

**MELHORIA DO NÍVEL DE SERVIÇO DE UMA EMPRESA DE LAVAGEM DE  
AUTOMÓVEIS UTILIZANDO TEORIA DAS FILAS E SIMULAÇÃO  
COMPUTACIONAL**

*IMPROVING THE SERVICE LEVEL OF A CAR WASH COMPANY USING QUEUING THEORY  
AND COMPUTER SIMULATION*

Jéssica Maria Damião de Arruda Câmara  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
jessicacamara.eq@gmail.com

Rayla Ingrid Tomaz da Silva  
Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
raylat127@gmail.com

Adeliane Marques Soares  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
adelianeengpro@gmail.com

Aprovado em 06/2025

**Resumo**

Melhorar processos em empresas de serviços é uma necessidade contínua, sendo um dos pontos críticos a formação de filas nas atividades, as quais podem acarretar transtornos e prejuízos econômicos. Essa pesquisa tem como objetivo avaliar as atividades de uma lavadora de automóveis em relação à formação de filas. Será utilizada a simulação computacional com o software FlexSim® para auxiliar na identificação de problemas e análise de soluções alternativas. Trata-se de uma pesquisa qualitativa-quantitativa, descritiva e aplicada, baseada na sequência de passos para construção de um modelo computacional: concepção, implementação e análise. Os resultados evidenciam dois problemas: a perda de clientes e a alta rotatividade de funcionários. Assim, foram propostas duas alternativas. Uma, consiste na implementação de mais uma estação de trabalho, devido a capacidade operacional. A segunda, foca no gerenciamento da demanda, adotando medidas administrativas. Ambas as soluções mostraram redução de mais de 50% no tempo total da operação.

**Palavras-chave:** Setor de Serviços. Filas. Simulação Computacional. Lava-jato.

## Abstract

*Improving processes in service companies is a continuous need, with one of the critical points being the formation of queues in activities, which can cause disruption and economic losses. This research aims to evaluate the activities of a car wash in relation to the formation of queues. Computer simulation will be used with FlexSim® software to assist in identifying problems and analyzing alternative solutions. This is qualitative-quantitative, descriptive and applied research, based on the sequence of steps for building a computational model: design, implementation and analysis. The results highlight two problems: the loss of customers and high employee turnover. Therefore, two alternatives were proposed. One consists of implementing another workstation, due to operational capacity. The second focuses on managing demand, adopting administrative measures. Both solutions showed a reduction of more than 50% in total operation time.*

**Keywords:** Services Sector. Queues. Computational Simulation. Car wash.

<http://periodicos.unifacef.com.br/index.php/rea>

## 1 INTRODUÇÃO

Em um ambiente dinâmico, marcado pelo aumento da competitividade e mudanças constantes na tecnologia, torna-se primordial que as organizações busquem novas técnicas para melhorar a qualidade dos serviços oferecidos. Em adição, as empresas também enfrentam uma mudança de hábito dos consumidores que se tornaram mais exigentes, passando a requisitar economia, serviço de excelência e uma experiência positiva, que se adeque à sua rotina (Contador, 2019; Ribeiro, Fernandes e Nogueira, 2019; Júnior et al., 2015).

Diante disso, percebe-se que um serviço de qualidade é estruturado por um conjunto de benefícios implícitos e explícitos, os quais são oferecidos dentro de uma instalação de suporte e a partir de bens facilitadores. Logo, tais fatores devem ser controlados e gerenciados para garantir um sistema de atendimento eficiente e eficaz. Isso exige que as organizações foquem na melhoria contínua através da flexibilidade dos serviços, eliminação de desperdícios e melhora do tempo de atendimento (Sartori et al., 2020; Fitzsimmons; Fitzsimmons, 2014; Fullerton; Kennedy; Widener, 2014).

O setor de serviços enfrenta grandes desafios ligados, principalmente, a uma demanda de comportamento aleatório. Isso exige que sejam adotadas ações administrativas voltadas para o gerenciamento da demanda e da capacidade produtiva, de modo a obter o melhor aproveitamento dos recursos (Andrade et al., 2020; Mataczinski, 2020; Neves; Lima, 2019).

Dentro desse contexto, um dos principais problemas enfrentados pelas organizações de serviços é a formação de filas. Mesmo configurando-se como um fenômeno natural

da sociedade, as filas refletem em transtornos e prejuízos econômicos, uma vez que pode acarretar demanda reprimida para a organização (Lacerda et al., 2021).

Como consequência, é importante que os processos sejam continuamente analisados com o propósito de identificar problemas de desempenho e oportunidades de melhoria. Assim, diante das adversidades enfrentadas e da alta competitividade, a simulação computacional apresenta-se como uma alternativa e uma ferramenta indispensável para analisar o desempenho, buscar formas mais eficientes de operação e comparar mudanças e melhorias (Andrade et al., 2023; Lachenmaier; Lasi; Kemper, 2017).

O estudo e gerenciamento da formação de filas é primordial para todas as empresas que almejam atender satisfatoriamente seus clientes com o melhor custo-benefício. Desta forma, os serviços ofertados por uma organização de lavagem de veículos não são diferentes, suas atividades devem ser gerenciadas para atender a demanda de forma eficiente. Com base nisso, esse trabalho tem como objetivo modelar e simular, através do software FlexSim®, o processo de lavagem de carros de uma empresa situada na cidade de Natal/RN, de modo a apresentar satisfatoriamente as características da operação. Em adição, propõe-se identificar os gargalos que contribuem para a formação de filas e os longos períodos de permanência dos clientes no sistema. E, a partir da análise dos resultados, sugerir propostas de melhoria, de acordo com a realidade organizacional, para melhorar o sistema de atendimento e a satisfação dos clientes.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Teoria das Filas**

A realidade de muitos estabelecimentos prestadores de serviços é a situação de espera em filas enfrentadas pelos seus clientes. Entretanto, apesar de comum, esse é um sintoma de um processo ineficiente, em que a demanda é maior do que a capacidade de atendimento. Em contrapartida, também é inviável dimensionar um sistema de forma que as filas sejam extintas. Assim, é necessário encontrar um ponto de equilíbrio para o processo, de modo que existe uma boa relação de custo-benefício (Felix; Peixoto; Edwiges, 2023; Camelo et al., 2010).

Isso se faz necessário, pois o atendimento é o principal fator de competitividade entre as empresas. Com a crescente concorrência e o aumento da exigência dos clientes, a qualidade no atendimento está diretamente ligada à aceitação e fidelização de uma marca ou sua rejeição. Assim, para conseguir uma posição de destaque no mercado, é preciso atender às especificações dos clientes, minimizar os erros e agilizar os processos (Coimbra; Pereira; Papandrea, 2023; Kotler; Keller, 2012).

Diante disso, torna-se imprescindível a análise de ocorrência de filas através de modelos matemáticos, de modo que instalações, equipamentos e infraestrutura possam ser dimensionados para otimizar o sistema. Logo, pode-se afirmar que a teoria das filas estuda e analisa sistemas em que possui elementos que querem/precisam ser

atendidos por um posto de serviço e devem esperar até que esse posto esteja livre (Hillier; Lieberman, 2013; Andrade, 2015).

Portanto, o estudo das filas analisa o desempenho de um sistema de atendimento, através de indicadores como o tempo média de espera e o tempo médio de atendimento. Seu principal objetivo é minimizar o tempo de espera de modo a garantir a satisfação dos clientes (Taha, 2013; Doile, 2010). Para que isso seja possível, é primordial o conhecimento de componentes básicos do sistema estudado, os quais são mostrados no Quadro 01.

