenário 1 propôs manter o número de canais de atendimento, portanto o mesmo número de bombas, e aumentar a demanda. Mostrou-se que com o aumento o sistema se saturaria, levando a tempos médios no sistema impraticáveis, tornando o empreendimento menos competitivos em relação ao que o mercado exige.

A fim de tornar o empreendimento mais competitivo, o cenário 2 extrapola a capacidade do sistema, alterando o número de bombas de gasolina de 2 para 3. A análise deste cenário mostra que o aumento de um canal de atendimento melhora substancialmente o sistema, resultando em um tempo médio no sistema melhor que o cenário base, exigindo da bomba de gasolina uma utilização média de 58% e máxima de 73%. O cenário 2 aponta que uma mudança, com um investimento relativamente baixo faz com que o sistema melhore consideravelmente e que haja uma certa folga para eventuais aumentos na demanda.

O cenário 3 baseia-se num estudo de tráfego do aumento da demanda caso a duplicação da rodovia se concretize. Este cenário propôs um aumento de 20% sobre o aumento já acrescido do cenário 1 e mantendo-se o número de canais de atendimento, a fim de extrapolar como o sistema se comportaria com o mesmo investimento realizado pelo cenário dois.

Este último cenário mostrou que o investimento de uma bomba de gasolina é suficientemente bom para a previsão de curto e médio prazo. Este cenário teve validação da empresa quanto ao aumento do movimento, sendo considerado um cenário a médio prazo.

É importante ressaltar que a mudança estrutural no posto de gasolina envolve mais fatores do que somente a aquisição das bombas. Existem fatores intrínsecos que devem ser considerados como o ambiental, que para qualquer mudança é preciso ter uma avaliação do órgão relacionado, por consequência demandando tempo e esforço para realizar. Por exemplo, uma alteração realizada pelo posto demandou mais de dois anos para ser concretizada, portanto prever cenários pode-se ganhar em muitos em outros aspectos.

Este estudo serve de auxílio na tomada de decisão do gestor, mostrando-se útil por se tratar de um mercado altamente competitivo e que cada decisão tomada pode ocasionar na falência ou no sucesso do estabelecimento.

Este trabalho teve como objetivo apresentar um modelo de simulação para analisar diferentes cenários em um posto de combustível. Visto que o trabalho atendeu o objetivo proposto e satisfaz a proposta perante o empreendimento, este estudo comprovou-se de muita utilidade. Aplicando ferramentas do curso num estudo de caso prático, em um segmento responsável por grande parte do transporte brasileiro.

Propõe-se para futuros trabalhos a análises referentes ao pagamento, pois após o abastecimento existem formas de pagar que podem ocasionar em gargalos.



## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. **Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e modelos para análise de decisões**. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

ARTERIS. Planalto Sul. Disponível em: <<http://www.arteris.com.br/concessionarias/planalto-sul/>>. Acesso em: 08 jul 2019

AUTOXPRT. **XPRT**: Sistemas para Postos de Combustíveis e Lojas de Conveniência. Disponível em: < <https://www.xpert.com.br/> >. Acesso em: 08 jul 2019

BARBETTA, Pedro Alberto, REIS, Menezes, BORNIA, Cezar. **Estatística: Para Cursos de Engenharia e Informática**, 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

CAMELO, Gustavo Rossa et al. **Teoria das filas e da simulação aplicada ao embarque de minério de ferro e manganês no terminal marítimo de ponta da madeira**. Cadernos do IME-Série Estatística, v. 29, n. 2, p. 1, 2010.

CHAO, Wisley. **Identificação de gargalos na cadeia logística utilizando técnicas de simulação: avaliação da malha de distribuição de GLP em São Paulo**. 2001. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

DOY, Fábio E. et al. **Simulação do serviço de correio eletrônico através de um modelo de filas**. Pesquisa Operacional, v. 26, n. 2, p. 241-253, 2006.

