

## **Estudo de caso da aplicação da Simulação como ferramenta de otimização no setor de serviço**

**Bruno Vinicius Gomes Garletti (UNIFEI)**

[brunogarletti@gmail.com](mailto:brunogarletti@gmail.com)

**Wesley Gabriel de Mendonça Pinto (UNIFEI)**

[wesleygmp@gmail.com](mailto:wesleygmp@gmail.com)

**Fabiano Leal (UNIFEI)**

[fleal@unifei.edu.br](mailto:fleal@unifei.edu.br)

**José Arnaldo Barra Montevechi (UNIFEI)**

[montevechi@unifei.edu.br](mailto:montevechi@unifei.edu.br)

*A utilização de ferramentas de suporte a tomada de decisão vem ganhando importância ao longo do tempo devido ao seu papel assertivo e com relativo baixo custo nas grandes organizações. Essas mesmas ferramentas, como a Simulação, também podem ser exploradas por empresas de médio e pequeno porte, assim como, pelo setor de serviços. O presente artigo tem como objetivo mapear, analisar e otimizar, utilizando a ferramenta de Simulação, uma Barbearia que compõem o setor de serviço de uma cidade localizada no sul de Minas Gerais. Ao final do artigo foi possível obter uma otimização baseada em melhor alocação de recursos, confirmando assim a viabilidade de utilizar tal ferramenta no segmento.*

*Palavras-chave: Modelagem, Simulação, Otimização, Serviços, Comércio.*



## 1. Introdução

O setor de serviço têm cada vez maior contribuição na economia brasileira, (SAVIA; MACIEL; SILVA, 2018), entretanto, mesmo neste cenário crescente e desafiador, existe pouca aplicação de métodos científicos com foco na melhoria de eficiência do setor. No mercado existem diversas metodologias e ferramentas capazes de auxiliar na identificação de desperdícios, dentre estas ferramentas, a simulação a eventos discretos (SED) se destaca devido a alta eficiência na tomada de melhores decisões (JACOB, 2013).

Este trabalho visa aplicar a ferramenta de simulação em uma empresa prestadora de serviço e avaliar seus resultados, analisando assim a viabilidade da utilização da simulação como ferramenta de suporte no setor. Para atingir o objetivo houve a necessidade de adequar a ferramenta, bem como identificar os processos na organização, propondo assim ações estratégicas que levem a melhor tomada de decisão.

## 2. Fundamentação Teórica

### 2.1. Simulação a Eventos Discretos

Os computadores podem simular operações de sistemas complexos, e assim, estudar seu desempenho (JACOB, 2013). Para Robinson (2005), houve diversas mudanças ao longo dos anos na maneira de como as simulações são desenvolvidas e usadas, algumas provocadas pelo desenvolvimento do assunto e outras por eventos externos. Mesmo percebendo as mudanças na simulação ao longo dos anos um grande questionamento se faz necessário: o que é a simulação. Os autores Choi & Kang (2013), descrevem a simulação ou simulação por computador como a disciplina que projeta um modelo de sistema, simulando o modelo através de computadores digitais e analisando a saída de execução. O autor Sharma (2015), destaca que as simulações apresentam uma importância significativa, pois auxilia na redução de falhas devido ao impacto das mudanças. Outro benefício que o autor apresenta, é que quando um modelo de simulação é criado e totalmente validado, pode-se utilizá-lo para responder questões sobre os sistemas reais. Dessa forma, os autores Choi & Kang (2013) apresentam três categorias de simulação: simulação contínua, Monte Carlo e a eventos discretos, sendo a última mencionada como relevante a esta pesquisa. A SED é uma técnica que modela operações de um sistema com uma sequência discretas de eventos no tempo. Cada evento ocorre em um determinado instante no tempo e marca uma mudança no estado do sistema (SHARMA, 2015). Um dos benefícios de se utilizar a simulação trata-se de evitar o uso da tentativa e erro (MONTEVECCHI et. al., 2007).










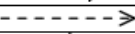



Os autores Montevechi, et. al. (2007), sugerem que para a realização da simulação deve-se utilizar um modelo descritivo dividido em 3 partes: a primeira parte se trata do estágio conceitual, pois é responsável por definir os objetivos da simulação e construir o modelo conceitual, que será utilizado na elaboração do modelo computacional, já a segunda visa a implementação no qual consiste em transferir o conceitual para o computacional, e por fim, a terceira parte se trata da fase de análise na qual serão extraídos os resultados.