Quadro 01: Componentes de um sistema de filas.

Modelo de chegada	É especificado como o tempo entregue chegadas sucessivas dos clientes.
Modelo de atendimento	É expresso como a distribuição do tempo gasto em cada atendimento.
Número de canais disponíveis	Refere-se ao número de atendentes simultaneamente prestando o serviço.
Capacidade de atendimento	É o número máximo de clientes no estabelecimento, tanto os que estão em atendimento quanto os que estão na fila.
Disciplina da fila	É o conjunto de regras que determina a ordem de atendimento: FIFO (first in first out), LIFO (last in first out), SIRO (served in random order), PRI (priority).

Fonte: Andrade (2015).

O conhecimento desses elementos permite uma avaliação e análise do comportamento atual do sistema. Além disso, possibilita o planejamento de situações futuras, de modo a melhorar o desempenho do processo estudado (Da Silva et al., 2021).

## 2.2 Modelagem e Simulação

Uma das formas de facilitar a resolução dos problemas enfrentados pelas empresas é a utilização de modelagem e simulação computacional. Isso deve-se ao fato de que essas ferramentas desempenham um papel importante na obtenção de resultados mais precisos, uma vez que tem como foco a replicação da realidade em um ambiente computacional. Além disso, a técnica de simulação pode mostrar o estado atual do processo, gargalos e recursos ociosos (Andrade et al., 2020; Zhu et al., 2014; Shannon, 1975).

Ao avaliar e analisar sistemas reais, a simulação fornece informações importantes aos gestores, o que a configura como uma importante ferramenta para a visualização de melhorias. Isso permite sua utilização no planejamento de operações, tomadas de decisão e otimização de recursos e processos (Vijayan et al., 2020; Rodrigues et al., 2019).

Desta forma, a simulação consiste na modelagem de um processo, de modo que este imite as respostas do sistema real. Isso permite que a simulação seja utilizada para identificar problemas, realizar testes e construir hipóteses sem que o sistema seja alterado. Assim, as consequências da tomada de decisão são exploradas, os efeitos das

mudanças são inferidos, sem incorrer em grandes custos e riscos para o processo (Russel et al., 2020; Freitas Filho, 2008).

Para que um projeto de simulação consiga atingir os objetivos propostos deve-se seguir uma sequência de passos, com o propósito de apresentar uma maior eficiência nos resultados. Montevechi et al. (2010) sugere que três fases, e suas respectivas subfases, sejam desenvolvidas, conforme apresentado no Quadro 02.

Quadro 02: Etapas do modelo de simulação.

Fase	Descrição	Subfase	Descrição
Concepção	Deve-se entender o sistema a ser simulado, seus objetivos e escopo do estudo. Para isso, deve definir o nível de detalhamento, as hipóteses estudadas e coletar os dados necessários.	Objetivo e definição do sistema	Caracterizar os objetivos do projeto e delimitar a área de estudo.
		Construção do modelo conceitual	Deve-se colocar no papel, utilizando a técnica adequada ao projeto, a representação do sistema estudado.
		Validação do modelo conceitual	Determinar se as suposições e teorias do modelo conceitual estão adequadas.
		Documentação do modelo conceitual	Uma vez validado, o modelo deve ser documentado para consultas futuras.
		Modelagem dos dados de entrada	Os dados devem ser coletados e tratados estatisticamente.
Implementação	O modelo conceitual deve ser transformado em um modelo computacional e verificado, para determinar sua execução de acordo com o planejado.	Construção do modelo computacional	O modelo conceitual deve ser convertido em um modelo computacional, através do software escolhido.
		Verificação do modelo computacional	Garantir que o modelo criado esteja correto e não apresenta nenhuma inconsistência.
		Validação do modelo computacional	Determinar se o modelo representa com precisão suficiente o sistema real.
Análise	O modelo será executado para obtenção de resultados importantes e, além disso, poderão ser realizados experimentos para sugerir recomendações.	Definição do projeto experimental	O modelo pode ser testado e experimentos podem ser executados para avaliá-lo. Cenários a serem simulados devem ser definidos, de acordo com as respectivas alterações a serem testadas.
		Execução dos experimentos	Os cenários escolhidos são simulados, coletando informações que serão analisadas e estudadas.
		Análise estatística	Os resultados gerados devem ser tratados estatisticamente para permitir sua análise e a melhor tomada de decisão.
		Conclusões e recomendações	A partir das análises, deve-se sintetizar as conclusões do projeto.

### 3METODOLOGIA

Esta pesquisa é enquadrada como descritiva, no que se refere aos seus propósitos metodológicos, uma vez que visa descrever e simular as características de um serviço de lavagem de carros. Além disso, busca compreender as relações e as variáveis que provocam um longo tempo de espera dos clientes. Quanto a natureza dos resultados, têm-se uma pesquisa aplicada, visto que foram aplicados conhecimentos consolidados para a resolução de problemas na organização estudada. Por fim, no que se refere a abordagem do problema, têm-se uma classificação qualitativa-quantitativa. Isso se deve ao fato da utilização de análises estatísticas para confirmar os resultados e as análises obtidas, como também da aplicação de informações acerca do fenômeno, coletadas através de observações e interpretações do ambiente (Ganga, 2011; Martins, 2010).

Os procedimentos metodológicos foram divididos em quatro partes: levantamento teórico, concepção, implementação e análise dos resultados. A primeira fase foi utilizada para desenvolver os conceitos sobre o uso da simulação computacional e teoria das filas na melhoria dos serviços de atendimento e, conseqüente, satisfação do cliente. As demais etapas foram baseadas nas fases de simulação propostas por Montevechi et al. (2010).

A segunda fase é dividida em cinco subfases, conforme mostrado no Quadro 03. Inicialmente foi definido como objetivo do projeto a avaliação da situação atual de um processo de lavagem de carros e, conseqüente identificação de gargalos. Para a construção do modelo conceitual, foram utilizadas as ferramentas do fluxograma e mapofluxograma, com o propósito de visualizar todas as etapas e restrições do sistema. Posteriormente, o modelo foi validado e documentado para consultas futuras. Por fim, os dados do sistema foram coletados e tratados estatisticamente.

Quadro 03: Subfases da etapa de concepção.

Fase	Subfase	Ação
Concepção	Objetivo e definição do sistema	Definir o objetivo e escopo do estudo, estabelecendo suas limitações.
	Construção do modelo conceitual	Estabelecer as etapas do processo e mapeá-lo através do fluxograma e mapofluxograma.
	Validação do modelo conceitual	Validar o sistema modelado através de reunião com o gestor.
	Documentação do modelo conceitual	Documentar e salvar os arquivos gerados na modelagem.
	Modelagem dos dados de entrada	Coletar, através de cronometragem, e realizar o tratamento estatístico dos dados de entrada do sistema.

Fonte: Os autores (2024).

Deve-se destacar que a coleta de dados foi realizada em uma lava-jato localizado na cidade de Natal/RN, no sábado entre 7h50 e 18h. A definição do dia da semana e horário adequados foi baseada em informações coletadas com o gestor, o qual indicou qual o momento que ocorria a maior formação de filas no estabelecimento. As variáveis coletadas foram o horário de chegada do cliente na organização e o tempo de atendimento de cada atividade para que o processo de lavagem fosse executado.