FERREIRA FILHO, Virgílio José Martins. Processos estocásticos e teoria de filas. **Processos Estocásticos e Teoria das Filas**. Programa de Engenharia da Produção (PEP), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

FIGUEIREDO, Danielle Durski; ROCHA, Silvana Heidemann. **Aplicação da teoria das filas na otimização do número de caixas: um estudo de caso**. Revista Iniciação Científica, 2010.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas**. Florianópolis: Visual Books Editora, 2008.

GOOGLE MAPS. **Google**: Monte Castelo, SC, 89380-000. Disponível em: < <https://www.google.com/maps/> >. Acesso em: 07 jun 2019.

HILLIER, FredEerick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à pesquisa operacional**. São Paulo McGraw Hill Brasil, 2013.

IANNONI, Ana Paula et al. Análise do sistema logístico de recepção de cana-de-açúcar: um estudo de caso utilizando simulação discreta. **Gestão & produção**, v. 9, n. 2, p. 107-128, 2002.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010. Resultado dos Dados Preliminares do Censo – 2010. [www.ibge.gov.br/cidade@](http://www.ibge.gov.br/cidade@)

MARINHO, Alexandre. Um estudo sobre as filas para transplantes no Sistema Único de Saúde brasileiro. **Cadernos de Saúde pública**, v. 22, p. 2229-2239, 2006.

MELLA, Michels Angelo. **Simulação no dimensionamento de recursos em processos da garagem da empresa de transportes Gidion**. 2017. 78 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Transportes e Logística, Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2017.

NEGRÃO, Pedro H. et al. Simulação de um sistema de filas em um posto de combustível situado em Campo Mourão/PR utilizando o Software Arena. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 12p. **Anais...** 2016. Disponível em: <<http://www.dep.uem.br/simepro/anais/index.php/simepro/simepro/paper/viewFile/340/183>>. Acesso em: 02 out. 2018.

PERGHER, Isaac; VACCARO, Guilherme Luís; PRADELLA, Maricelse. Aplicação da simulação computacional para determinar a capacidade produtiva do processo de produção de pães: um estudo de caso. **Produto & Produção**, v. 14, n. 1, 2013.

PRADO, Darci. **Usando o Arena em simulação**: Série Pesquisa Operacional. 5.ed. Nova Lima: Falconi, 2014. 3 v.

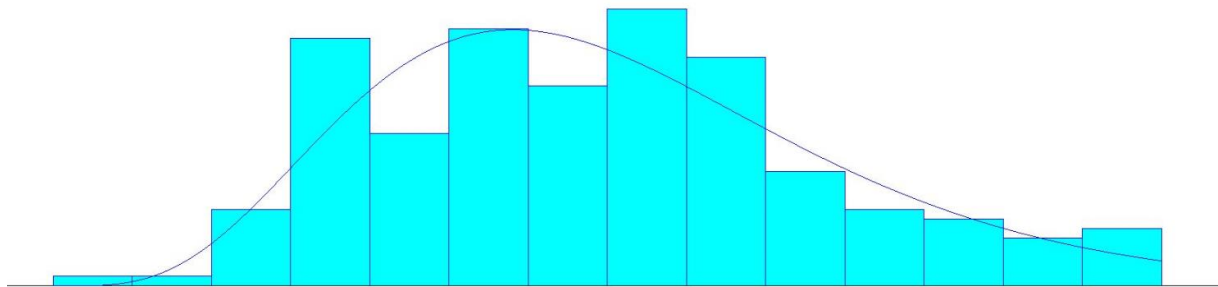
SALVADOR, Carlos Eduardo; DA SILVA JUNIOR, Osni Ribeiro; BERTOLUCI, Evandro Antonio. **A IMPORTÂNCIA DA SIMULAÇÃO EM LOGÍSTICA NO COTIDIANO: ANÁLISE DO PROCESSO DE ABASTECIMENTO E PAGAMENTO EM UM POSTO DE COMBUSTÍVEIS NA CIDADE DE JAÚ-SP**.

