

A close-up photograph of a white industrial robotic arm with a blue cable, positioned over a workbench. On the workbench, there is a red cylindrical object. The background is a bright, slightly blurred industrial setting.

**JAQUELINE FONSECA RODRIGUES
(ORGANIZADORA)**

**ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO: VETOR
DE TRANSFORMAÇÃO
DO BRASIL**

Jaqueline Fonseca Rodrigues

(Organizadora)

Engenharia de Produção: Vetor de Transformação do Brasil

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	Engenharia de produção [recurso eletrônico] : vetor de transformação do Brasil / Organizadora Jaqueline Fonseca Rodrigues. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-611-9 DOI 10.22533/at.ed.119190409 1. Engenharia de produção – Pesquisa – Brasil. 2. Gestão de qualidade. I. Rodrigues, Jaqueline Fonseca. CDD 658.5
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Antes de efetuar a apresentação do volume em questão, deve-se considerar que a **Engenharia de Produção** se dedica à concepção, melhoria e implementação de sistemas que envolvem pessoas, materiais, informações, equipamentos, energia e maiores conhecimentos e habilidades dentro de uma linha de produção.

O primeiro volume, com 18 capítulos, é constituído com estudos contemporâneos relacionados aos processos de **Engenharia de Produção**, além das áreas de **Eficiência Energética**; **Sistema de Gestão da Qualidade**; **Gestão de Projetos**; **Ergonomia** e tomada de decisão através de pesquisa operacional.

Tanto a Engenharia de Produção, como as pesquisas correlatas mostram a evolução das ferramentas aplicadas no contexto acadêmico e empresarial. Algumas delas, provenientes de estudos científicos, baseiam os processos de tomadas de decisão e gestão estratégica dos recursos utilizados na produção.

Além disso, os estudos científicos sobre o desenvolvimento acadêmico em **Engenharia de Produção** mostram novos direcionamentos para os estudantes, quanto à sua formação e inserção no mercado de trabalho.

Diante dos contextos apresentados, o objetivo deste livro é a condensação de extraordinários estudos envolvendo a sociedade e o setor produtivo de forma conjunta através de ferramentas que transformam a **Engenharia de Produção**, o **Vetor de Transformação do Brasil**.

A seleção efetuada inclui as mais diversas regiões do país e aborda tanto questões de regionalidade quanto fatores de desigualdade promovidas pelo setor produtivo.

Deve-se destacar que os locais escolhidos para as pesquisas apresentadas, são os mais abrangentes, o que promove um olhar diferenciado na ótica da Transformação brasileira relacionada à Engenharia de Produção, ampliando os conhecimentos acerca dos temas abordados.

Finalmente, esta coletânea visa colaborar ilimitadamente com os estudos empresariais, sociais e científicos, referentes ao já destacado acima.

Não resta dúvidas que o leitor terá em mãos extraordinários referenciais para pesquisas, estudos e identificação de cenários produtivos através de autores de renome na área científica, que podem contribuir com o tema.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os **Agradecimentos da Organizadora** e da **Atena Editora**, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de conhecimentos e inovações, e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de **Engenharia de Produção**.

Boa leitura!!!!

Jaqueline Fonseca Rodrigues

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A QUALIDADE NA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS EM UMA COOPERATIVA DE CRÉDITO E A OTIMIZAÇÃO DE SUA MENSURAÇÃO	
Murilo Sagrillo Pereira Wagner Pietrobelli Bueno Leoni Pentiado Godoy Adriano Mendonça Souza Mateus Freitas Ferreira Taís Pentiado Godoy	
DOI 10.22533/at.ed.1191904091	
CAPÍTULO 2	18
APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS NO ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE ATENDIMENTO AOS USUÁRIOS DO SERVIÇO DE LAVA-CAR EM UM POSTO DE COMBUSTÍVEIS	
Jairine Polyana Gaioski Andreza Rodrigues Costa Eloise Gonçalves Shih Yung Chin	
DOI 10.22533/at.ed.1191904092	
CAPÍTULO 3	50
ANÁLISE SIMPLIFICADA SOBRE A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ROTOMOLDAGEM, BASEADA NA ISO 50.001	
Silvio Cesar Ferreira da Rosa André Luiz Emmel Silva Jorge André Ribas Moraes Ítalo Rosa Policena Cassio Denis de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.1191904093	
CAPÍTULO 4	63
APLICAÇÃO DA FERRAMENTA CAPDO PARA REDUÇÃO DE PERDAS DE EMBALAGENS EM UMA FÁBRICA DE BEBIDA	
Daécio Lima Batista Gilson Freire Silva	
DOI 10.22533/at.ed.1191904094	
CAPÍTULO 5	71
APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS PARA ANÁLISE DA CAPACIDADE DE UM ESTACIONAMENTO DE UNIVERSIDADE PÚBLICA	
Shih Yung Chin Gabriel Santos Munhoz Nathália de Paiva Cristo Leite Araújo Nathana Caroline Donini Cezario	
DOI 10.22533/at.ed.1191904095	

CAPÍTULO 6	84
APLICAÇÃO DO <i>TRAVELLING SALESMAN PROBLEM</i> NA ROTEIRIZAÇÃO DAS VIATURAS DA MARINHA DO BRASIL: UMA ABORDAGEM DA TEORIA DOS GRAFOS	
Luiz Rodrigues Junior Marcos dos Santos Marcone Freitas dos Reis	
DOI 10.22533/at.ed.1191904096	
CAPÍTULO 7	94
ARIMA NA PREVISÃO DO PREÇO DO AÇO NO RIO GRANDE DO SUL	
Patricia Cristiane da Cunha Xavier Leonam Vieira Hemann Adriano Mendonça Souza	
DOI 10.22533/at.ed.1191904097	
CAPÍTULO 8	106
AUTOAVALIAÇÃO DAS PRÁTICAS DE GESTÃO DA QUALIDADE: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE PLÁSTICOS	
Edimary Santana Cabral Carvalho Bento Francisco dos Santos Júnior Eduardo Ubirajara Rodrigues Batista Thuany Reis Sales Alcides Anastácio Araújo Filho Antonio Vieira Matos Neto	
DOI 10.22533/at.ed.1191904098	
CAPÍTULO 9	119
AVALIAÇÃO DO GRAU DE MATURIDADE EM GERENCIAMENTO DE PROJETOS NO SETOR DE PLANEJAMENTO DA EMPRESA MF TECNOLOGIA PREDIAL	
Antonio Vieira Matos Neto Bento Francisco dos Santos Júnior Alcides Anastácio Araújo Filho Adriele Santos Souza Fabiane Santos Serpa	
DOI 10.22533/at.ed.1191904099	
CAPÍTULO 10	133
SIMULACIÓN DE LOS MODOS DE FRECUENCIAS FUNDAMENTALES EN UN MODELO SECCIONAL REDUCIDO DE TABLERO PUENTE PARA ENSAYOS EN TÚNEL DE VIENTO	
Jorge Omar Marighetti Beatriz Angela Iturri Maximiliano Gomez	
DOI 10.22533/at.ed.11919040910	

CAPÍTULO 11 147

LEVANTAMENTO E ANÁLISE DAS DESPESAS E CUSTOS: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO SETOR DE VENDAS

Iraiane Pimentel dos Reis Passos
Bento Francisco dos Santos Júnior
Adriele Santos Souza
Alcides Anastácio Araújo Filho
Antonio Vieira Matos Neto

DOI 10.22533/at.ed.11919040911

CAPÍTULO 12 160

LEVANTAMENTO MANUAL DE CARGAS E CRITÉRIOS ERGONÔMICOS NA PALETIZAÇÃO DE GARRAFAS DE ÁGUA

Amanda Ebert Bobsin
Natália Eloísa Sander
Vitória Pereira Pinto
Fernando Gonçalves Amaral

DOI 10.22533/at.ed.11919040912

CAPÍTULO 13 173

O USO DO GEOGEBRA NO CURSO DA ENGENHARIA: UM ESTUDO DE CASO FEITO COM ALUNOS DO 1º PERÍODO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Jonas da Conceição Ricardo
Ricardo Marinho dos Santos
Leonardo de Araújo Casanova
Marcus Vinicius Silva de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.11919040913

CAPÍTULO 14 183

O USO SIMULAÇÃO PARA A TOMADA DE DECISÃO EM AMBIENTES DE ATENDIMENTO AOS USUÁRIOS DE INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

Leonard Barreto Moreira
Fábio Freitas da Silva
Andressa da Silva Duarte Silva
João Lucas Olímpio da Silva
Annabell Del Real Tamariz
Aílton da Silva Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.11919040914

CAPÍTULO 15 194

ORGANIZAÇÃO METROLÓGICA DA QUALIDADE: ESTUDO DE CASO NUMA EMPRESA DO RAMO AUTOMOTIVO

Júlia Ferreira Dantas
Bento Francisco dos Santos Júnior
Cariosvaldo Alves

DOI 10.22533/at.ed.11919040915

CAPÍTULO 16	208
RELAÇÃO DOS GASTOS DO GOVERNO EM ASSISTÊNCIA SOCIAL COM AS VARIÁVEIS MACROECONÔMICAS BRASILEIRAS PELA ANÁLISE FATORIAL	
Viviane de Senna Adriano Mendonça Souza	
DOI 10.22533/at.ed.11919040916	
CAPÍTULO 17	222
UMA VISÃO TÉCNICA SOBRE A MAIOR COZINHA <i>FAST FOOD</i> DO MUNDO: MCDONALD'S	
Dayse Mendes Douglas Soares Agostinho Élcio Nascimento da Silva Jéssika Alvares Coppi Arruda Gayer Julio César Shoenemann Varella Maisa Rodrigues Pereira Murilo Henrique de Lima Gouvea Paulo Sérgio Campos Renan Weiber de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.11919040917	
CAPÍTULO 18	238
UTILIZAÇÃO DO <i>SOFTWARE NCSS (NUMBER CRUNCHER STATISTICAL SYSTEM)</i> NA VERIFICAÇÃO DE TENDÊNCIAS DA ECONOMIA BRASILEIRA	
Elpidio Oscar Benitez Nara José Carlos Kasburg João Victor Kothe João Carlos Furtado Jacques Nelson Corleta Schreiber Leonel Pablo Tedesco Jones Luís Schaefer Ismael Cristofer Baierle	
DOI 10.22533/at.ed.11919040918	
CAPÍTULO 19	254
AVALIAÇÃO DOS RELATÓRIOS DE NÃO CONFORMIDADES DE UM ABATEDOURO DE AVES UTILIZANDO O CICLO PDCA	
Mario Fernando de Mello Cristina Pasqualli Eudes Vinicius dos Santos Marcos Morgental Falkembach	
DOI 10.22533/at.ed.11919040919	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	266
ÍNDICE REMISSIVO	267

APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS NO ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE ATENDIMENTO AOS USUÁRIOS DO SERVIÇO DE LAVA-CAR EM UM POSTO DE COMBUSTÍVEIS

Jairine Polyana Gaioski

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Ponta Grossa - Paraná

Andreza Rodrigues Costa

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Ponta Grossa - Paraná

Eloise Gonçalves

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Ponta Grossa - Paraná

Shih Yung Chin

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Ponta Grossa - Paraná

RESUMO: Este artigo, aborda a formação de longas filas de espera em um serviço de lava car. Em virtude da alta concorrência entre os postos de combustíveis, cada vez torna-se mais comum que haja a disponibilização de outros serviços afim de promover a diferenciação do negócio e a fidelização dos clientes, este é o caso do serviço de lava car. No entanto, quando mal planejados podem resultar em longas filas de espera o que pode acarretar na insatisfação dos clientes. Portanto, é importante que seja realizado um estudo sobre a capacidade de atendimento e o tempo que cada veículo leva para ser atendido, afim de determinar qual a melhor solução para evitar a formação de filas. Utilizando-se da Teoria das

Filas juntamente com a Cadeia de Markov e a simulação de Monte Carlo, foram gerados dados para diferentes cenários. No presente estudo a automatização do serviço para todos os tipos de veículos atendeu as necessidades do projeto, pois resultou na organização mais assertiva das filas, reduzindo o tamanho das mesmas e não resultando em tempo de espera em fila para os clientes.