A fase de implementação é fracionada em três subfases, como mostrado no Quadro 04. Para a sua concretização, o modelo conceitual foi convertido em um modelo computacional, através do software FlexSim®. A escolha dessa ferramenta ocorreu pela sua versatilidade ao dispor de técnicas de manipulação de dados para modelar os mais variados tipos de sistemas. Além disso, sua utilização é facilitada pela disposição de funções pré-definidas, as quais podem ser ajustadas segundo parâmetros do sistema e interligadas para a criação do fluxo do processo (Amaral, 2018; Zhu et al., 2014). Posteriormente, o sistema real simulado no software foi verificado e validado.

Quadro 04: Subfases da etapa de implementação.

Fase	Subfase	Ação
Implementação	Construção do modelo computacional	Simular o modelo conceitual através do software FlexSim®.
	Verificação do modelo computacional	Verificar inconsistências e possíveis erros na simulação.
	Validação do modelo computacional	Validar através de comparação entre o observado <i>in loco</i> e o simulado.

Fonte: Os autores (2024).

Por fim, a última etapa consistiu em quatro subfases, como mostrado no Quadro 05. A primeira subfase exigiu a elaboração de cenários, nos quais foram sugeridas alterações ao sistema real, para realização de experimentos e testes de possíveis melhorias ao processo. Com a simulação desses cenários alternativos, os resultados foram coletados e analisados estatisticamente para a formulação de conclusões e recomendações.

Quadro 05: Subfases da etapa de análise.

Fase	Subfase	Ação
Análise	Definição do projeto experimental	Definir alterações no sistema para elaboração de cenários a serem estudados.
	Execução dos experimentos	Simular os cenários hipotéticos selecionados.
	Análise estatística	Analisar estatisticamente os ganhos obtidos nos cenários, principalmente, relacionados a redução no tempo de espera.
	Conclusões e recomendações	Relatar os resultados e sugerir modificações com o propósito de melhorar o processo.

Fonte: Os autores (2024).



---

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A empresa estudada foi fundada em agosto de 2023 na cidade de Natal/RN. Ela iniciou suas atividades no ramo de lavagem de carros e motos com o propósito de oferecer um serviço diferenciado. Em pouco tempo a organização ganhou a atenção dos clientes, devido a diversidade de serviços oferecidos e ao horário de atendimento ampliado, funcionando de 8h até 22h de segunda a sábado. Em adição, a empresa está localizada em um dos bairros nobres da cidade, atraindo um público fiel e elitizado.

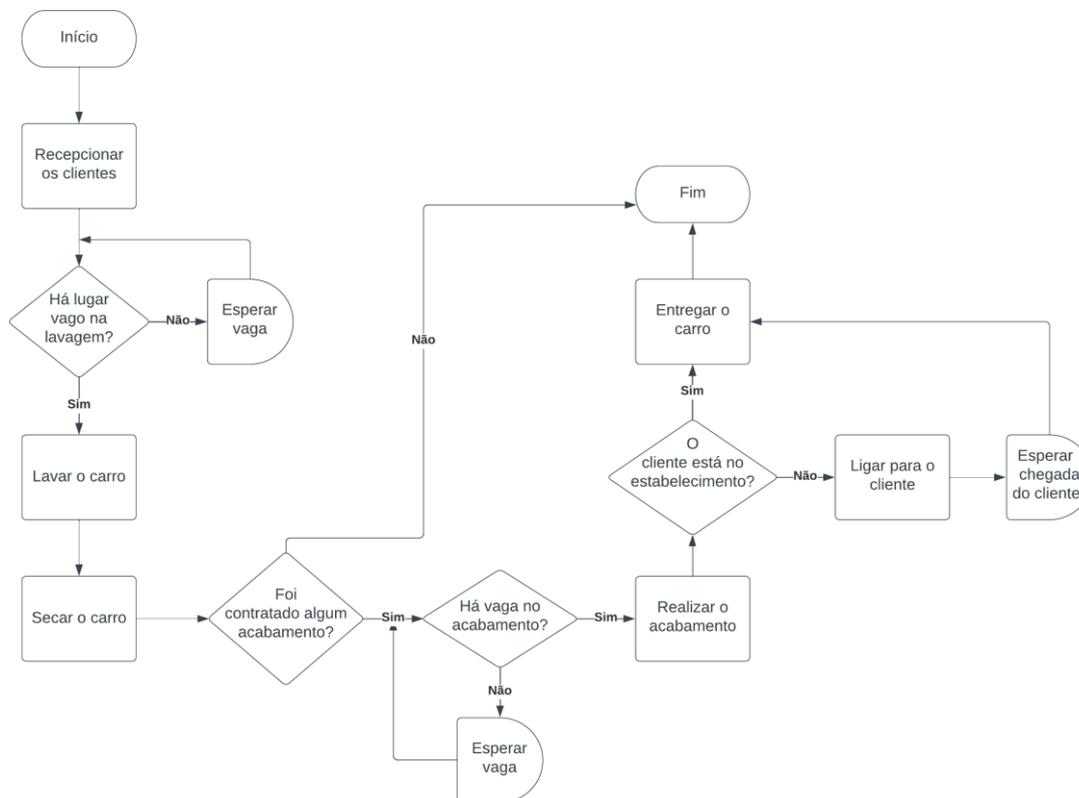
Além da lavagem simples, a empresa oferece uma ampla cartela de opcionais para se adequar à necessidade de todos os seus clientes. Assim, é posto à disposição de seus consumidores diferentes serviços, como: higienização interna, lavagem do motor, polimento da pintura e faróis. Para isso, a organização conta com um quadro de funcionários composto pela gerente-proprietário e seis funcionários polivalentes, que são treinados para desempenhar qualquer uma das atividades requisitadas.

Desta forma, diante da simplicidade da organização estudada, estabeleceu-se como limite para essa pesquisa todo o campo de atuação da empresa e todas as suas atividades. Portanto, o objetivo desse projeto é modelar o sistema atual de lavagem de automóveis, com foco na determinação do tempo de espera e tempo de atendimento, identificação dos gargalos do processo e definição de proposta para melhoria da satisfação dos clientes.

Entretanto, antes da elaboração da simulação, faz-se necessário a criação de um modelo conceitual para definição dos detalhes do processo e a compreensão do contexto em que o processo está inserido dentro da empresa. Para isso, como ferramenta de suporte à simulação, é primordial a escolha de ferramentas de mapeamento de processos para o auxílio na construção do modelo conceitual (Leal; Almeida; Montevechi, 2008).

Como mostrado na Figura 01, o processo é iniciado com a recepção de clientes. Nesse momento, o consumidor deverá indicar o serviço desejado e é feita uma vistoria no automóvel, juntamente com um vídeo, que será enviado para o cliente no contato informado. Posteriormente, é verificado se há vaga na estação de lavagem. Se houver vaga, o carro/moto é direcionado para essa atividade, caso não haja, é preciso esperar, indicando a primeira formação de fila no sistema. Logo após a atividade de lavagem, deve acontecer a secagem. Para essa tarefa não deve ocorrer espera, pois a secagem natural do carro pode gerar manchas na pintura, provocando a redução da qualidade do serviço e possíveis retrabalhos. Caso o cliente tenha contratado algum serviço de acabamento, deve ser verificado a existência de vaga nessa estação, fase em que há a formação de uma segunda fila no sistema. Finalizado essa tarefa, o automóvel é entregue ao cliente, o qual pode se encontrar no estabelecimento ou não. Nesse caso, há a necessidade de um contato telefônico para informar o fim do serviço e, assim, terminar o processo.