SILVA, Vanina Macowski Durski et al. Teoria das filas aplicada ao caso: Porto de Itajaí-SC. **SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNESP**, v. 8, p. 1-9, 2006.

TAHA, Hamdy A.. **Pesquisa Operacional**. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2008.

VENTURA, Fabiano. **USO DE SIMULAÇÃO PARA ANÁLISES DE DESEMPENHO DO CENTRO DE REPAROS DE EQUIPAMENTOS DE DIAGNÓSTICOS IN VITRO DE UMA MULTINACIONAL**. 2018. 84f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia de Transportes e Logística, Univerdade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2018.

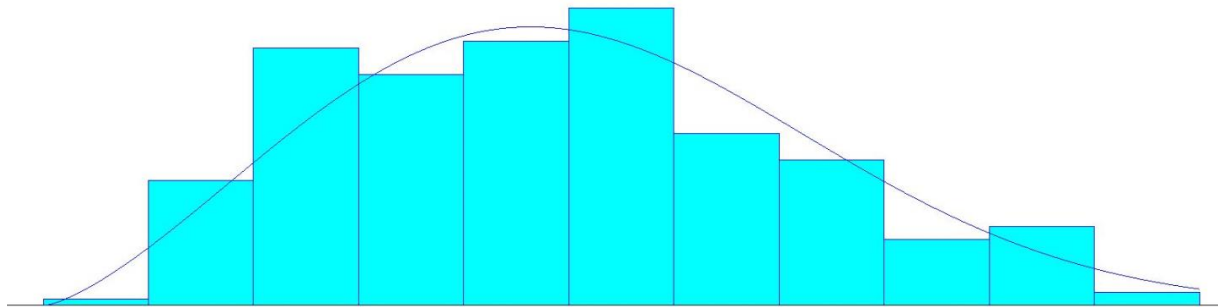
## APÊNDICE A - Taxa de Atendimento Diesel S500 "Input Analyzer"



Sumário da Distribuição	
Distribuição:	Gama
Expressão:	-0.5 + GAMM(1.28, 5.38)
Erro quadrático:	0.007371
Test do Chi-Quadrado	
Número de intervalos	= 9
Graus de liberdade	= 6
Teste Estatístico	= 12.4
P-value correspondente	= 0.0556
Sumário dos Dados	
Número de Pontos de Dados	= 191
Valor Min nos Dados	= 0
Valor Max nos Dados	= 13
Média da Amostra	= 6.38
Desvio Padrão da Amostra	= 2.81
Sumário do Histograma	
Intervalo do Histograma	= -0.5 to 13
Número de Intervalos	= 14

Fonte: O Autor (2019)

## APÊNDICE B – Taxa de Atendimento Diesel S10 “Input Analyzer”



```

Sumário da Distribuição
Distribuição: Weibull
Expressão: -0.5 + WEIB(5.54, 2.39)
Erro quadrático: 0.003556

Test do Chi-Quadrado
Número de intervalos = 8
Graus de liberdade = 5
Teste Estatístico = 6.18
P-value correspondente = 0.299

Sumário dos Dados
Número de Pontos de Dados = 251
Valor Min nos Dados = 0
Valor Max nos Dados = 10
Média da Amostra = 4.4
Desvio Padrão da Amostra = 2.21

Sumário do Histograma
Intervalo do Histograma = -0.5 to 10
Número de Intervalos = 11
  
```

Fonte: O Autor (2019)

## ANEXO A – Matriz Origem Destino Monte Castelo

Colig: RT-02-116/PR/SC-142-7-RO1/001  
 Folio: 185 / 311  
 Emissão: 06/07/2015  
 Revisão: 0