PALAVRAS-CHAVE: Cadeia de Markov, Lava Car, Simulação de Monte Carlo, Teoria das Filas.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo dados do anuário estatístico de 2018, liberado pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), no ano de 2017 o Brasil registrou 41.984 postos revendedores de combustíveis, um aumento de 155 postos comparado ao ano de 2016. Isso demonstra que o mercado brasileiro de combustíveis tem apresentado cada vez mais concorrência, e pensando nisso os proprietários de postos tem buscado a diferenciação na prestação dos seus serviços afim de alcançar a fidelização dos seus clientes.

A disponibilização de outros serviços como lava car (lavagem de automóveis), é uma forma que os proprietários têm encontrado

para alcançar um público maior. Ao investir nesse tipo de serviço eles conseguem agregar maior valor ao cliente fazendo com que o posto se destaque em relação aos demais, pois, como os motoristas precisam abastecer seus carros com frequência, disponibilizar um serviço gratuito de lava car como benefício, facilita a vida dos seus clientes e ao mesmo tempo diferencia o posto em um mercado tão concorrido.

Os serviços de lava car podem ser desde uma lavagem simples, a uma lavagem completa, até outros serviços como troca de peças. Uma organização inadequada de filas para receber pelo serviço pode resultar em esperas além do tempo necessário. Sendo assim, a aplicação de Teoria das Filas permite analisar com exatidão, o perfil de serviço desejado por cada cliente e assim reorganizar a fila bem como o canal que presta ao serviço para melhorar a eficiência.

Ainda, incorporado à Teoria das Filas, outras ferramentas como a Simulação de Monte Carlo bem como as Cadeias de Markov, permitirão analisar cenários, simulando dados para uma melhor tomada de decisão.

Em uma cadeia de Markov pode-se fazer previsões futuras baseando-se somente em seu estado atual, ou seja, o evento futuro depende apenas do evento imediatamente anterior, portanto a perda de memória se torna a base da caracterização das cadeias deste método. Utiliza-se cadeias de Markov para dimensionar o tempo de espera na fila de um lava car, ou seja, o tempo de espera na fila depende do tempo necessário para a lavagem de um carro. Com isso é possível verificar se a lavagem de modo automático é mais rápida que a lavagem manual, evitando consequentemente um tempo elevado de espera.

O Método de Monte Carlo pode ser descrito como método de simulação estatística que utiliza sequencias de números aleatórios para desenvolver simulações. Através destes números aleatórios a simulação pode ser utilizada no dimensionamento de baias para lava car e verificação de variações de tempo na lavagem de um carro devido a diversidade de porte dos veículos que utilizam esse serviço.

O problema abordado neste estudo é o que acontece justamente no posto de combustíveis na cidade de Ponta Grossa – PR, o qual oferece o serviço de lava car, atualmente este possui apenas um canal de atendimento, causando a formação de grande fila em determinados períodos. Como nos dias de hoje os clientes procuram praticidade e rapidez, o tempo de espera na fila é uma variável crítica, que pode acarretar na queda de satisfação dos clientes, se esta for muito longa, prejudicando a competitividade do posto em comparação com os demais.

O objetivo é entender as características dos clientes e assim definir a organização de filas mais assertiva, identificando um número de canais de atendimento e período de funcionamento mais adequado, para que o serviço prestado seja o melhor possível.

2 | REVISÃO

As filas são sistemas de organização encontrados diariamente em diversos serviços e/ou estabelecimentos, quando mal planejadas costumam causar transtornos ao sistema, gerando descontentamento aos usuários. A teoria das filas é uma ferramenta que será utilizada nesse trabalho afim de tratar todas as informações contidas no sistema de atendimento de um lava car.

2.1 Teoria das Filas

Para Hillier e Lieberman (2010) o surgimento de filas de espera ocorre quando a capacidade de fornecer um serviço não é suficiente para suprir a demanda em determinado período. Segundo Arenales et al. (2007) a Teoria das Filas é um método analítico que através de fórmulas matemáticas busca estudar as relações entre as demandas e os atrasos sofridos pelo usuário do sistema, afim de avaliar as medidas de desempenho dessa relação em função da disposição do sistema estudado. Na figura 1 é possível verificar um exemplo da composição de um sistema de filas.



Figura 1: Exemplo da composição de um sistema de filas

Fonte: Autoria Própria (2019)

Um sistema de filas é composto basicamente pela população, processo de chegada, processo de espera, tempo de espera estimado no sistema, tempo médio de espera na fila, número esperado de clientes na fila, processo de atendimento, servidor e disciplina das filas.

Filas: Segundo Lovelock e Wright (2002), uma fila é o conjunto de pessoas, veículos, objetos físicos ou intangíveis representados na forma de linha, que aguardam sua vez de serem atendidos. Para Bruns et al. (2001) uma fila pode ser caracterizada por processos de chegadas (pessoas, veículos, trens, etc.) a um sistema de atendimento composto de uma ou mais unidades de serviço. As unidades podem ser atendidas individualmente (pedágio, porto, etc.), ou em grupos (pessoas num elevador, veículos num semáforo, etc.).

População: De acordo com Santos (2003), é um indicador do possível número de usuários que poderão vir a usar o sistema em algum momento. A população em um sistema de filas é classificada como população infinita quando a taxa de chegada é constante, ou seja, quando as chegadas dos usuários não são afetadas pelo número

de usuários já presentes no sistema. Do contrário a população é finita, ou seja, a taxa de chegada é variável.

Processo de Chegada: Em sua maioria as chegadas nos sistemas de filas são aleatórias e desordenadas. Por esse motivo, é utilizado uma distribuição probabilística para descrever o processo de chegada.

Processo de Espera: Após a chegar ao sistema de filas, é possível que o cliente tenha que passar por um processo de espera, que nada mais é do que ficar em seu lugar na fila, e aguarda pelo seu atendimento durante um período de tempo.

Tempo de espera estimado no sistema (W_q): É a soma do tempo que cliente fica esperando na fila para ser atendido com o tempo de atendimento.

Tempo de Médio de espera na fila : É o intervalo de tempo após o cliente chegar na fila e ser atendido, ou seja, é o tempo que leva para o cliente ser atendido após ele chegar na fila.

Número esperado de clientes na fila (L_q): É o número esperado de clientes que aguardam o atendimento, ou seja, é o que determina o tamanho da fila. É a característica mais relevante para os clientes, no momento que se encontram em uma situação em que devem escolher uma opção de fila. Supondo que os ritmos médios de chegada e atendimento sejam constantes, o tamanho da fila irá oscilar em torno de um valor médio .

Processo de Atendimento: Os modelos de atendimentos podem apresentar diversas configurações: canal único (uma instalação de atendimento podendo ter um ou mais postos de atendimento, porém em série), canal múltiplo (mais de um canal de atendimento em paralelo, atuando de forma independente), atendimento único (a realização do atendimento é feita integralmente em um posto, independentemente de qualquer outro posto) e atendimento múltiplo (realizado por mais de uma instalação de atendimento em série, dependente uma da outra).

Servidor: Podem apresentar três modelos: *Singel Server* (um servidor) atende apenas um cliente por vez, *Multi-Server* (múltiplos servidores) possui n servidores atendendo m clientes simultaneamente e *Infinite Server* (infinitos servidores) cada cliente que chega encontra sempre um servidor disponível.

Disciplina de Filas: Segundo Jacobs e Chase (2009), são regras de prioridade ou conjunto de regras para determinar a sequência na qual os clientes serão atendidos em uma fila de espera. Estas regras selecionadas podem ter efeito significativo no desempenho geral do sistema, alguns dos fatores que podem ser afetados pela escolha das regras prioritárias são por exemplo o número de clientes em fila, a média do tempo de espera, a variabilidade no tempo de espera e a eficiência da instalação de serviço. A disciplina de filas mais comum é o “primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido”, em inglês FIFO (First In First Out), existem também outros modelos como: LIFO (Last In First Out), onde o último a chegar é o primeiro a ser atendido; serviço por ordem de prioridade; ou ainda serviço randômico.

O lava car em estudo, possui um único servidor para atendimento e utiliza da

disciplina de filas FIFO (First In First Out), ou seja, o primeiro cliente a chegar é o primeiro a ser atendido.

2.2 Análise de Desempenho das Filas

Tendo em conta que o tempo perdido em filas de espera pode constituir um custo para as organizações, entende-se a preocupação dos gestores em melhorar as características dos sistemas de fila de espera considerando diversas alternativas. Para isso é útil quantificar o desempenho de cada sistema através de medidas de desempenho que constituirão uma valiosa informação para quem decide. Estas medidas são as seguintes (PINTO, 2011):

- Número Médio de Clientes na Fila de Espera (L_q);
- Número Médio de Clientes no Sistema (L);
- Tempo Médio que um cliente Espera na Fila (W_q);
- Tempo Médio que um cliente Espera na Fila (W);
- Probabilidade de que o sistema esteja ocupado (ρ);
- Probabilidade de que o sistema esteja desocupado (P_0).