Figura 01: Fluxograma do processo de lavagem de automóveis.

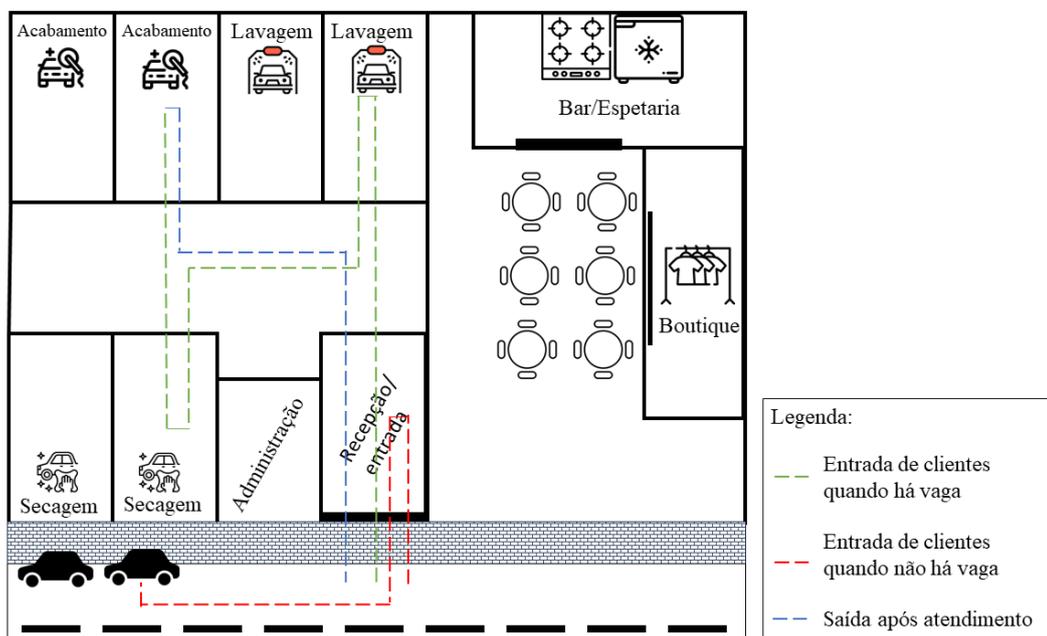


Fonte: Os autores (2024).

Ademais, foi desenvolvido o mapofluxograma do processo (Figura 02), para mostrar como ocorre o fluxo dos elementos do sistema. Observa-se que existem duas estações para as atividades de lavagem, secagem e acabamento e uma estação para a atividade de recepção, que é localizada próxima a área da administração. Esse layout torna-se conveniente, uma vez que o gerente-proprietário é o que desempenha a função de recepcionar os clientes. Essa ferramenta, foi utilizada, pois permite identificar o número de canais disponível, dois para cada atividade, com exceção da recepção. Além disso, observa-se que a capacidade de atendimento do sistema pode ser considerada infinita, uma vez que a formação das filas acontece fora do estabelecimento, e a disciplina da fila corresponde ao sistema FIFO (First In First Out). No layout da organização, também há um bar/espeteria e uma boutique de roupas masculinas, indicando que o objetivo é proporcionar uma área atrativa de espera para os clientes.

Após validação e documentação do modelo conceitual, procedeu-se a coleta de dados. Os tempos de atendimento de cada uma das atividades foram cronometrados, juntamente com o intervalo de chegada entre clientes. Foi realizada a retirada dos outliers, através do método do quartil, uma vez que indicavam comportamentos atípicos do processo (LYRA, 2014).

Figura 02: Mapofluxograma do sistema estudado.



Fonte: Os autores (2024).

Em seguida, foi definida a distribuição de probabilidade que mais se ajusta aos dados coletados. Essa etapa foi realizada juntamente com a aplicação do teste de aderência Kolmogorov-Smirnov, com o propósito de determinar a qualidade da distribuição escolhida. A distribuição, o índice de ajustamento e os parâmetros do modelo, juntamente com a equação associada, podem ser observados na Tabela 01.

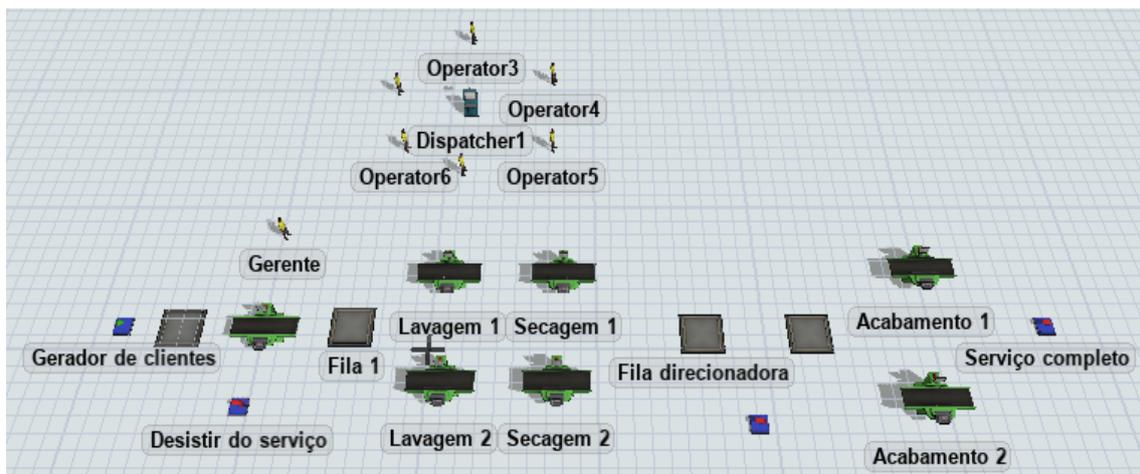
Tabela 01: Distribuição de probabilidade para o conjunto de dados.

Atividade	Distribuição	Índice de ajustamento	Equação
Intervalo de Chegada	Gamma	0,9531	$\text{gamma}(0.88754, 1.5238, 5.585, \langle \text{stream} \rangle)$
Tempo de Atendimento – Recepção	Johnson SB	0,9787	$\text{johansonbounded}(3.4566, 2.3846, 18.602, 0.5812, \langle \text{stream} \rangle)$
Tempo de Atendimento – Lavagem	Normal	0,9781	$\text{normal}(12.068, 36.197, \langle \text{stream} \rangle)$
Tempo de Atendimento – Secagem	Johnson SB	0,9635	$\text{johansonbounded}(0.56263, 1.0508, 7.075, 5.0903, \langle \text{stream} \rangle)$
Tempo de Atendimento – Acabamento	Weibull	0,9844	$\text{weibull}(1.3158, 32.574, 28.709, \langle \text{stream} \rangle)$

Fonte: Os autores (2024).