**QUADRO 54 – MATRIZ ORIGEM DESTINO – MONTE CASTELO – VDMA 2032**

O/D		VDMA - Pesados - Ano 2032										Marginal Sul	Total
		R. Sete de Setembro	R. Otávio Xavier	R. Quinze de Novembro	Marginal Norte	Lotes 1 (Oeste)	Lotes 2 (Leste)	Lotes 3 (Oeste)	Total				
Norte	0	91	102	82	10	6	0	0	0	0	0	0	2.070
Sul	1.778	0	86	54	23	17	0	0	0	2	0	0	2.013
R. Sete de Setembro	0	53	86	54	23	17	0	0	0	2	0	0	268
R. Otávio Xavier	171	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171
R. Quinze de Novembro	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122
Marginal Norte	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Marginal Sul	6	17	2	1	17	0	0	0	0	0	0	0	43
Lotes 1 (Oeste)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lotes 2 (Leste)	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Lotes 3 (Oeste)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<b>Total</b>	<b>2.070</b>	<b>2.013</b>	<b>365</b>	<b>268</b>	<b>54</b>	<b>43</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>4.880</b>

O/D		VDMA - Leves - Ano 2032										Marginal Sul	Total
		R. Sete de Setembro	R. Otávio Xavier	R. Quinze de Novembro	Marginal Norte	Lotes 1 (Oeste)	Lotes 2 (Leste)	Lotes 3 (Oeste)	Total				
Norte	0	210	689	400	14	20	0	0	0	7	1	0	1.901
Sul	560	0	339	153	144	222	31	222	31	57	21	0	1.555
R. Sete de Setembro	0	28	111	28	5	7	0	7	0	2	0	0	436
R. Otávio Xavier	689	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	689
R. Quinze de Novembro	400	153	2.848	0	35	46	0	46	0	11	2	0	4.633
Marginal Norte	14	144	35	0	243	1	1	1	1	5	1	0	516
Marginal Sul	20	222	86	46	243	0	2	2	2	8	2	0	636
Lotes 1 (Oeste)	0	3	3	1	1	2	0	2	0	0	0	0	41
Lotes 2 (Leste)	7	57	18	11	5	8	1	8	1	0	0	0	108
Lotes 3 (Oeste)	1	21	4	2	1	2	0	2	0	0	0	0	33
<b>Total</b>	<b>1.901</b>	<b>1.555</b>	<b>4.693</b>	<b>3.570</b>	<b>516</b>	<b>636</b>	<b>41</b>	<b>108</b>	<b>41</b>	<b>33</b>	<b>33</b>	<b>0</b>	<b>13.429</b>

**QUADRO 55 – MATRIZ ORIGEM DESTINO – MONTE CASTELO – VHP 2032**

O/D		VHP - Pesados - Ano 2032										Marginal Sul	Total
		R. Sete de Setembro	R. Otávio Xavier	R. Quinze de Novembro	Marginal Norte	Lotes 1 (Oeste)	Lotes 2 (Leste)	Lotes 3 (Oeste)	Total				
Norte	0	2	20	8	1	1	0	0	0	0	0	0	182
Sul	370	0	3	2	2	7	0	0	0	0	0	0	182
R. Sete de Setembro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R. Otávio Xavier	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170
R. Quinze de Novembro	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Marginal Norte	8	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
Marginal Sul	1	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	5
Lotes 1 (Oeste)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Lotes 2 (Leste)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lotes 3 (Oeste)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>198</b>	<b>193</b>	<b>35</b>	<b>26</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>477</b>

O/D		VHP - Leves - Ano 2032										Marginal Sul	Total
		R. Sete de Setembro	R. Otávio Xavier	R. Quinze de Novembro	Marginal Norte	Lotes 1 (Oeste)	Lotes 2 (Leste)	Lotes 3 (Oeste)	Total				
Norte	0	20	66	38	1	2	0	0	0	1	0	0	182
Sul	54	0	33	15	14	33	3	3	3	5	2	0	149
R. Sete de Setembro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R. Otávio Xavier	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66
R. Quinze de Novembro	38	15	273	0	3	4	0	0	0	1	0	0	342
Marginal Norte	1	1	6	3	0	23	0	0	0	0	0	0	49
Marginal Sul	2	21	8	4	23	0	0	0	0	1	0	0	61
Lotes 1 (Oeste)	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Lotes 2 (Leste)	1	5	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	10
Lotes 3 (Oeste)	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<b>Total</b>	<b>182</b>	<b>149</b>	<b>444</b>	<b>342</b>	<b>49</b>	<b>61</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>20</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1.286</b>