Outras medidas que os gestores podem utilizar para tomar decisões que são mais pormenorizadas, mas igualmente úteis (PINTO 2011):

- Probabilidade de existirem n clientes no sistema (P_n)
- Probabilidade de existirem no sistema k ou mais clientes ($P(n \geq k)$);
- Probabilidade de o tempo de espera na fila seja zero ($P(W_q = 0)$);
- Probabilidade de o tempo de espera na fila exceder t ($P(W_q > t)$);
- Probabilidade de o tempo gasto no sistema exceder t ($P(W > t)$).

Para realizar a análise de desempenho, sucintamente, os autores Newell (1982) e SHIH (2019) definem alguns métodos que permitem quantificar o desempenho de um sistema de filas através de medidas de desempenho que estabelecem informações relevantes para a tomada de decisão. Essas medidas mais comumente utilizadas são:

\bar{L}_q	Número médio de clientes na fila de espera
\bar{W}_q	Tempo médio de espera na fila
L_q máximo	Número máximo de clientes na fila de espera
W_q máximo	Tempo máximo de espera da fila

Onde o cálculo do \bar{L}_q (número médio de clientes na fila de espera) e do \bar{W}_q

(tempo médio de espera na fila) são dados pelas seguintes equações:

$$\overline{Lq} = \frac{Lq1 + Lq2 + Lq3 + \dots + Lqn}{n}$$

$$\overline{Wq} = \frac{Wq1 + Wq2 + Wq3 + \dots + Wqn}{n}$$

Lembrando que n representa o número de clientes.

2.3 Cadeias de Markov e Simulação de Monte Carlo

Entender a característica da entidade em fila é fundamental para o correto gerenciamento das filas e para que assim se atinja o sistema, como o tipo de veículo requisitado, o porte do carro, etc. Tais características podem ser estimadas através de Markov e Monte Carlo.

Em uma cadeia de Markov o evento futuro depende apenas do evento imediatamente anterior, não importando os fatos ocorridos anteriormente a este evento (TAHA, 2008). De acordo com Taha (2008), uma cadeia de Markov é composta por uma matriz de transição e pelos estados do sistema.

Na figura 2 é possível visualizar um esquema da matriz de transição.

	W	X	Y	...	Z
W	P_{11}	P_{12}	P_{13}	\dots	P_{1n}
X	P_{21}	P_{22}	P_{23}	\dots	P_{2n}
Y	P_{31}	P_{32}	P_{33}	\dots	P_{3n}
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
X	P_{n1}	P_{n2}	P_{n3}	\dots	P_{nn}

Figura 2: Esquema da Matriz de Probabilidades ou Matriz de Transição

Fonte: Adaptado (TAHA, 2008)

Já a ferramenta de simulação de Monte Carlo consiste em um procedimento para organizar dados e gerar números a partir de números aleatórios. O modo mais simples para efetuar a simulação é encontrar a probabilidade e a probabilidade acumulada dos dados coletados, depois, gerar um intervalo de números, os quais vão permitir gerar um novo conjunto de números que possuam mesma distribuição da variável considerada (PRADO, 2009).

2.4 Trabalhos Correlatos

Existem poucos estudos publicados sobre Teoria de Filas aplicadas no segmento de lavagem de automóveis. O artigo “A Teoria das Filas como Ferramenta de Apoio para Análise de uma Empresa de Lava-rápido em Volta Redonda” publicado por Lima et al.(2015), utilizou as fórmulas das variáveis de desempenho e também modelos da Teoria de Filas para medir o desempenho do serviço prestado aos clientes e no final

diagnosticou que 17,3% dos clientes potenciais da empresa procuravam atendimento em outro estabelecimento, os autores ainda comentam que é necessário realizar um estudo econômico para determinar a viabilidade da melhoria do posto de atendimento.

Outro estudo encontrado é “Uma aplicação da teoria das filas com simulação com arena em uma empresa de serviços de lavação automotiva”, onde Rezende Filho et al.(2016) realiza um estudo usando a Teoria das Filas e simulação no software Arena com o objetivo de apontar as oportunidades de melhorias no sistema, ao final do estudo foram propostas sugestões como realocação de funcionários em suas atribuições para melhorar a produtividade da empresa.

O presente estudo, assim como os citados, utilizará os recursos da Teoria de Filas para realizar o diagnóstico da empresa, mas se difere ao ter como objetivo sugerir melhorias no atendimento do lava car, focando principalmente na organização do sistema de filas e seus elementos como número de canais e número de filas existentes, e então a partir de um sistema de filas mais adequado, será possível proporcionar um melhor atendimento aos clientes. Desta forma, devido à escassez de trabalhos neste segmento, o estudo acrescentará uma nova visão para resolução do problema de filas nas empresas de lava car.

3 | ESTUDO DE CASO

O presente estudo foi realizado em um lava car, situado num posto de combustível no município de Ponta Grossa, no Estado do Paraná. Nesse posto quando o cliente abastece seu veículo lhe é disponibilizado gratuitamente o serviço de lava car, que consiste em uma lavagem de aparência do veículo.

3.1 Descrição do Problema

O posto de combustível possui atualmente cinco frentistas, que também trabalham em duplas na lavagem dos veículos, eles geralmente revezam-se nessa atividade a cada uma hora. O horário de atendimento do lava car é de segunda à sábado, no período da manhã das 08h00min até às 12h00min e no período da tarde das 13h00min até às 18h00min.

O grande problema enfrentado por esse serviço é a formação de grandes filas, principalmente em certos horários do dia e em vésperas de feriados e nos finais de semana, pois há apenas um canal de atendimento. Os clientes chegam e aguardam em uma fila única e são atendidos de acordo com a ordem de chegada. A figura 3 mostra o layout do posto de combustíveis com a posição da baia e também onde é formada a fila para aguardar o atendimento.

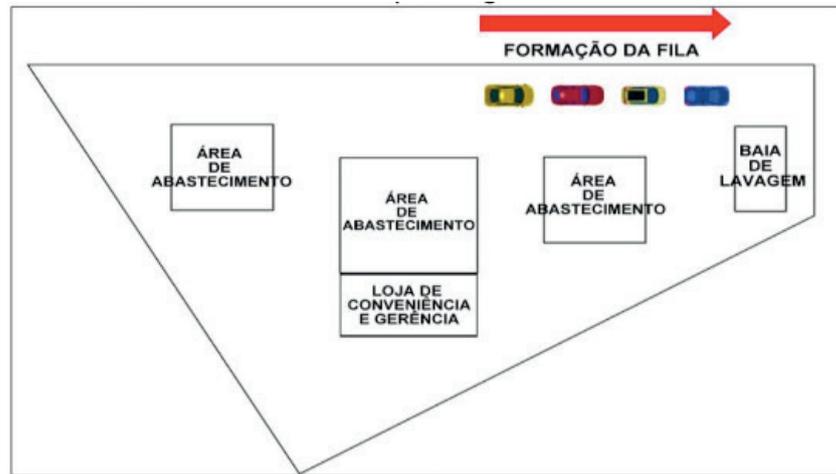


Figura 3: Layout do posto de combustíveis

Fonte: Autoria Própria (2019)

O processo tem início com a chegada dos clientes (veículos) em uma fila única, onde aguardam para serem atendidos, o primeiro cliente a chegar é o primeiro a ser atendido, logo que a baia é liberada o veículo se dirige até ela, ali o frentista molha o veículo para soltar e amolecer os resíduos de sujeiras, em seguida ele ensaboa o veículo e por último enxágua, após isso o veículo sai da baia, disponibilizando o espaço para que o próximo cliente (veículo) da fila seja atendido. Na figura 4, é possível verificar como ocorre o processo de chegada e atendimento no lava car.

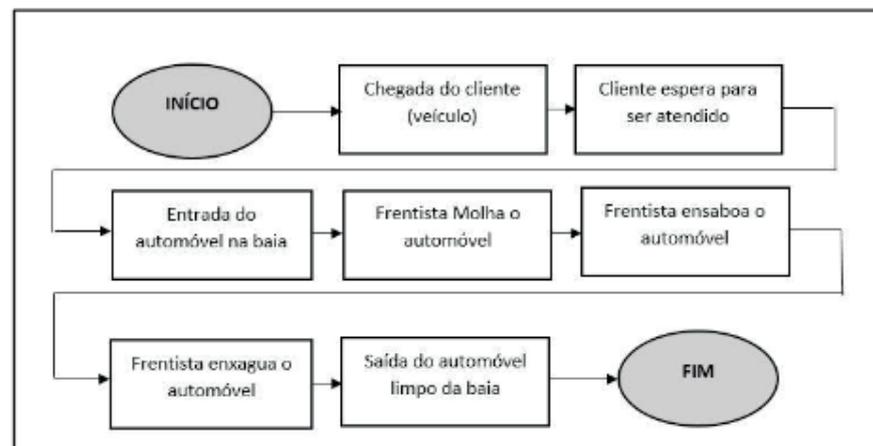


Figura 4: Fluxograma do serviço de lava car

Fonte: Autoria Própria (2019)

3.2 Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada numa terça-feira, dia 16 de abril de 2019, no período da tarde, das 15h45min às 17h45 min, totalizando duas horas de coleta de informações. Nesse intervalo de tempo foram contabilizados 11 atendimentos, com seus respectivos dados sobre tipo de veículo, horário de chegada, horário do início e do final de atendimento e também a duração de atendimento. Os resultados da coleta

de dados podem ser observados na tabela 1.

<i>Cliente</i>	<i>Tipo de Veículo</i>	<i>Horário Chegada (hh:mm)</i>	<i>Início de Atendimento (hh:mm)</i>	<i>Final de Atendimento (hh:mm)</i>	<i>Duração do Atendimento (min)</i>	<i>Porte dos veículos</i>
1	Picape Compacta	15:47	16:05	16:12	8	Grande
2	SUV Compacto	15:55	16:12	16:23	11	Pequeno
3	Hatch Compacto	16:18	16:23	16:32	9	Pequeno
4	Hatch Compacto	16:21	16:32	16:40	8	Pequeno
5	SUV Compacto	16:24	16:40	16:50	9	Pequeno
6	Picape Compacta	16:27	16:50	17:03	12	Grande
7	Hatch Compacto	16:37	17:06	17:11	5	Pequeno
8	Hatch Compacto	16:52	17:11	17:17	5	Pequeno
9	Picape Compacta	16:53	17:17	17:29	11	Grande
10	Hatch Compacto	16:55	17:29	17:37	7	Pequeno
11	Sedã Compacto	17:13	17:37	17:42	5	Pequeno

Tabela 1: Coleta de dados sobre o atendimento no lava car

Fonte: Autoria Própria (2019)

Em virtude da pouca disponibilidade de tempo livre para realizar a coleta dos tempos para os instantes de chegadas e duração de atendimento, não foi possível coletar uma quantidade maior de dados. Por isso, optou-se por utilizar os métodos de Monte Carlo e Markov, onde os tempos anteriores de chegada e duração de atendimento são irrelevantes para a predição dos tempos seguintes, pois o tempo atual de ambos é conhecido.