## 2.2. IDEF-SIM

A técnica de modelagem conceitual IDEF-Sim (*Integrated Definitions Methods – Simulation*) é uma técnica desenvolvida através das técnicas da família IDEF. Os autores Leal; Almeida; Montevechi (2008) destacam que a técnica IDEF-Sim tem por finalidade adaptar elementos lógicos em técnicas de modelagem, permitindo assim, a elaboração de modelos conceituais trazendo informações significativas ao modelo computacional. Ressaltando ainda, que a técnica facilita na construção de documentos dos modelos, contribuindo com o entendimento do projeto.

A figura 2 a seguir, apresenta a simbologia utilizada para modelar as necessidades encontradas em projetos de simulação, isto é, através de elementos e símbolos de fluxogramas tornou-se possível a desenvoltura de projetos de simulação.

**Figura 2** - Simbologia utilizada na técnica proposta IDEF-SIM

Elementos	Simbologia	Técnica de origem
Entidade		IDEF3 (modo descrição das transições)
Funções		IDEF0
Fluxo da entidade		IDEF0 e IDEF3
Recursos		IDEF0
Controles		IDEF0
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos	 Regra E	IDEF3
	 Regra OU	
	 Regra E/OU	
Movimentação		Fluxograma
Informação explicativa		IDEF0 e IDEF3
Fluxo de entrada no sistema modelado		
Ponto final do sistema		
Conexão com outra figura		

Fonte - Leal et al. (2008)

Para esclarecimento sobre cada elemento da figura 2, os autores LEAL; ALMEIDA; MONTEVECHI (2008) ressaltam que:

- a) Entidades: São elementos a serem processados pelo sistema. Estes elementos podem representar: matéria-prima, produtos, pessoas, documentos, entre outros.
- b) Funções: São locais que representam um “transformador”, isto é, local onde a entidade entra e sofre modificações. Compreendem-se como funções: posto de trabalho, esteira de movimentação, filas e estoque, e postos de atendimentos.
- c) Fluxo da entidade: representa os momentos de entrada e saída de uma entidade pelas funções, isto é, o direcionamento em que a entidade passará no modelo.
- d) Recursos: São elementos que representam a movimentação das entidades e execução das funções. Estes recursos podem assumir duas abordagens, as estáticas e dinâmicas. Estes elementos podem ser expressos por pessoas e equipamentos.
- e) Controles: este elemento se caracteriza dentro de um modelo de simulação como regras a serem utilizadas em funções. Podendo atuar como sequenciamento, regras de filas, programações, entre outros.
- f) Regras de fluxos paralelos e/ou alternativos: se tratam de regras denominadas como junções, isto é, quando se aborda a junção E (Regra E) pode-se pensar que tal regra executa simultaneamente dois ou mais caminhos; ao se pensar na junção OU (Regra OU) tem-se uma alternativa; já a junção E/OU (Regra E/OU) pode-se ter ambas regras.
- g) Movimentação: Estes elementos estão associados ao deslocamento da entidade.
- h) Informação explicativa: elemento de explicação, isto é, com o objetivo de esclarecer o modelo.
- i) Fluxo de entrada no sistema modelado: define a criação das entidades no modelo.
- j) Ponto final do sistema: este elemento está relacionado ao término do modelo, ou seja, o fim do fluxo modelado.
- k) Conexão com outras figuras: utilizado para dividir e unir modelos quando modelados.

### **2.3. Simulação no setor de serviços**

O setor de serviço, segundo o autor Jacob (2013), tem se expandido ligeiramente em países industrializados. Segundo SAKURADA & MIYAKE (2009), ao se estudar sobre a produção de um serviço deve-se considerar a observação fundamental do processo, pois o mesmo não apenas cria o produto como também o entrega ao cliente. Além disso, as prestações de serviço podem incluir o próprio cliente no processo.