## ANEXO B – Distribuição do Qui-Quadrado

<i>gl</i>	Área na cauda superior								
	0,25	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0025	0,001	0,0005
1	1,32	2,71	3,84	5,02	6,63	7,88	9,14	10,83	12,12
2	2,77	4,61	5,99	7,38	9,21	10,60	11,98	13,82	15,20
3	4,11	6,25	7,81	9,35	11,34	12,84	14,32	16,27	17,73
4	5,39	7,78	9,49	11,14	13,28	14,86	16,42	18,47	20,00
5	6,63	9,24	11,07	12,83	15,09	16,75	18,39	20,51	22,11
6	7,84	10,64	12,59	14,45	16,81	18,55	20,25	22,46	24,10
7	9,04	12,02	14,07	16,01	18,48	20,28	22,04	24,32	26,02
8	10,22	13,36	15,51	17,53	20,09	21,95	23,77	26,12	27,87
9	11,39	14,68	16,92	19,02	21,67	23,59	25,46	27,88	29,67
10	12,55	15,99	18,31	20,48	23,21	25,19	27,11	29,59	31,42
11	13,70	17,28	19,68	21,92	24,73	26,76	28,73	31,26	33,14
12	14,85	18,55	21,03	23,34	26,22	28,30	30,32	32,91	34,82
13	15,98	19,81	22,36	24,74	27,69	29,82	31,88	34,53	36,48
14	17,12	21,06	23,68	26,12	29,14	31,32	33,43	36,12	38,11
15	18,25	22,31	25,00	27,49	30,58	32,80	34,95	37,70	39,72
16	19,37	23,54	26,30	28,85	32,00	34,27	36,46	39,25	41,31
17	20,49	24,77	27,59	30,19	33,41	35,72	37,95	40,79	42,88
18	21,60	25,99	28,87	31,53	34,81	37,16	39,42	42,31	44,43
19	22,72	27,20	30,14	32,85	36,19	38,58	40,88	43,82	45,97
20	23,83	28,41	31,41	34,17	37,57	40,00	42,34	45,31	47,50
21	24,93	29,62	32,67	35,48	38,93	41,40	43,77	46,80	49,01
22	26,04	30,81	33,92	36,78	40,29	42,80	45,20	48,27	50,51
23	27,14	32,01	35,17	38,08	41,64	44,18	46,62	49,73	52,00
24	28,24	33,20	36,42	39,36	42,98	45,56	48,03	51,18	53,48
25	29,34	34,38	37,65	40,65	44,31	46,93	49,44	52,62	54,95
26	30,43	35,56	38,89	41,92	45,64	48,29	50,83	54,05	56,41
27	31,53	36,74	40,11	43,19	46,96	49,65	52,22	55,48	57,86
28	32,62	37,92	41,34	44,46	48,28	50,99	53,59	56,89	59,30
29	33,71	39,09	42,56	45,72	49,59	52,34	54,97	58,30	60,73
30	34,80	40,26	43,77	46,98	50,89	53,67	56,33	59,70	62,16
35	40,22	46,06	49,80	53,20	57,34	60,27	63,08	66,62	69,20
40	45,62	51,81	55,76	59,34	63,69	66,77	69,70	73,40	76,10
45	50,98	57,51	61,66	65,41	69,96	73,17	76,22	80,08	82,87
50	56,33	63,17	67,50	71,42	76,15	79,49	82,66	86,66	89,56
100	109,1	118,5	124,3	129,6	135,8	140,2	144,3	149,4	153,2

Fonte: Barbetta, et al. (2010)