4 | CÁLCULO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir dos dados apresentados na tabela 1, foi proposto para a resolução do problema a utilização da Teoria de Markov e o Método de Monte Carlo, respectivamente. Ambos foram aplicados para a simulação dos instantes de chegada (min), duração de atendimento (min) e porte dos veículos que chegaram no lava car.

Na tabela 2 temos os dados coletados para a primeira etapa.

<i>Cliente</i>	<i>Instante de Chegada (min)</i>	<i>Duração do Atendimento (min)</i>	<i>Porte dos Veículos</i>
1	0	7	Grande
2	8	11	Pequeno
3	23	9	Pequeno
4	3	8	Pequeno
5	3	10	Pequeno
6	3	13	Grande
7	10	5	Pequeno
8	15	6	Pequeno
9	1	12	Grande

10	2	8	Pequeno
11	18	5	Pequeno

Tabela 2: Instantes de Chegada, Duração de Atendimento e Porte dos Veículos

Fonte: Autoria Própria (2019)

A primeira etapa consistiu em determinar o instante de chegada dos veículos na fila, ou seja, quanto tempo um veículo levou para chegar na fila em relação ao outro, por convenção, definiu-se que o cliente 1 chegou a fila no instante zero. Nesta etapa também será trabalhado com a duração de atendimento de cada cliente e o porte do veículo desses clientes, conforme pode ser visto na tabela 2.

Na segunda etapa, afim de facilitar a análise dos dados coletados e estabelecer o sequenciamento dos instantes de chegada e o sequenciamento das durações de atendimento, optou-se por trabalhar com intervalos de tempo de 5 minutos.

Na tabela 3, é possível verificar os intervalos determinados para os instantes de chegada e o número de observações obtidas em cada intervalo e na tabela 4 o sequenciamento que permitiu contabilizar esse número de observações.

<i>Intervalos (min)</i>	<i>Número de Observações nos Instantes de Chegadas</i>
0 -> 5	5
5 -> 10	2
10 -> 15	1
15 -> 20	1
20 -> 25	1
Total	11

Tabela 3: Número de observações nos instantes de chegada

Fonte: Autoria Própria (2019)

<i>Cliente</i>	<i>Instante de Chegada (min)</i>	<i>Sequenciamento dos Instantes de Chegada (min)</i>
1	0	5
2	8	10
3	23	25
4	3	5
5	3	5
6	3	5
7	10	10
8	15	15
9	1	5
10	2	5
11	18	20

Tabela 4: Sequenciamento dos instantes de chegada

Fonte: Autoria Própria (2019)

Como mencionado anteriormente, foi realizado o mesmo procedimento para as durações de atendimento e para o porte dos veículos.

Na tabela 5 é possível verificar os intervalos determinados para as durações de atendimento e o número de observações obtidas em cada intervalo e na tabela 6 o sequenciamento que permitiu contabilizar esse número de observações.

<i>Intervalos (min)</i>	<i>Número de Observações nos Instantes de Chegadas</i>
0 -> 5	2
5 -> 10	6
10 -> 15	3
Total	11

Tabela 5: Número de observações da duração de atendimento

Fonte: Autoria Própria (2019)

<i>Cliente</i>	<i>Duração do Atendimento (min)</i>	<i>Sequenciamento da Duração do Atendimento (min)</i>
1	7	10
2	11	15
3	9	10
4	8	10
5	10	10
6	13	15
7	5	5
8	6	10
9	12	15
10	8	10
11	5	5

Tabela 6: Sequenciamento da duração de atendimento

Fonte: Autoria Própria (2019)

A partir da tabela 1 definiu-se como carro de porte grande as Picapes e a partir delas foi elaborado o sequenciamento do porte de veículos. Na tabela 7 é possível verificar os portes de veículos analisados e o número de observações obtidas e na tabela 8 o sequenciamento que permitiu contabilizar esse número de observações.

<i>Porte dos Veículos</i>	<i>Número de Observações Portes dos Veículos</i>
Pequeno	8
Grande	3
Total	11

Tabela 7: Número de observações do porte de veículos

Fonte: Autoria Própria (2019)

<i>Cliente</i>	<i>Porte dos veículos</i>
1	Grande
2	Pequeno
3	Pequeno
4	Pequeno
5	Pequeno
6	Grande
7	Pequeno
8	Pequeno
9	Grande
10	Pequeno
11	Pequeno

Tabela 8: Sequenciamento do porte dos veículos

Fonte: Autoria Própria (2019)

Na terceira etapa, através da tabela 4, foi possível determinar os valores que serão utilizados para calcular as probabilidades de sequenciamento dos instantes de chegada, como pode ser visto na tabela 9.

5~5	3	10~5	0	15~5	1	20~5	0	25~5	1
5~10	2	10~10	0	15~10	0	20~10	1	25~10	0
5~15	0	10~15	1	15~15	0	20~15	0	25~15	0
5~20	1	10~20	0	15~20	0	20~20	0	25~20	0
5~25	0	10~25	1	15~25	0	20~25	0	25~25	0
TOTAL	6	TOTAL	2	TOTAL	1	TOTAL	1	TOTAL	1

Tabela 9: Probabilidades de Sequenciamento dos instantes de chegada

Fonte: Autoria Própria (2019)

Utilizando-se da tabela 6, determinou-se os valores que serão utilizados para calcular as probabilidades de sequenciamento da duração de atendimento, como pode ser visto na tabela 10.

5~5	0	10~5	1	15~5	1
5~10	1	10~10	2	15~10	2
5~15	0	10~15	3	15~15	0
TOTAL	1	TOTAL	6	TOTAL	3

Tabela 10: Probabilidades de Sequenciamento da duração de atendimento

Fonte: Autoria Própria (2019)

E por último nesta etapa, utilizando-se da tabela 8, determinou-se os valores que serão utilizados para calcular as probabilidades de sequenciamento do porte de veículos, como pode ser visto na tabela 11.

Pequeno ~ Grande	2	Grande ~ Pequeno	3
Pequeno ~ Pequeno	4	Grande ~ Grande	0
TOTAL	6	TOTAL	3

Tabela 11: Probabilidades de Sequenciamento dos portes dos veículos

Fonte: Autoria Própria (2019)

Na quarta etapa foi montada a matriz de probabilidades, também conhecida por matriz de transição ou ainda matriz de Markov, que descreve uma cadeia de Markov, sobre um espaço finito “S”. Segundo Taha (2008) a cadeia de Markov, será composta de uma matriz de Transição e pelos estados do sistema, essa matriz é quadrada e esquematizada conforme o número de estados, que no caso desse estudo, é o número de intervalos. Portanto, foram construídas duas matrizes de probabilidades, uma para os instantes de chegada e outra para a duração de atendimento.

Apartir dos dados obtidos na tabela 9, foi possível montar a matriz de probabilidades para os instantes de chegadas, para facilitar o estudo da matriz optou-se por chamar cada um dos cinco intervalos obtidos na tabela 3 de 5, 10, 15, 20 e 25, na figura 5 é possível ver a problematização que permitiu encontrar a distribuição da probabilidade

π_1	π_2	π_3	π_4	π_5
0,50	0,27	0,10	0,03	0,10

Tabela 12: Probabilidades dos instantes de chegada

Fonte: Autoria Própria (2019)

π_1	π_2	π_3
0,17	0,66	0,17

Tabela 13: Probabilidades da duração de atendimento

Fonte: Autoria Própria (2019)

π_1	π_2
0,83	0,17

Tabela 14: Probabilidades dos portes de veículos

Fonte: Autoria Própria (2019)

As probabilidades apresentadas na tabela 12, mostram que após um período de tempo há 50% de chance de um veículo chegar a cada 5 minutos, 27% de chance de chegar a cada 10 minutos, 10% de chance de chegar a cada 15 minutos, 3% de chance de chegar a cada 20 minutos e 10% de chance de chegar a cada 25 minutos.

Já as probabilidades apresentadas na tabela 13, mostram que a duração de atendimento desses veículos apresenta: 17% de chance de durar 5 minutos, 66% de chance de durar 10 minutos e 17% de chance de durar 15 minutos.

E por último, as probabilidades apresentadas na tabela 14, mostram que após um período de tempo há 83% de chance de chegar ao lava car um veículo de porte pequeno e 17% de chance de chegar um veículo de porte grande.

Após a definição das probabilidades, foi possível utilizar o Método de Monte Carlo, para estabelecer as classes para os instantes de chegada, duração de atendimento e porte dos veículos. A partir dessas classes, ainda utilizando o método de Monte Carlo, foram gerados valores aleatórios que se assemelham aos que foram coletados na situação real, desta forma pode-se simular o modelo por horizontes de tempo maiores do que o utilizado na coleta de dados real, aprimorando desta maneira a análise do estudo.

Na tabela 15 é possível verificar as classes para os instantes de chegada, na tabela 16 as classes para a duração de atendimento e na tabela 17 as classes para o porte de veículos.

Instantes de Chegada	Intervalo (min)	Observações	Frequência Relativa	Frequência Acumulada	Intervalos Freq. Acum.	Número de Bolas
5	0 -> 5	6	0,50	0,50	0,00 -> 0,50	0 -> 50
10	5 -> 10	2	0,27	0,77	0,51 -> 0,77	51 -> 77
15	10 -> 15	1	0,10	0,87	0,78 -> 0,87	78 -> 87
20	15 -> 20	1	0,03	0,90	0,88 -> 0,90	88 -> 90
25	20 -> 25	1	0,10	1,00	0,91 -> 1,00	91 -> 100
Total		11	1,00			

Tabela 15: Classes de Monte Carlo – Instantes de Chegada

Fonte: Autoria Própria (2019)

Duração do Atendimento	Intervalo (min)	Observações	Frequência Relativa	Frequência Acumulada	Intervalos Frequência Acumulada	Número de Bolas
5	0 -> 5	2	0,17	0,17	0,00 -> 0,17	0 -> 17
10	5 -> 10	6	0,66	0,83	0,18 -> 0,83	18 -> 83
15	10 -> 15	3	0,17	1,00	0,84 -> 1,00	84 -> 100
Total		11	1,00			

Tabela 16: Classes de Monte Carlo – Duração de Atendimento

Fonte: Autoria Própria (2019)

Porte dos veículos	Observações	Frequência Relativa	Frequência Acumulada	Intervalos Freq. Acum.	Número de Bolas
<i>Pequeno</i>	8	0,833	0,83	0,00 -> 0,83	0 -> 83
<i>Grande</i>	3	0,167	1,00	0,84 -> 1,00	84 -> 100
Total	11	1,00			

Tabela 17: Classes de Monte Carlo – Porte dos Veículos

Fonte: Autoria Própria (2019)

O número de bolas das tabelas 15, 16 e 17 representam o intervalo de valores aleatórios de 1 a 100, ou seja, a dependendo do número aleatório sorteado, será considerado um instante de chegada, uma duração de atendimento e um porte de veículo para cada cliente. Foram gerados 20 valores aleatórios de 1 a 100 que representam 20 clientes chegando ao lava car.