A construção do modelo computacional (Figura 03), no software FlexSim®, prezou para que fosse conseguido uma boa aproximação da realizada, porém, sem obter um excesso de complexidade, de forma a dificultar o entendimento e a experimentação (MARIA, 1997). Para isso, foram utilizados como elementos: um source, onde é atribuído o intervalo de chegada; sete processadores, referentes as atividades de recepção, lavagem, secagem e acabamento; três sinks, que finalizam o fluxo do processo; um dispatcher, para coordenar as atividades dos funcionários, representados por sete operadores. Além disso, o modelo utilizou quatro queues. A primeira fila, após o source, foi utilizada para direcionar para o sink os clientes que desistiam de entrar na organização após obter a informação do tempo estimado de espera, representando 24% das chegadas. Também foi necessária uma fila direcionadora antes da fila de acabamento, para encerrar o fluxo do processo dos clientes que não contratavam serviços adicionais a limpeza simples, representando 29,4% dos consumidores. Desta forma, apenas dois elementos queue de fato representavam tempo de espera no sistema: antes da lavagem e antes do acabamento.

Figura 03: Modelo computacional no software FlexSim® do sistema estudado.



Fonte: Os autores (2024).

O tempo de execução (Run Time) foi determinado para 10 horas de simulação ou 600 minutos. Esse valor foi determinado de acordo com o tempo de coleta de dados, uma vez que corresponde à faixa de tempo é que há maior demanda no estabelecimento.

O procedimento de verificação e validação ocorreu através da identificação de erros e inconsistências na simulação. Além disso, também foi realizada a comparação entre o modelo simulado e o observado in loco. Desta forma, foram feitas alterações até que fosse atendido as características do sistema real.

Para obter uma maior precisão dos resultados, foi calculado um quantitativo de 19 repetições necessárias para obter um grau de confiança de 95% para um erro padrão de 15 minutos na variável tempo no sistema, que compreende o tempo total de atendimento e o tempo de espera na fila. Com isso, obteve-se o resultado da média de

todas as repetições para as principais variáveis do sistema. A Tabela 02 mostra a média das variáveis relacionadas às filas antes da lavagem e antes do acabamento.

Tabela 02: Variáveis da fila para o cenário atual da organização.

Variável	Fila antes da lavagem	Fila antes do acabamento
Número médio na fila	4,76	1,96
Número máximo na fila	11	5
Número mínimo na fila	0,00	0,00
Tempo médio na fila	59,41 min	38,19 min
Tempo máximo na fila	116,67 min	98,17 min
Tempo mínimo na fila	0,10 min	0,01 min

Fonte: Os autores (2024).

Percebe-se que ambas a fila possuem um alto tempo médio de permanência. Além disso, mesmo a fila antes do acabamento possuindo aproximadamente metade do número de clientes do que a fila antes da lavagem, o seu tempo de espera é consideravelmente alto. Assim, para complementar a análise, faz-se necessário analisar as variáveis relacionadas ao tempo de atendimento (Tabela 03).

Tabela 03: Tempos de atendimento para o cenário atual da organização.

Operação	Tempo médio (min)
Sistema	171,28
Recepção	3,46
Lavagem 1	25,05
Lavagem 2	24,51
Secagem 1	5,69
Secagem 2	5,86
Acabamento 1	33,61
Acabamento 2	45,70

Fonte: Os autores (2024).

Logo, constata-se que a atividade de acabamento é a operação com maior tempo médio de atendimento. Com isso, pode-se concluir que esse é o fato determinante para os longos tempos de espera na fila. Mesmo não havendo uma grande quantidade de automóveis solicitando este serviço, a falta de espaço disponível gera a necessidade de espera. Para complementar a análise, também é necessário analisar a taxa de utilização dos funcionários (Tabela 04), uma vez que eles são polivalentes, podendo ser alocados a qualquer atividade.

Portanto, pode-se verificar que sistema apresenta três pontos críticos. O primeiro está relacionado ao longo tempo médio no sistema (aproximadamente 3 horas), o que gera insatisfação dos clientes e, por consequência, gera algumas desistências. O segundo refere-se à atividade de acabamento, que é o gargalo do processo. Por fim, a alta taxa

de utilização dos funcionários gera descontentamento dos colaboradores e, conseqüente, pedidos de demissão.

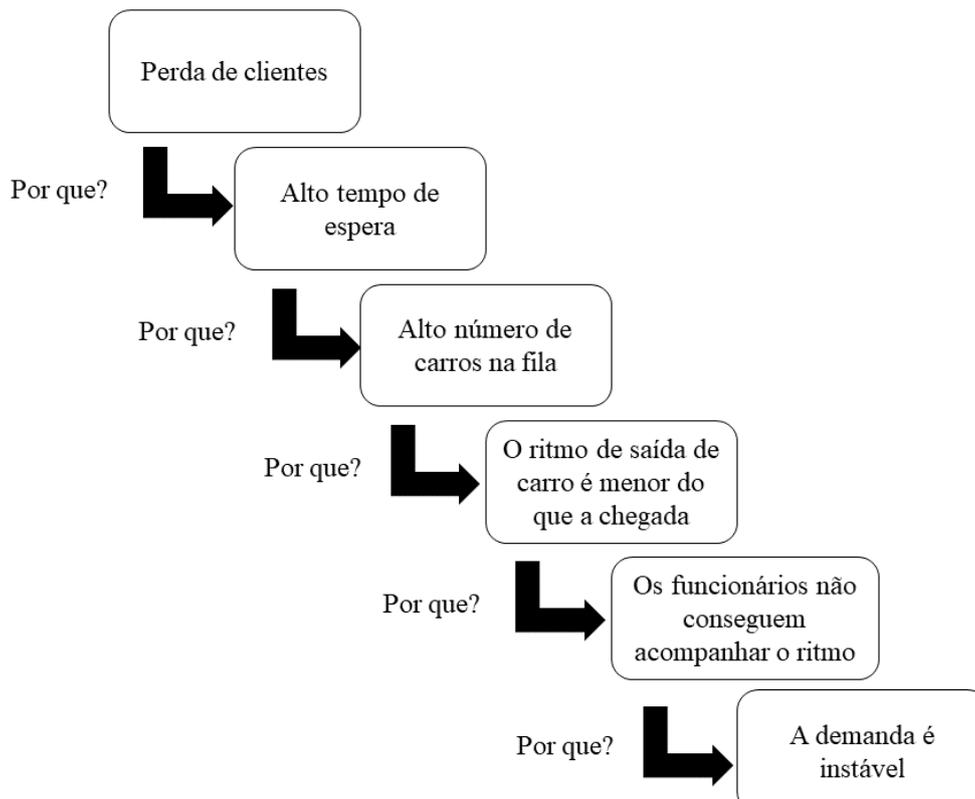
Tabela 04: Taxa de utilização para o cenário atual da organização.

Operador	Taxa de utilização
Gerente	29,27%
Funcionário 1	82,00%
Funcionário 2	92,66%
Funcionário 3	82,07%
Funcionário 4	79,91%
Funcionário 5	76,66%
Funcionário 6	88,48%

Fonte: Os autores (2024).

Com isso, a organização enfrenta dois problemas principais: a perda de clientes e a alta rotatividade de funcionários. À vista disso, foi necessário o uso da ferramenta da qualidade os 5 porquês para identificação das causas-raízes.

Figura 04: Ferramenta 5 porquês para o problema de perda de clientes.