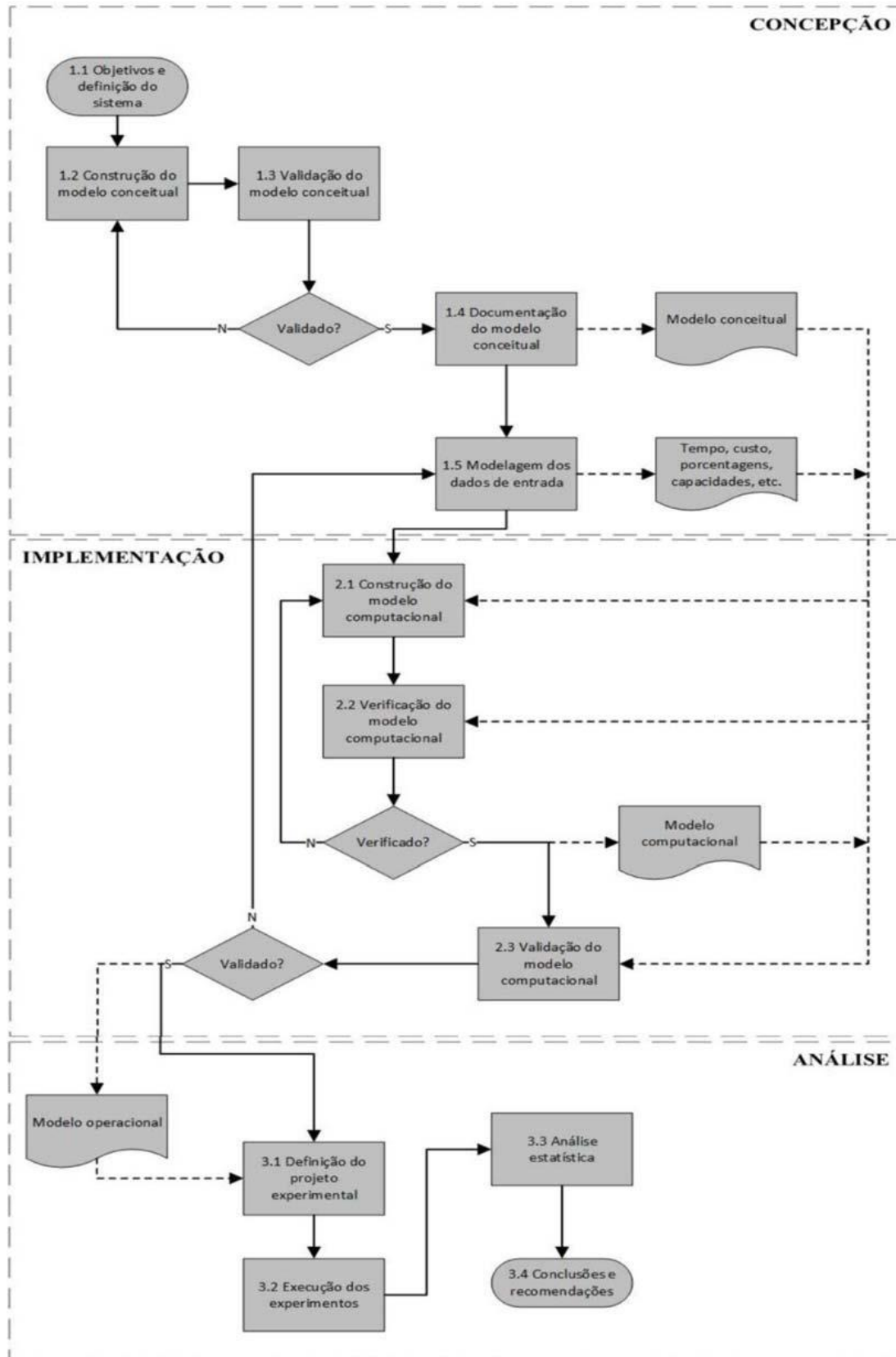
Nesta relação cliente-prestador de serviço o atendimento é peça fundamental, pois se aumentar a eficiência operacional, tem-se menor tempo de processamento, menor tempo de espera e maior utilização de recurso. Jacob (2013) ressalta que para atingir tal eficiência, diversos gerentes utilizam a técnica SED para a tomada de decisões.

A SED tem auxiliado na toma de decisão em diversas áreas do conhecimento, entre elas, o setor de serviços tem ganhado muito atenção devidos a trabalhos relacionados a saúde, transporte, restaurantes, entre outros.

### **3. Metodologia de pesquisa**

A literatura apresenta diversas estruturas que conduzem uma sequência de etapas na elaboração de um projeto de simulação, de tal maneira a auxiliá-lo em seu desenvolvimento. Para o projeto de simulação deste trabalho foi utilizado o framework desenvolvido por Montevechi et al. (2010), conforme Figura 1.

Figura 1 - Sequências de passos para elaboração de um projeto de simulação



Fonte - Montevechi et. al. (2010)

### **3.1. Concepção**

A fase de concepção está associada a uma parte muito importante no projeto de simulação, pois envolve todo processo de tomada de decisão de um modelo de simulação. Nesta primeira etapa é construída o modelo conceitual através de alguns passo:

- a) Objetivos e definição do sistema: etapa no qual o modelador deve caracterizar os princípios básicos de seu trabalho, isto é, levantando questões que se pretende obter do modelo.
- b) Construção do modelo conceitual: nesta etapa o modelador deverá utilizar uma ferramenta para construção do modelo.
- c) Validação do modelo conceitual: nesta fase de validação é verificado com o cliente e modelador o processo anterior, ou seja, após a construção do modelo conceitual o mesmo é avaliado pelo modelador e o cliente da modelagem.
- d) Documentação do modelo conceitual: esta etapa é de armazenamento de informações como objetivos, modelo conceitual e validação.
- e) Modelagem dos dados de entrada: se trata de uma etapa importante no projeto de simulação, pois nesta fase ocorre a coleta de dados do modelo. Esta abordagem pode estar associada a coleta de tempos, custos, porcentagens e capacidades.