Na tabela 18 é possível verificar os valores sorteados para os instantes de chegada.

SEQUÊNCIA SORTEADA ALEATORIAMENTE – INSTANTE DE CHEGADA																				
SORTEIO (CLIENTES)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
BOLINHA (Aleatório)	51	22	21	14	75	12	79	1	46	17	88	3	89	66	38	81	47	65	28	93
VALORES (Instantes de Chegadas)	10	5	5	5	10	5	15	5	5	5	20	5	20	10	5	15	5	10	5	25

Tabela 18: Sequência Sorteada Aleatoriamente – Instantes de chegada

Fonte: Autoria Própria (2019)

Na tabela 19 é possível verificar os valores sorteados para a duração de atendimento.

SEQUÊNCIA SORTEADA ALEATORIAMENTE – DURAÇÃO DE ATENDIMENTO																				
SORTEIO (CLIENTES)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
BOLINHA (Aleatório)	16	82	68	30	66	8	98	27	79	26	24	46	30	48	43	41	28	1	60	3
VALORES (Dur. Atendimento)	10	10	10	10	10	5	15	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	10	5

Tabela 19: Sequência Sorteada Aleatoriamente – Duração de Atendimento

Fonte: Autoria Própria (2019)

Na tabela 20 é possível verificar os valores sorteados para o porte dos veículos.

SEQUÊNCIA SORTEADA ALEATORIAMENTE																				
SORTEIO (CLIENTES)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
BOLINHA (Aleatório)	16	82	68	30	66	8	98	27	79	26	24	46	30	48	43	41	28	1	60	3
PORTE DOS VEÍCULOS	92	65	89	31	34	75	66	100	14	84	87	28	99	63	32	10	25	20	90	5

Tabela 20: Sequência Sorteada Aleatoriamente – Porte dos Veículos

Fonte: Autoria Própria (2019)

Após a geração dos valores aleatórios, determinou-se que do total de vinte bolinhas sorteadas, sete correspondem a veículos de porte grande (clientes: 1, 3, 8, 10, 11, 13 e 19) e o restante das bolinhas correspondem a veículos de porte pequeno. Esse resultado permitiu a elaboração da proposta de melhoria, pois assemelhou-se

muito a realidade.

Com os novos valores obtidos na simulação, dividiu-se em intervalos de tempo de cinco minutos, a partir do qual foram calculados, as chegadas de veículos, as chegadas acumuladas, o atendimento, o atendimento acumulado, a fila formada e o número de vagas disponíveis para o atendimento.

Os valores obtidos podem ser observados na tabela 21.

Tempo	Chegada	Chegada Acumulada	Atendimento	Atendimento Acumulado	Fila	nº de Vagas
0	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	1
10	1	1	1	1	0	0
15	1	2	0	1	1	0
20	1	3	1	2	1	0
25	1	4	0	2	2	0
30	0	4	1	3	1	0
35	1	5	0	3	2	0
40	1	6	1	4	2	0
45	0	6	0	4	2	0
50	0	6	1	5	1	0
55	1	7	0	5	2	0
60	1	8	1	6	2	0
65	1	9	1	7	2	0
70	1	10	0	7	3	0
75	0	10	0	7	3	0
80	0	10	1	8	2	0
85	0	10	0	8	2	0
90	1	11	1	9	2	0
95	1	12	0	9	3	0
100	0	12	1	10	2	0
105	0	12	0	10	2	0
110	0	12	1	11	1	0
115	1	13	0	11	2	0
120	0	13	1	12	1	0
125	1	14	0	12	2	0
130	1	15	1	13	2	0
135	0	15	0	13	2	0
140	0	15	1	14	1	0
145	1	16	0	14	2	0
150	1	17	1	15	2	0
155	0	17	0	15	2	0
160	1	18	1	16	2	0
165	1	19	0	16	3	0
170	0	19	1	17	2	0
175	0	19	0	17	2	0
180	0	19	1	18	1	0
185	0	19	1	19	0	0
190	1	20	0	19	1	0

195	0	20	1	20	0	0
200	0	20	0	20	0	1

Tabela 21: Simulação de atendimento no lava car através do Método de Monte Carlo

Fonte: Autoria Própria (2019)

4.1 Cálculo das Medidas de Análise de Desempenho

O número máximo esperado de clientes na fila (*Lq máximo*) representa o número máximo de clientes que aguardam o atendimento, ou seja, é o que determina o tamanho da fila. Portanto o *Lq máximo* foi determinado a partir dos dados de fila apresentados na tabela 21, onde 3 foi o maior número de clientes na fila durante todo o período de análise.

Para uma suposição da oscilação da fila foi efetuado o cálculo do número médio de clientes na fila (*Lq médio*) a partir da soma do número de clientes em cada um dos intervalos previamente definidos (de 10 em 10 minutos), dividido pelo número total de intervalos utilizados, que totalizaram 20 intervalos. O número médio foi de 2 clientes na fila de espera.

Os valores descritos foram calculados de acordo com suas respectivas fórmulas e estão representados abaixo:

$$Lq \text{ máximo} = 3 \text{ clientes}$$

$$\bar{Lq} = \frac{Lq_{10min} + Lq_{20min} + Lq_{30min} + \dots + Lq_{200min}}{20}$$

$$\bar{Lq} = \frac{0 + 1 + 1 + 1 + 1 + 2 + 3 + 2 + 2 + 2 + 1 + 1 + 2 + 1 + 2 + 2 + 2 + 1 + 1 + 0}{20}$$

$$\bar{Lq} = 1,45 = 2 \text{ clientes}$$

A partir dos dados de chegada e atendimento dos veículos contidos na tabela 14 foi determinado o tempo de espera na fila para ser atendido de cada um dos veículos, além disso foi adicionado uma coluna na qual é informado o tempo de intervalo entre os instantes de chegada de cada veículo no sistema e, em seguida, para se obter o tempo de espera estimado no sistema (*Wq*) foi efetuada a soma do tempo de espera na fila para ser atendido com a duração do atendimento. Os valores obtidos estão representados na tabela 22.

Veículo	Intervalo Instante de chegada	Duração do Atendimento	Intervalo em que o veículo chega	Tempo de espera para ser atendido	Wq
V1	10	10	10	0	10
V2	5	10	15	5	15
V3	5	10	20	10	20
V4	5	10	25	15	25
V5	10	10	35	15	25
V6	5	5	40	20	25
V7	15	15	55	10	25
V8	5	10	60	20	30
V9	5	10	65	25	35
V10	5	10	70	30	40
V11	20	10	90	20	30
V12	5	10	95	25	35
V13	20	10	115	15	25
V14	10	10	125	15	25
V15	5	10	130	20	30
V16	15	10	145	15	25
V17	5	10	150	20	30
V18	10	5	160	20	25
V19	5	10	165	20	30
V20	25	5	190	5	10

Tabela 22: Cálculos do Tempo de espera estimado na fila (Wq) por veículo

Fonte: Autoria Própria (2019)

O tempo máximo de espera da fila é de 30 minutos e foi determinado a partir da análise dos dados obtidos com o cálculo do Wq .

Para se obter o tempo médio de espera na fila (Wq médio), foi efetuada a soma do Wq (tempo de espera estimado no sistema) de cada veículo que conseqüentemente foi dividida pela quantidade de veículos que compõem a amostra (20 veículos).

Os valores descritos anteriormente foram calculados de acordo com suas respectivas fórmulas e estão representados abaixo:

$$Wq \text{ máximo} = 30 \text{ minutos}$$

$$\bar{Wq} = \frac{Wqv1 + Wqv2 + Wqv3 + \dots + W20v}{20}$$

$$\bar{Wq} = \frac{10 + 15 + 20 + 25 + 25 + 25 + 25 + 30 + 35 + 40 + 30 + 35 + 25 + 25 + 30 + 25 + 30 + 25 + 30 + 10}{20}$$

$$\bar{Wq} = 25,7500 \frac{\text{minutos}}{\text{carro}}$$

$$\bar{Wq} \approx 26 \frac{\text{minutos}}{\text{carro}}$$

5 | SUGESTÃO DE MELHORIA

Para propor uma solução para a formação das filas no lava car, foram elaboradas duas propostas:

1- Lavagem automatizada para todos os veículos (carros grandes e pequenos):

Nessa proposta todos os veículos são lavados em uma baia automatizada, cujo tempo de lavagem é de 3 minutos/veículo.

2- Lavagem automatizada para veículos de porte pequeno e manual para veículos de porte grande: Nessa proposta apenas os veículos de porte pequeno são lavados em uma baia automatizada, cujo tempo de lavagem é de 3 minutos/veículo, os veículos de porte grande são lavados em uma baia onde o serviço é feito manualmente e a duração de atendimento varia conforme o porte dos veículos.

Com o objetivo de demonstrar que em ambos os casos é possível acabar com as filas a seguir serão apresentados alguns cálculos que possibilitam melhor análise do que foi proposto.

6 | CÁLCULO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA SUGESTÃO DE MELHORIA

Com os novos valores obtidos na simulação foi possível estabelecer quanto tempo cada veículo levaria para ser atendido se a proposta de lavagem automatizada para todos os veículos (carros grandes e pequenos) fosse implementada, conforme pode ser vista na tabela 23 não haveria formação de filas.

Tempo	Chegada	Chegada Acumulada	Atendimento	Atendimento Acumulado	Fila	nº de Vagas
0	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	1
10	1	1	1	1	0	0
15	1	2	1	2	0	0
20	1	3	1	3	0	0
25	1	4	1	4	0	0
30	0	4	0	4	0	1
35	1	5	1	5	0	0
40	1	6	1	6	0	0
45	0	6	0	6	0	1
50	0	6	0	6	0	1
55	1	7	1	7	0	0
60	1	8	1	8	0	0
65	1	9	1	9	0	0
70	1	10	1	10	0	0
75	0	10	0	10	0	1
80	0	10	0	10	0	1

85	0	10	0	10	0	1
90	1	11	1	11	0	0
95	1	12	1	12	0	0
100	0	12	0	12	0	1
105	0	12	0	12	0	1
110	0	12	0	12	0	1
115	1	13	1	13	0	0
120	0	13	0	13	0	1
125	1	14	1	14	0	0
130	1	15	1	15	0	0
135	0	15	0	15	0	1
140	0	15	0	15	0	1
145	1	16	1	16	0	0
150	1	17	1	17	0	0
155	0	17	0	17	0	1
160	1	18	1	18	0	0
165	1	19	1	19	0	0
170	0	19	0	19	0	1
175	0	19	0	19	0	1
180	0	19	0	19	0	1
185	0	19	0	19	0	1
190	1	20	1	20	0	0
195	0	20	0	20	0	1
200	0	20	0	20	0	1

Tabela 23: Simulação de atendimento - de lavagem automatizada para todos os veículos (carros grandes e pequenos)

Fonte: Autoria Própria (2019)

Com os valores obtidos da simulação também foi possível estabelecer quanto tempo cada veículo levaria para ser atendido se a proposta de lavagem automatizada para veículos de porte pequeno e lavagem manual para veículos de porte grande fosse implementada, conforme pode ser vista na tabela 24 e tabela 25 também não haveria formação de filas.