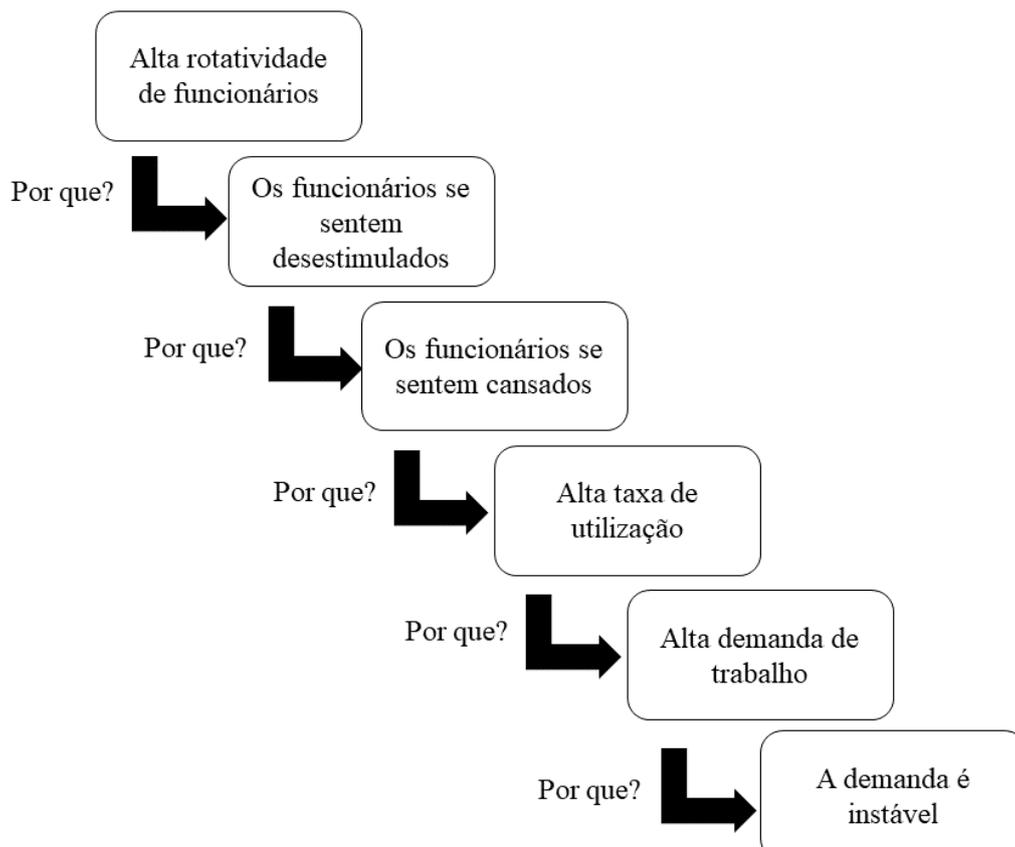


Fonte: Os autores (2024).

Para manter a satisfação dos clientes, a organização deve estar preocupada com o nível de serviço prestado. Isso está diretamente relacionado ao controle e à estratégia

de gerenciamento das filas (Coimbra; Pereira; Papandrea, 2023). Assim, como mostrado na Figura 04, para evitar a perda de cliente e obter uma posição de vantagem competitiva no mercado, a empresa deve direcionar seus esforços para minimizar o tempo de espera nas filas. Entretanto, esse é um dos principais desafios do setor, que, frente ao comportamento aleatório da solicitação por serviços, devem encontrar maneiras de aproveitar seus recursos para obter um melhor gerenciamento da demanda e/ou da capacidade das operações (Andrade et al., 2020; Mataczinski, 2020).

Figura 05: Ferramenta 5 porquês para o problema de alta rotatividade de funcionários.



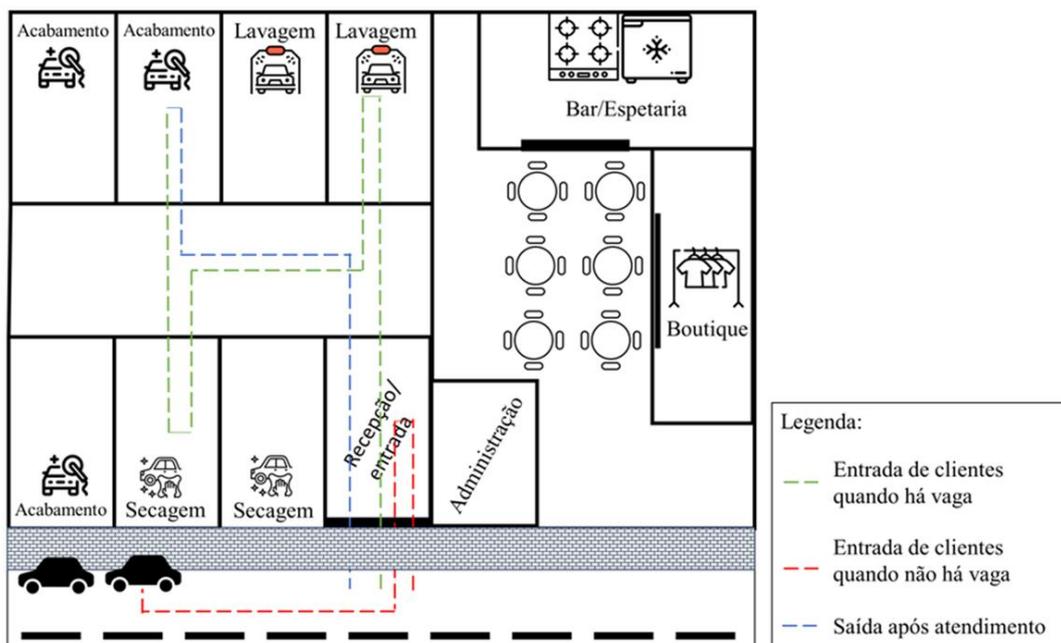
Fonte: Os autores (2024).

Outro ponto importante está relacionado a alta rotatividade dos funcionários. Como mostra a Figura 05, isso acontece devido à alta taxa de utilização dos colaboradores em períodos de alta demanda. À vista disso, os funcionários se sentem desestimulados e cansados com o trabalho por terem que realizar atividades repetitivas por longos períodos (Pereira; Henkel, 2022), em situações de alta demanda.

Diante do que foi analisado, foram definidas duas situações hipotéticas para a melhoria do desempenho da organização e resolução dos problemas. Assim, foram propostas alterações ao sistema real e a simulação foi utilizada como uma ferramenta indispensável para explorar e avaliar as consequências da tomada de decisão (Slack; Chambers; Johnston, 2002).

O primeiro cenário hipotético teve como foco a gestão da capacidade de operações. Com o objetivo de reduzir o tempo médio no sistema e, conseqüentemente, a insatisfação dos clientes e desistência da contratação do serviço, foi proposto a adição de mais uma estação para a atividade de acabamento, o gargalo da operação. Isso seria possível através da adaptação do layout da organização e o uso de área ociosa de espera de clientes para o setor de administração, como mostrado na Figura 06.

Figura 06: Mapofluxograma com a alteração proposta no primeiro cenário hipotético.



Fonte: Os autores (2024).

Essa alteração foi operacionalizada no FlexSim® pela adição de mais um processador em paralelo no estágio de acabamento. Os principais resultados obtidos na simulação podem ser observados nas Tabelas 05 e 06.

Tabela 05: Variáveis da fila para o primeiro cenário hipotético.

Variável	Fila antes da lavagem	Fila antes do acabamento
Número médio na fila	1,06	0,07
Número máximo na fila	5	2
Número mínimo na fila	0,00	0,00
Tempo médio na fila	12,36 min	1,29 min
Tempo máximo na fila	66,71 min	22,67 min
Tempo mínimo na fila	0,16 min	0,00 min

Fonte: Os autores (2024).