Tempo	Chegada	Chegada Acumulada	Atendimento	Atendimento Acumulado	Fila	nº de Vagas
0	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	1
10	0	0	0	0	0	1
15	1	1	1	1	0	0
20	0	1	0	1	0	1
25	1	2	1	2	0	0
30	0	2	0	2	0	1
35	1	3	1	3	0	0
40	0	3	0	3	0	1
45	0	3	0	3	0	1
50	0	3	0	3	0	1

55	1	4	1	4	0	0
60	0	4	0	4	0	1
65	1	5	1	5	0	0
70	1	6	1	6	0	0
75	0	6	0	6	0	1
80	0	6	0	6	0	1
85	0	6	0	6	0	1
90	0	6	0	6	0	1
95	1	7	1	7	0	0
100	0	7	0	7	0	1
105	0	7	0	7	0	1
110	0	7	0	7	0	1
115	0	7	0	7	0	1
120	0	7	0	7	0	1
125	1	8	1	8	0	0
130	1	9	1	9	0	0
135	0	9	0	9	0	1
140	0	9	0	9	0	1
145	1	10	1	10	0	0
150	1	11	1	11	0	0
155	0	11	0	11	0	1
160	0	11	0	11	0	1
165	1	12	1	12	0	0
170	0	12	0	12	0	1
175	0	12	0	12	0	1
180	0	12	0	12	0	1
185	0	12	0	12	0	1
190	1	13	1	13	0	0
195	0	13	0	13	0	1
200	0	13	0	13	0	1

Tabela 24: Simulação de atendimento - de lavagem automatizada para veículos de porte pequeno

Fonte: Autoria Própria (2019)

Tempo	Chegada	Chegada Acumulada	Atendimento	Atendimento Acumulado	Fila	nº de Vagas
0	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	1
10	1	1	1	1	0	0
15	0	1	0	1	0	0
20	1	2	1	2	0	0
25	0	2	0	2	0	0
30	0	2	0	2	0	1
35	0	2	0	2	0	1
40	1	3	1	3	0	1
45	0	3	0	3	0	1
50	0	3	0	3	0	1
55	0	3	0	3	0	1

60	1	4	1	4	0	0
65	0	4	0	4	0	0
70	0	4	0	4	0	0
75	0	4	0	4	0	0
80	0	4	0	4	0	1
85	0	4	0	4	0	1
90	1	5	1	5	0	0
95	0	5	0	5	0	0
100	0	5	0	5	0	1
105	0	5	0	5	0	1
110	0	5	0	5	0	1
115	1	6	0	5	0	0
120	0	6	1	6	0	0
125	0	6	0	6	0	0
130	0	6	0	6	0	1
135	0	6	0	6	0	1
140	0	6	0	6	0	1
145	0	6	0	6	0	1
150	0	6	0	6	0	1
155	0	6	0	6	0	1
160	1	7	1	7	0	1
165	0	7	0	7	0	0
170	0	7	0	7	0	0
175	0	7	0	7	0	0
180	0	7	0	7	0	1
185	0	7	0	7	0	1
190	0	7	0	7	0	1
195	0	7	0	7	0	1
200	0	7	0	7	0	1

Tabela 25: Simulação de atendimento - de lavagem manual para veículos de porte grande

Fonte: Autoria Própria (2019)

6.1 Cálculo das Medidas de Análise de Desempenho

6.1.1 Lavagem automatizada para carros grandes e pequenos

Neste caso foi considerada a chegada e lavagem automatizada de carros de pequeno e grande porte, portanto os cálculos foram realizados com base nessa proposta. O número máximo esperado de clientes na fila (*Lq máximo*) é nulo, pois de acordo com os dados de fila apresentados na tabela 23, não há fila em nenhum momento.

Devido a inexistência de fila, não foi necessário ser realizado o cálculo do número médio de clientes na fila (*Lq médio*).

A partir dos dados de chegada e atendimento dos veículos contidos na tabela 23 foi determinado o tempo de espera na fila para ser atendido de cada um dos veículos e, em seguida, para se obter o tempo de espera estimado no sistema (*Wq*) foi efetuada

a soma do tempo de espera na fila para ser atendido com a duração do atendimento. Os valores obtidos estão representados na tabela 26.

Total de Veículos	Veículo	Intervalo Instante de chegada	Duração do Atendimento	Intervalo em que o veículo chega	Tempo de espera para ser atendido	Wq
1	V1	10	3	10	0	3
2	V2	5	3	15	0	3
3	V3	5	3	20	0	3
4	V4	5	3	25	0	3
5	V5	10	3	35	0	3
6	V6	5	3	40	0	3
7	V7	15	3	55	0	3
8	V8	5	3	60	0	3
9	V9	5	3	65	0	3
10	V10	5	3	70	0	3
11	V11	20	3	90	0	3
12	V12	5	3	95	0	3
13	V13	20	3	115	0	3
14	V14	10	3	125	0	3
15	V15	5	3	130	0	3
16	V16	15	3	145	0	3
17	V17	5	3	150	0	3
18	V18	10	3	160	0	3
19	V19	5	3	165	0	3
20	V20	25	3	190	0	3

Tabela 26: Cálculos do Tempo de espera estimado na fila (Wq) por veículo

Fonte: Autoria Própria (2019)

O tempo máximo de espera da fila é de 3 minutos e foi determinado a partir da análise dos dados obtidos com o cálculo do Wq .

Para se obter o tempo médio de espera na fila (Wq médio), foi efetuada a soma do Wq (tempo de espera estimado no sistema) de cada veículo que conseqüentemente foi dividida pela quantidade de veículos que compõem a amostra (20 veículos).

Os valores descritos anteriormente foram calculados de acordo com suas respectivas fórmulas e estão representados a seguir:

$$Wq \text{ máximo} = 3 \text{ minutos}$$

$$\bar{Wq} = \frac{Wqv1 + Wqv2 + Wqv3 + \dots + W20v}{20}$$

$$\bar{Wq} = 3 \frac{\text{minutos}}{\text{carro}}$$

Com a lavagem automatizada para carros grandes e pequenos a duração do atendimento é de apenas 3 minutos e não há a existência de filas, isso ocorre devido

ao fato do processo ser totalmente automatizado, sendo assim, realizado de maneira padronizada e de modo a economizar tempo, pois atividades manuais demandam tempo e são realizadas por seres humanos que tendem a cometer erros e obter inconsistência em relação à qualidade.

6.1.2 Lavagem automatizada para carros pequenos

Neste caso foi considerada apenas a chegada e lavagem automatizada de carros de pequeno porte, portanto os cálculos foram realizados com base nessa proposta. O número máximo esperado de clientes na fila (*Lq máximo*) é nulo, pois de acordo com os dados de fila apresentados na tabela 24, não há fila em nenhum momento.

Devido a inexistência de fila, não foi necessário ser realizado o cálculo do número médio de clientes na fila (*Lq médio*).

A partir dos dados de chegada e atendimento dos veículos contidos na tabela 24 foi determinado o tempo de espera na fila para ser atendido de cada um dos veículos e, em seguida, para se obter o tempo de espera estimado no sistema (*Wq*) foi efetuada a soma do tempo de espera na fila para ser atendido com a duração do atendimento. Os valores obtidos estão representados na tabela 27.

Total de Veículos	Veículo	Intervalo Instante de chegada	Duração do Atendimento	Intervalo em que o veículo chega	Tempo de espera para ser atendido	Wq
1	V1	10	0	10	0	0
2	V2	5	3	15	0	3
3	V3	5	0	20	0	0
4	V4	5	3	25	0	3
5	V5	10	3	35	0	3
6	V6	5	3	40	0	3
7	V7	15	3	55	0	3
8	V8	5	0	60	0	0
9	V9	5	3	65	0	3
10	V10	5	0	70	0	0
11	V11	20	0	90	0	0
12	V12	5	3	95	0	3
13	V13	20	0	115	0	0
14	V14	10	3	125	0	3
15	V15	5	3	130	0	3
16	V16	15	3	145	0	3
17	V17	5	3	150	0	3
18	V18	10	3	160	0	3
19	V19	5	0	165	0	0
20	V20	25	3	190	0	3

Tabela 27: Cálculos do Tempo de espera estimado na fila (Wq) por veículo

Fonte: Autoria Própria (2019)

O tempo máximo de espera da fila é de 3 minutos e foi determinado a partir da análise dos dados obtidos com o cálculo do Wq .

Para se obter o tempo médio de espera na fila (Wq médio), foi efetuada a soma do Wq (tempo de espera estimado no sistema) de cada veículo que conseqüentemente foi dividida pela quantidade de veículos que compõem a amostra (20 veículos).

Os valores descritos anteriormente foram calculados de acordo com suas respectivas fórmulas e estão representados abaixo:

$$Wq \text{ máximo} = 3 \text{ minutos}$$

$$\bar{Wq} = \frac{Wqv1 + Wqv2 + Wqv3 + \dots + W20v}{20}$$

$$\bar{Wq} = \frac{0 + 3 + 0 + 3 + 3 + 3 + 3 + 3 + 0 + 3 + 0 + 0 + 3 + 0 + 3 + 3 + 3 + 3 + 3 + 0 + 3}{20}$$

$$\bar{Wq} = 1,9500 \frac{\text{minutos}}{\text{carro}}$$

$$\bar{Wq} \approx 2 \frac{\text{minutos}}{\text{carro}}$$

Devido ao fato do porte do carro ser pequeno a sua lavagem pode ser realizada de modo mais rápido, portanto a automatização do seu processo de lavagem está compreendida em uma duração de atendimento de apenas 3 minutos onde também não há a existência de filas. Com isso o processo ocorre de maneira padronizada e rápida, permitindo que a lavagem manual seja aplicada apenas em carros de grande porte que exigem mais tempo para serem lavados e um cuidado mais elevado devido à alta quantidade de detalhes que estão compreendidas nos mesmos.

6.1.3 Lavagem manual para carros grandes

Neste caso foi considerada apenas a chegada e lavagem manual de carros de grande porte, portanto os cálculos foram realizados com base nessa proposta. O número máximo esperado de clientes na fila (Lq máximo) é nulo, pois de acordo com os dados de fila apresentados na tabela 25, não há fila em nenhum momento.

Devido a inexistência de fila, não foi necessário ser realizado o cálculo do número médio de clientes na fila (Lq médio).

A partir dos dados de chegada e atendimento dos veículos contidos na tabela 25 foi determinado o tempo de espera na fila para ser atendido de cada um dos veículos e, em seguida, para se obter o tempo de espera estimado no sistema (Wq) foi efetuada a soma do tempo de espera na fila para ser atendido com a duração do atendimento. Os valores obtidos estão representados na tabela 28.

Total de Veículos	Veículo	Intervalo Instante de chegada	Duração do Atendimento	Intervalo em que o veículo chega	Tempo de espera para ser atendido	Wq
1	V1	10	10	10	0	10
2	V2	5	0	15	0	0
3	V3	5	10	20	0	10
4	V4	5	0	25	0	0
5	V5	10	0	35	0	0
6	V6	5	0	40	0	0
7	V7	15	0	55	0	0
8	V8	5	10	60	0	10
9	V9	5	0	65	0	0
10	V10	5	10	70	0	10
11	V11	20	10	90	0	10
12	V12	5	0	95	0	0
13	V13	20	10	115	0	10
14	V14	10	0	125	0	0
15	V15	5	0	130	0	0
16	V16	15	0	145	0	0
17	V17	5	0	150	0	0
18	V18	10	0	160	0	0
19	V19	5	10	165	0	10
20	V20	25	0	190	0	0

Tabela 28: Cálculos do Tempo de espera estimado na fila (Wq) por veículo
Fonte: Autoria Própria (2019)

O tempo máximo de espera da fila é de 10 minutos e foi determinado a partir da análise dos dados obtidos com o cálculo do Wq .

Para se obter o tempo médio de espera na fila (Wq médio), foi efetuada a soma do Wq (tempo de espera estimado no sistema) de cada veículo que conseqüentemente foi dividida pela quantidade de veículos que compõem a amostra (7 veículos).

Os valores descritos anteriormente foram calculados de acordo com suas respectivas fórmulas e estão representados a seguir:

$$\begin{aligned}
 Wq \text{ máximo} &= 10 \text{ minutos} \\
 \bar{Wq} &= \frac{Wqv1 + Wqv2 + Wqv3 + \dots + W20v}{20} \\
 \bar{Wq} &= \frac{10 + 0 + 10 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 10 + 0 + 10 + 10 + 0 + 10 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 10 + 0}{7} \\
 \bar{Wq} &= 3,5000 \frac{\text{minutos}}{\text{carro}} \\
 \bar{Wq} &\approx 4 \frac{\text{minutos}}{\text{carro}}
 \end{aligned}$$

A lavagem automatizada apresenta uma duração média de 3 minutos para carros

grandes e pequenos, mas no caso dos carros de grande porte a lavagem pode não ser totalmente efetiva, ou seja, a limpeza pode ser realizada de modo incoerente não satisfazendo as necessidades do cliente. Entretanto a lavagem manual permite maior consistência em relação a qualidade da lavagem e, mesmo apresentando uma duração atendimento de 10 minutos não há existência de filas, pois o atendimento manual é realizado apenas para carros de grande porte.

Com base nos resultados apresentados para cada uma das sugestões de melhoria, pode se observar que automatização da lavagem dos carros proporciona o fim do surgimento das filas tornando o atendimento mais rápido e eficaz, de modo que atenda as necessidades do cliente e supere suas expectativas com o atendimento.

6.2 Comparação de custos entre as propostas de melhoria

A principal diferença entre as propostas está na utilização de máquina ou funcionário para realizar a lavagem dos veículos. Esses dois pontos também são cruciais na determinação dos custos entre as propostas. Sendo assim foram comparados os custos por lavagem através da máquina automatizada e da lavagem manual realizada por funcionário.

Primeiramente foi analisado o custo de mão de obra gasto no intervalo de tempo medido, dividindo o salário mensal do funcionário, R\$ 1200, pelo tempo total trabalho no mês, 1080 minutos, chegando ao custo de R\$0,12 por minuto pela mão de obra do funcionário. Na situação atual foram medidos 200 minutos do serviço do lava car, multiplicado pelo custo em minuto tem-se como custo de mão de obra de lavagem manual no intervalo medido de R\$24,80. Com relação ao custo da energia elétrica, foi multiplicado a potência do equipamento utilizado na lavagem manual (2,2 kW) pela duração da utilização e a tarifa de energia, obtendo como custo total mensal o montante de R\$ 259,00. Estes valores podem ser observados na Tabela 29:

SITUAÇÃO ATUAL: LAVAGEM MANUAL PARA TODOS OS TIPOS DE VEÍCULOS		
Salário mensal do Funcionário	R\$	1.250,00
Tempo total de trabalho mensal		10.080 minutos
Custo do funcionário/ minuto	R\$	0,12
Tempo total de trabalho medido		200 minutos
Custo mão de obra no intervalo de tempo medido	R\$	24,80
Potência do equipamento de lavagem manual		2,2 kW
Consumo mensal do equipamento de lavagem manual		369,6 kW/h
Tarifa de energia para consumo mensal superior a 220 kWh (COPEL)		0,70076 R\$/kWh
Custo total mensal de energia elétrica	R\$	259,00

Tabela 29: Custos para lavagem manual

Fonte: Autoria Própria (2019)

Referente à primeira proposta de melhoria, que é a troca da lavagem manual para a lavagem automática para todos os tipos de veículo, será necessária a aquisição

da máquina que custa R\$40.000,00. Primeiro foi calculado o tempo total de trabalho mensal que é de 10.080 minutos, depois foi dividido o custo do equipamento por esse tempo e assim obtém-se o custo do equipamento por minuto que é de R\$ 3,97, assim o custo do equipamento no intervalo de tempo medido é de R\$765,87. Com relação ao custo da energia elétrica, foi multiplicado a potência do equipamento utilizado na lavagem automática (3,7 kW) pelo tempo de utilização e a tarifa de energia, obtendo como custo total mensal o valor de R\$ 435,59. Estes valores podem ser observados na Tabela 30:

PROPOSTA 1: LAVAGEM AUTOMÁTICA PARA TODOS OS TIPOS DE VEÍCULOS	
Custo equipamento	R\$ 40.000,00
Minutos de Funcionamento do Posto no mês	10.080 minutos
Duração do Atendimento por Lavagem Automática	3 min/veículo
Custo equipamento/ minuto	R\$ 3,97
Tempo total de trabalho medido	193 minutos
Custo do Equipamento no intervalo de tempo medido	R\$ 765,87
Potência do equipamento de lavagem automática	3,7 kW
Consumo mensal do equipamento de lavagem manual	621,6 kW/h
Tarifa de energia para consumo mensal superior a 220 kWh (COPEL)	0,70076 R\$/kWh
Custo total mensal de energia elétrica	R\$ 435,59

Tabela 30: Custos para lavagem automática

Fonte: Autoria Própria (2019)

Somente com estes valores não se pode comparar qual é a melhor das alternativas, pois analisando somente no curto prazo, o custo do equipamento que é de R\$40.000,00 equivale à 32 meses de pagamento para um funcionário que realiza lavagem manual, aparentemente não sendo vantajosa a automatização. Mas geralmente quando se propõe a automatização de um sistema, o proprietário tem a consciência de que o retorno não é imediato. Então para obter melhor consistência na comparação entre máquina e funcionário, a análise foi realizada no período de 10 anos, que é a vida útil da máquina de lavagem automática. Sendo assim a máquina custaria no total R\$40.000,00 durante os 10 anos, e o custo com 10 anos de salário de um funcionário seria o equivalente à R\$ 150.000,00, um valor quase 4 vezes superior ao do investimento no equipamento, a Tabela 31 ilustra a comparação:

COMPARAÇÃO MÁQUINA x FUNCIONÁRIO	
Custo de aquisição da máquina	R\$ 40.000,00 = 32 meses de pagamento para um funcionário
Vida útil da Máquina (10 anos)	R\$ 40.000,00 = R\$ 150.000,00 10 anos de pagamento para um funcionário

Tabela 31: Comparação do custo entre a máquina e o funcionário

Fonte: Autoria Própria (2019)

Outra comparação consistente que pode ser realizada neste caso é com relação

à capacidade total de cada tipo de atendimento, para isso foi dividido o tempo total de trabalho mensal (10.080 minutos) pelo tempo médio por lavagem de veículo, onde na manual foi de 9,5 minutos e na automática de 3 minutos, assim encontrou-se a capacidade mensal da lavagem manual (1.061 lavagens) e da lavagem automática (3.360 lavagens). Com estes valores encontrados, percebe-se que a capacidade da lavagem automatizada é 3 vezes maior que a capacidade da lavagem manual, ou seja enquanto a lavagem manual atende um veículo, nesse período de tempo a lavagem automatizada consegue atender o triplo de veículos.

COMPARAÇÃO ENTRE CAPACIDADES	
Tempo total de trabalho mensal	10.080 minutos
LAVAGEM MANUAL	
Tempo médio por lavagem de veículo	9,5 minutos
Capacidade de Lavagem Manual Mensal	1.061 lavagens
LAVAGEM AUTOMÁTICA	
Tempo médio por lavagem de veículo	3 minutos
Capacidade de Lavagem Automática Mensal	3.360 lavagens

Tabela 32: Comparação entre as capacidades da lavagem automática e manual

Fonte: Aatoria Própria (2019)

A segunda proposta de melhoria sugere que os veículos sejam divididos em duas filas, onde os veículos de porte pequeno são atendidos pela lavagem automática, e os de porte grande são atendidos pela lavagem manual. Neste caso não faz sentido a comparação entre os custos, pois será necessário a aquisição do equipamento para a automatização de parte do serviço, e também o pagamento para o funcionário que realiza a lavagem manual.

7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos dias de hoje, onde a competitividade é cada vez mais acirrada nos diferentes segmentos de mercado, incluindo os postos de combustíveis, a Teoria das Filas se apresenta como uma ferramenta para aprimorar o nível de serviço prestado ao cliente criando vantagem competitiva frente aos concorrentes.

O presente trabalho estudou a atual configuração utilizada no lava car do posto de combustíveis e também possíveis cenários que melhorariam o processo existente. Através dos cálculos e análises realizadas, pode-se concluir que a melhor opção para tornar o atendimento mais rápido, reduzindo o tamanho e o tempo de espera em fila é a automatização do serviço para todos os tipos de veículos, atendendo assim os objetivos iniciais definidos, os quais seriam a definição da organização de filas mais assertiva e o número de canais de atendimento para que o serviço prestado seja o melhor possível, sendo assim a Simulação de Monte Carlo e as Cadeias de Markov mostraram-se ferramentas adequadas para o desenvolvimento do presente estudo.