Observa-se, na Tabela 05, que a adição de mais uma estação de acabamento não reduziu apenas a fila antes desse estágio, como também a fila antes da lavagem. Essa redução foi constatada tanto no tamanho da fila (número médio na fila) como no

tempo de espera (tempo médio na fila). Isso resultou em um tempo médio no sistema de 78,54 minutos, provocando uma redução de 54,15% em relação ao sistema real. Como esperado, o tempo de atendimento das atividades apresentou pouca oscilação. Entretanto, essa proposição, apesar de melhor o atendimento dos clientes, não soluciona o problema de alta rotatividade dos funcionários, uma vez que as taxas de utilização permanecem altas, como mostrado na Tabela 06.

Tabela 06: Taxa de utilização para o primeiro cenário hipotético.

<b>Operador</b>	<b>Taxa de utilização</b>
Gerente	29,10%
Funcionário 1	95,73%
Funcionário 2	84,18%
Funcionário 3	87,55%
Funcionário 4	85,06%
Funcionário 5	74,89%
Funcionário 6	74,39%

Fonte: Os autores (2024).

Portanto, para abranger essa problemática, foi proposta o segundo cenário hipotético, com foco no gerenciamento da demanda. Essa medida tem como foco adequar as necessidades do mercado à capacidade de operação da empresa (Corvello et al., 2020). Para isso, sugere-se que seja adotado o sistema de agendamento de horário, com o propósito de equilibrar a demanda durante todos os dias da semana. Essa medida torna-se viável, uma vez que a organização já trabalha com planos de lavagem mensal, indicado uma cartela de clientes fixa, a qual pode ser acordado os melhores dias para a prestação do serviço. Além disso, oportunizar e facilitar a operacionalização dessa proposta, propõe-se que sejam adotados preços reduzidos para os dias de baixa demanda. Em adição, também pode ser implementado o serviço extra de busca do automóvel em domicílio, viabilizando para clientes que tem restrição de tempo nos dias úteis.

Essa medida também promove uma melhor utilização dos recursos e redução de possíveis erros, pelo nivelamento da prestação de serviço (Santos et al., 2020). Então, propõe-se que o agendamento seja feito com um intervalo de 30 minutos entre clientes. Para a operacionalização no FlexSim®, foi adotado um intervalo de chegada constate e igual a 30 minutos. Assim, adotando como último horário de agendamento 21h, a organização teria uma capacidade produtiva de 26 automóveis por dia. Os principais resultados podem ser observados nas Tabelas 07 e 08.

Como mostrado na Tabela 07, nesse cenário, o qual realizou alterações sem a necessidade de investimentos no aumento da capacidade, os tempos de espera em filas foram praticamente zerados. Além disso, o tempo médio no sistema foi reduzido para 61,29 minutos, o que representa uma redução de 64,22% em relação ao sistema real. Ademais, a Tabela 08 mostra uma redução na taxa de utilização de todos os funcionários e ainda indica uma possibilidade de redução do quadro de funcionários. Isso é possível, pois dois colaboradores tiveram a taxa de utilização zerada durante a

simulação, indicando que não houve a necessidade do emprego da sua força de trabalho.

Tabela 07: Variáveis da fila para o segundo cenário hipotético.

Variável	Fila antes da lavagem	Fila antes do acabamento
Número médio na fila	0,01	0,00
Número máximo na fila	1	1
Número mínimo na fila	0,00	0,00
Tempo médio na fila	0,19 min	0,06 min
Tempo máximo na fila	0,30 min	0,06 min
Tempo mínimo na fila	0,04 min	0,06 min

Fonte: Os autores (2024).

Tabela 08: Taxa de utilização para o segundo cenário hipotético.

Operador	Taxa de utilização
Gerente	9,23%
Funcionário 1	67,72%
Funcionário 2	45,90%
Funcionário 3	33,01%
Funcionário 4	33,01%
Funcionário 5	0,00%
Funcionário 6	0,00%

Fonte: Os autores (2024).

## 5 CONCLUSÕES

Em um cenário de acirrada concorrência, é primordial que as empresas satisfaçam a necessidades dos clientes e consigam sua fidelização. Dentro desse contexto, um dos diferenciais no setor de serviços é a qualidade no atendimento, a qual está diretamente ligada ao tempo de espera nas filas.

Diante disso, faz-se necessário que as organizações avaliem seus processos atuais com foco na melhoria da qualidade e otimização dos recursos. Para isso, a simulação computacional se apresenta como uma ferramenta capaz de construir modelos que descrevem comportamentos de sistemas reais e permitem a construção e análise de hipóteses alternativas.

Portanto, a presente pesquisa teve como principal objetivo avaliar a situação atual de uma empresa de lavagem de automóveis localizada na cidade de Natal/RN, a partir dos conceitos de teoria das filas e da simulação computacional no software FlexSim®. A partir dos resultados obtidos, identificar os pontos de melhoria e propor alternativas para a otimização do processo.

A análise da situação real do sistema indicou que o gargalo do processo é a atividade de acabamento. Além disso, a organização enfrenta uma conjuntura de insatisfação dos clientes e funcionários. O primeiro grupo apresenta descontentamento com a empresa devido ao longo tempo no sistema, incluindo tempo de espera e tempo de atendimento. Isso, por algumas vezes, provoca a desistência por parte de alguns clientes, que deixam o estabelecimento sem receber o serviço. Já os colaboradores enfrentam altas demandas de trabalho em períodos de picos de demanda, o que provoca altas taxas de solicitação de desligamento da empresa.

Diante disso, a partir da ferramenta da qualidade os 5 porquês, foi ponderado que a causa-raiz para ambos os problemas é a instabilidade na demanda. Assim, foram propostos dois cenários alternativos que tinham como foco atuar na capacidade de operação e no gerenciamento da demanda.

O primeiro cenário indicou a atuação no gargalo do processo, através da inserção de mais uma estação na etapa de acabamento. Essa alteração no sistema, conforme simulado, provocaria melhoria na satisfação dos clientes ao reduzir o tempo no sistema em 54,15%. Entretanto, a alta rotatividade de funcionários ainda seria uma adversidade para a organização, uma vez que a taxa de utilização dos colaboradores permaneceu elevada.

O segundo cenário hipotético propôs a criação de um sistema de agendamento, provocando um nivelamento da demanda. A simulação dessa alternativa indicou a redução em 64,22% do tempo de permanência no sistema em relação ao cenário real e a diminuição da taxa de utilização de todos os funcionários. Em adição, observou-se a possível redução do quadro de funcionários, provocando a redução de custos.

Desta forma, pode-se concluir que esta pesquisa atingiu os objetivos propostos ao identificar problemas enfrentados pela empresa e propor soluções dentro da sua realidade organizacional. Além disso, evidenciou a importância do uso da modelagem e simulação no processo de tomada de decisão, uma vez que as consequências das alternativas estudadas puderam ser exploradas sem alterar o contexto real da organização, reduzindo os riscos e os custos envolvidos.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, B. H. Aplicação da Simulação de Eventos Discretos (SED) e da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) no ensino de Gestão da Produção. 2018. p. 115. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/40632/1/2018\\_tcc\\_bhamaral.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/40632/1/2018_tcc_bhamaral.pdf). Acesso em: 20 fev 2024.

ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. Introdução à pesquisa operacional. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

ANDRADE, Leonardo Carneiro, et. al. Design de layout e análise comparativa de uma fábrica de cadernos por meio do software FlexSim®. Revista Gestão e Secretariado, v. 14, n. 4, p. 5640-5659, 2023. DOI: <http://doi.org/10.7769/gesec.v14i4.2012>

ANDRADE, Letícia Oliveira, et. al. Modelagem e simulação no estudo de melhoria da capacidade produtiva em uma empresa de serviços de lavanderia na cidade de passos. Revista de tecnologia aplicada, v.9, n.2, p. 38-62, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.48005/2237-3713rta2020v9n2p3862>

CAMELO, G. R, 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. 1-16, 2010. DOI: <https://doi.org/10.12957/cadest.2010.15733>

COIMBRA, Rafael Rander Messala; PEREIRA, Matheus Costa; PAPANDREA, Pedro José. Teoria das filas aplicada em uma instituição financeira pública do sul de Minas. Revista Científica e-Locução, v. 1, n. 24, p. 27, 2023. DOI: <https://doi.org/10.57209/e-locucao.v1i24.564>

CONTADOR, J. L. Comunicado sobre software para formulação da estratégia competitiva de empresas pelo modelo de campos e armas da competição. Revista de tecnologia aplicada, v. 8, n. 1, p. 71-73, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.21714/2237-3713rta2019v8n1p71>

CORVELLO, F. M, et.al. Implantação da gestão da demanda em uma empresa de pequeno porte do setor supermercadista. Revista Brasileira Multidisciplinar, v. 23, n. 3, p. 98-111, 2020. DOI: <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2020.v23i3.1051>

DA SILVA, Maurício Randolfo Flores, et. al. Proposta de otimização dos processos logísticos do porto de Itajaí utilizando simulação e indicadores da teoria das filas. Revista Produção Online, v. 21, n. 1, p. 231–258, 2021. DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v21i1.4214>

DOILE, Luiz Fernando. Teoria das filas: analisando o fluxo de atendimento e o número de atendentes em um supermercado. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/29741>. Acesso em: 13 fev. 2024

FELIX, Josemar Coelho; PEIXOTO, Camila Silva; EDWIGES, Camila Aparecida. O planejamento de suprimentos utilizando-se a teoria de filas e simulação computacional em uma oficina de recuperação de componentes de vagões. Exacta, v. 21, n. 2, p. 520–544, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.19577>

FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. Administração de Serviços: Operações, Estratégia e Tecnologia da Informação. Porto Alegre: Amgh Editora, 2014.

FREITAS FILHO, Paulo José. Introdução a modelagem e simulação de sistemas com aplicações em arena. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

FULLERTON, R. R.; KENNEDY, F. A.; WIDENER, S. K. Lean manufacturing and firm performance: The incremental contribution of lean management accounting practices. *Journal of Operations Management*, v. 32, n. 7, p. 414-428, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jom.2014.09.002>

GANGA, Gilberto Miller Devós. Metodologia científica e trabalho de conclusão de curso: um guia prático de conteúdo e forma. São Carlos: UAB-UFSCar, 2011.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. Introdução à Pesquisa Operacional. 9 ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

JÚNIOR, E. S, et. al. Aplicação de simulação, planejamento de experimentos e otimização na gestão da dinâmica operacional de uma unidade básica de saúde. *Revista ESPACIOS*, v. 36, n. 11, 2015.

LACERDA, L. P, et. al. Application of Theory of Queues via Computational Modeling in a Vehicle Wash Company. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 8, p. e21910817188, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17188>

LACHENMAIER, J. F., LASI, H.; KEMPER, H.G. Simulation of Production Processes Involving Cyber-physical Systems. *Procedia CIRP*, v. 62, p. 577-582, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.06.074>

LEAL, F.; ALMEIDA, D. A. DE; MONTEVECHI, J. A. B. Uma Proposta de Técnica de Modelagem Conceitual para a Simulação através de elementos do IDEF. *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, 40, 2008.

LYRA, Taíse Ferraz. Métodos para detecção de outliers em séries de preços do índice de preços ao consumidor. 2014. 209 f. Fundação Getulio Vargas, 2014.

MARIA, Anu. Introduction to modeling and simulation. *Proceedings of the 29th Conference on Winter Simulation*, 7–13, 1997.

MARTINS, Roberto Antonio. Abordagens quantitativa e qualitativa. In: MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick et al. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro: Campus Elsevier, 2010. p. 45–61.

MATACZINSKI, I. S. Estudo de viabilidade para formação de uma cooperativa de prestação de serviços em consultoria grupal e individual para atender as associações empresariais de atuação da Caciopar. *Revista Competitividade e Sustentabilidade*, 7, n. 2, p. 530–546, 2020. DOI: <https://doi.org/10.48075/comsus.v7i2.21059>

MONTEVECHI, J. A. B. et. al. Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company. *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*, 1624–1635. IEEE. 2010.

NEVES, B. C. das; LIMA, E. P. P. Condições da prestação dos serviços ambientais de coleta e destinação de resíduos de serviços de saúde em unidades básicas de saúde na cidade de Pelotas, RS, Brasil. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 24, n. 1, p. 61–69, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019172729>

PEREIRA, G. C.; HENKEL, R. C. De indústria Americana a indústria chinesa: dilema de cultura organizacional. *Revista de Gestão e Secretariado*, v. 13, n. 4, p. 2353–2373, 2022. DOI: <https://doi.org/10.7769/gesec.v13i4.1476>

RIBEIRO, L. F.; FERNANDES, M. B.; NOGUEIRA, T. H. Análise das Devoluções de Mercadoria de uma Indústria de Laticínios com o Auxílio de Ferramentas de Controle da Qualidade. *Revista Brasileira de Gestão e Engenharia*, v. 10, n. 2, 69–82.

Rodrigues, T. V, et. al. Modelo para redução no tempo de carregamento, utilizando técnicas de modelagem e simulação/Model for reduction in loading time, using modeling and simulation techniques. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 11, p. 25386–25401, 2019. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n11-203>

Russel, R. de O. M, et. al. Modelagem e simulação computacional para o balanceamento de linhas de montagem de computadores. *Revista de tecnologia aplicada*, v. 8, n. 2, p. 16–27, 2020.

SANTOS, Pedro Vieira Souza, et. al. Integração do índice OEE e o método Heijunka: uma análise sobre uma possível relação. *Journal of Lean Systems*, v. 5, n. 4, p. 01-25, 2020.

SARTORI, Simone, et. al. A utilização do Software FLEXSIM e sua aplicabilidade para a melhoria contínua dos sistemas de produção. *Revista ESPACIOS*, v. 41, n. 24, p. 92-98, 2020.

SHANNON, Robert E. Simulation: A survey with research suggestions. *AIIE Transactions*, v. 7, n. 3, p. 289-301, 1975.

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. São Paulo, Atlas, 2002.

TAHA, Hamdy A. *Operations research: an introduction*. Pearson Education India, 2013.

VIJAYAN, V, et. al. Simulation-Based Decision Framework for Hybrid Layout Production Systems Under Disruptions. *Procedia Manufacturing*, v. 51, p. 1062-1068, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.149>

ZHU, X, et. al. A FlexSim-based Optimization for the Operation Process of Cold-Chain Logistics Distribution Centre. *Journal of Applied Research and Technology*, v. 12, n. 2, p. 270-278, 2014.