As dificuldades encontradas na realização deste trabalho se concentraram na

coleta de dados, e durante os cálculos utilizando a Simulação de Monte Carlo e as Cadeias de Markov devido ser o primeiro contato com o assunto, mas que com o auxílio do professor foram esclarecidas.

Para trabalhos futuros, caso o posto de combustíveis venha implementar um sistema automatizado para a lavagem de veículos, recomenda-se realizar um novo estudo com uma nova coleta de dados reais, para comparar se de fato, os resultados obtidos com a Teoria de Filas neste estudo são coerentes com o sistema na prática.

REFERÊNCIAS

- ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Anuário Estatístico 2018**. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2018> > Acesso em: 18. março. 2019.
- ARENALES, M. et al. **Pesquisa Operacional: para cursos de engenharia**. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier. 2007.
- BRUNS, de Rafael. et al. **Pesquisa Operacional: Uma Aplicação da Teoria das Filas a um Sistema de Atendimento**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Abepro, ENEGEP, 2001. Anais (on-line). Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR60_0158.pdf >. Acesso em: 20. abril. 2019.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. 9. ed. São Paulo: McGraw Hill, 2010.
- JACOBS, F. R.; CHASE, R.B. **Administração da Produção e Operações: O Essencial**. 1. ed. São Paulo: Bookman Editora, 2009.
- LIMA, Byanca Porto de. et al. **A Teoria das Filas como Ferramenta de Apoio para Análise de uma Empresa de Lava-rápido em Volta Redonda**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Abepro, 35, 2015, Fortaleza, CE. Anais (on-line). Rio de Janeiro: Abepro, 2015. Disponível em: <www.abepro.org.br/biblioteca/tn_stp_211_252_28194.pdf>. Acesso em: 05. abril. 2019.
- LOVELOCK, C.; WRIGHT, L. **Serviços: marketing e gestão**. São Paulo: Saraiva, 2002.
- MOODLE – UFSC. **Cadeias de Markov - Introdução**. Disponível em < <https://www.inf.ufsc.br/~andre.zibetti/probabilidade/cadeias-de-markov.html> > Acesso em: 21. março.2019.
- NEWELL, G. F. **Applications of Queueing Theory**. Chapman & Hall, London. 1982.
- OLIVEIRA, Francieli de Fátima de et al. **Análise de teoria das filas: sistema de filas de um serviço de pronto atendimento**. Anais da Engenharia de Produção / ISSN 2594-4657, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 37 - 46, aug. 2017. ISSN 2594-4657. Disponível em: <<https://uceff.edu.br/anais/index.php/engprod/article/view/88>>. Acesso em: 04. abril. 2019.
- PRADO, Darci Santos do. **Teoria das Filas e da Simulação**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, v. 2, 1999.
- PRADO, Darci Santos do. **Teoria das Filas e simulação**. Instituto de Desenvolvimento Gerencial. Série Pesquisa Operacional, 4 ed., Vol.2, 2009.
- REZENDE FILHO, Mauro et al. **Uma aplicação da teoria das filas com simulação com arena em uma empresa de serviços de lavagem automotiva**. In: Congresso de Simulação e Otimização

do Sul – UPF, 1, 2016, Passo Fundo, RS. Anais (on-line). Passo Fundo: UPF, 2016. Disponível em: <http://www.consosul.upf.br/images/anais2016/4_Mauro_Rezende.pdf>. Acesso em: 05. abril. 2019.

SANTOS, Maurício dos. **Apostila de Pesquisa Operacional da Universidade Estadual do Rio de Janeiro** (UERJ), R. J., Brasil, 2003

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

PINTO, Ângelo Santos. **Aplicação da Teoria de Filas na Análise da Capacidade Operacional de um Sistema – Estudo Caso BCA Porto Novo**. Instituto de Ciências Econômicas e Empresariais. Licenciatura em contabilidade de administração – Ramo: Administração e Controle Financeiro. Mindelo Junho de 2011. Disponível em: <<http://www.portaldoconhecimento.gov.cv/bitstream/10961/497/2/Trabalho%20Fim%20de%20Curso.pdf>>. Acesse em: 21.Abril.2019

SOBRE A ORGANIZADORA

Jaqueline Fonseca Rodrigues – Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PPGE/UTFPR; Especialista em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PPGE/UTFPR; Bacharel em Ciências Econômicas pela Universidade Estadual de Ponta Grossa, UEPG; Professora Universitária em Cursos de Graduação e Pós-Graduação, atuando na área há 15 anos; Professora Formadora de Cursos de Administração e Gestão Pública na Graduação e Pós-Graduação na modalidade EAD; Professora-autora do livro “Planejamento e Gestão Estratégica” - IFPR - e-tec – 2013 e do livro “Gestão de Cadeias de Valor (SCM)” - IFPR - e-tec – 2017; Organizadora dos Livros: “Elementos da Economia – vol. 1 - (2018)”; “Conhecimento na Regulação no Brasil – (2019)” e “Elementos da Economia – vol. 2 - (2019)” – “Inovação, Gestão e Sustentabilidade – vol. 1 e vol. 2 – (2019)” pela ATENA EDITORA e Perita Judicial na Justiça Estadual na cidade de Ponta Grossa – Pr.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço 94, 95, 101, 102, 103, 105

Análise Fatorial 3, 7, 10, 12, 13, 15, 208, 209, 211, 212, 213

ARIMA 94, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104

Assistência Social 90, 208, 209, 210, 213, 214, 220, 221

Autoavaliação 106, 107, 115, 116

B

Bases Matemática 173

C

Cadeia de Markov 18, 74, 82

Capacidade 18, 20, 47, 49, 66, 71, 73, 79, 80, 87, 95, 100, 101, 112, 122, 125, 126, 161, 185, 203, 239

Capdo 63, 70

Ciclo PDCA 53, 109, 254, 255, 257, 258, 260, 263

Cooperativa de Crédito 1, 3, 4, 6

Custos 45, 46, 47, 64, 65, 66, 70, 84, 86, 108, 111, 117, 121, 122, 123, 124, 128, 131, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 184, 195, 225

D

Despesas 147, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 243

E

Economia 3, 4, 16, 51, 84, 105, 115, 147, 208, 209, 210, 214, 218, 220, 237, 238, 239, 240, 242, 243, 251, 252, 266

Eficiência Energética 50, 51, 52, 62

Embalagem 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 259, 264

Engenharia 1, 48, 52, 71, 84, 93, 146, 171, 173, 174, 175, 177, 182, 266, 267, 268

Equipamentos 53, 54, 55, 94, 111, 118, 149, 194, 195, 196, 199, 200, 201, 204, 207, 228, 230, 258, 260, 261, 263, 265

Ergonomia 160, 161, 171

Estacionamento 9, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 82, 83

Estatística Multivariada 7, 10, 17, 208, 219, 221

Eventos Discretos 183, 185, 193

F

Fast Food 222, 223, 224, 225, 226, 227, 229, 232, 234

Ferramentas da qualidade 59, 64, 65, 66, 108, 109, 194, 196, 198, 201, 206, 254, 255, 258, 260, 262, 263

G

Geogebra 173, 174, 175, 176, 179, 180, 181

Gestão da Qualidade 65, 70, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 195, 207, 254, 255, 256, 257, 258, 264

Gestão de Projetos 119, 120, 121, 126, 131

I

ISO 50001 50, 51, 52, 58, 61, 62

L

Lava Car 18, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 31, 32, 35, 37, 45, 47

Levantamento 67, 68, 117, 127, 160, 161, 163, 167, 168, 169, 170, 173, 181, 196, 198, 200, 201, 202

M

Manuseio de Cargas 160, 161, 171

Marinha do Brasil 84, 86, 90, 93

Maturidade em Gerenciamento de Projetos 119, 120, 125, 126, 127, 129, 131, 132

Medição 50, 52, 53, 54, 79, 80, 108, 194, 199, 200, 201, 202, 204, 233, 241

Melhoria 24, 33, 45, 47, 50, 51, 52, 58, 59, 64, 65, 69, 70, 71, 72, 80, 81, 82, 106, 108, 109, 110, 111, 112, 116, 118, 131, 162, 198, 200, 222, 223, 234, 254, 257

N

Não Conformidades 106, 107, 109, 115, 116, 117, 254, 255, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265

NBR ISO 9001:2015 106, 107, 111, 112, 113, 115, 116, 117

NCSS 9, 238, 239, 240, 243, 244, 251, 252

NIOSH 160, 161, 162, 163, 164, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172

P

PMBOK 119, 120, 125, 126, 127, 128, 131, 132

Previsão 94, 95, 96, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 183, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253

Previsão de Demanda 105, 239, 240, 241, 243, 253

Problema do Caixeiro Viajante (PCV) 84, 86, 89

Processos 20, 51, 52, 64, 65, 66, 70, 73, 84, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 116, 117, 118, 121, 123, 124, 126, 127, 148, 185, 195, 196, 198, 199, 207, 222, 223, 225, 226, 230, 234, 239, 241, 252, 254, 255, 256, 258

Q

Qualidade 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 16, 17, 42, 45, 52, 59, 63, 64, 65, 66, 69, 70, 87, 99, 102, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 148, 161, 168, 184, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 204, 206, 207, 223, 224, 225, 227, 228, 230, 232, 233, 254, 255, 256, 257, 258, 260, 262, 263, 264, 265

R

Rotomoldagem 50, 52, 53, 58, 59, 60, 62

RULA 160, 161, 162, 163, 164, 166, 167, 169, 170, 171

S

Semiose 173

Serviço 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 37, 45, 47, 48, 64, 73, 87, 112, 122, 125, 128, 184, 186, 187, 189, 199, 223, 225, 226, 228, 255, 256, 258, 260, 263

Simulação 18, 19, 23, 24, 26, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 47, 48, 57, 67, 73, 79, 83, 93, 183, 185, 187, 188, 190, 192, 193, 242

Simulação de Monte Carlo 18, 19, 23, 47, 48, 73

Sistema de Controle 147, 152, 153, 155, 156, 158, 258

Sistema de Gestão da Qualidade 106, 107, 108, 111, 112, 115, 116, 117, 118

Sistema Produtivo 222, 223, 224, 226

Sistemas de Atendimento 183

T

Tendência 96, 99, 102, 187, 198, 203, 220, 238, 239, 240, 244, 245, 247, 248, 251, 257

Teoria da Filas 183

Teoria dos Grafos 84, 85

TIC 173

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-611-9