### **3.2. Implementação**

Nesta etapa a modelagem conceitual é transformado em uma modelagem computacional, passando pelas etapas de construção do modelo computacional, verificação e validação. Essa verificação garante que o modelo computacional foi corretamente construído, ou seja, representando o modelo conceitual. Já a validação consiste em comprovar se o modelo computacional representa fielmente o sistema real (GOLDSMAN; YAACOUB; SARGENT, 2017).

### **3.3. Análise**

Por fim a etapa de análise consiste em checar os resultados da situação atual da empresa, bem como propor situações experimentais aos modelos computacionais. É possível também, desenvolver projetos experimentais, executá-los e analisá-los conforme a proposta experimental desenvolvida.

#### 4. Aplicação do projeto de simulação no objeto de estudo

Nesta etapa utilizaremos o framework desenvolvido por Montevechi et al. (2010) para detalhar o projeto de simulação. Portanto, os tópicos posteriores descreverão todas as etapas do framework aplicados ao objeto de estudo, começando pela concepção, passando pela implementação e finalizando com a análise.

#### 4.1. Concepção do objeto de estudo

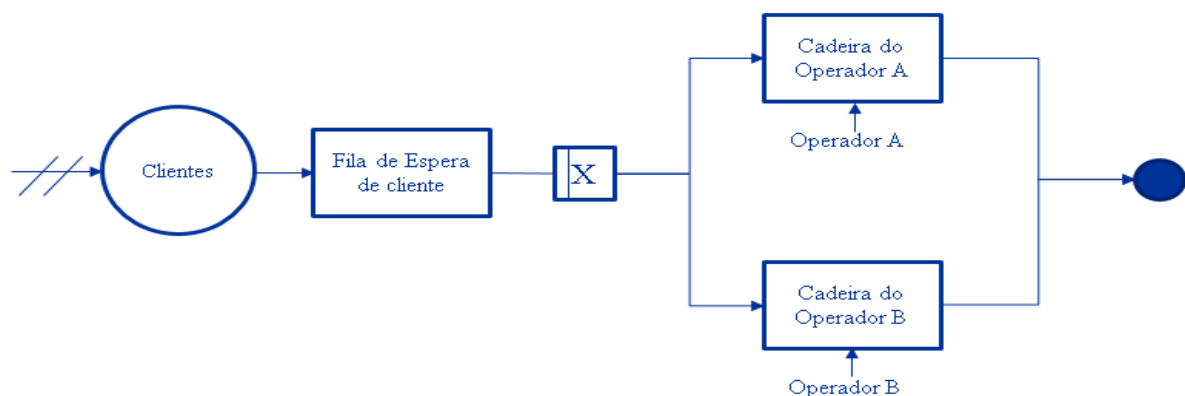
##### 4.1.1. Objetivo e definição do sistema

Este projeto foi aplicado a um objeto de estudo no setor de serviço (barbearia). O intuito de desenvolver tal estudo deve-se ao problema da capacidade de pessoas atendidas durante a semana. No atual momento a barbearia possui dois funcionários realizando cortes de cabelos, os quais passam partes do dia ociosos e surgindo a necessidade de diminuir esse tempo inoperante. O horário de atuação desse serviço ocorre nos períodos das 08:00 às 12:00 da manhã e 13:00 às 18:00 da tarde. Vale ressaltar que o ambiente de trabalho suporta seis pessoas em filas e cinco postos de trabalho, porém como existem dois funcionários, o projeto foi limitado a dois postos de trabalho.

##### 4.1.2. Construção do modelo conceitual

Nesta fase o modelo conceitual foi desenvolvido de tal forma a ilustrar a modelagem da barbearia utilizando-se da técnica IDEF-SIM, conforme a figura 3.

Figura 3 - Modelagem conceitual da Barbearia



Fonte - Próprio Autor



A figura 3 apresenta a chegada de cliente, o local onde os clientes ficam em espera até ser atendidos pelos operadores, e por fim, os locais onde os operadores executam suas tarefas de cortes, que após finalizado, permite a saída do cliente do modelo.

#### 4.1.3. Validação do modelo conceitual

Como método de validação para o modelo conceitual desenvolvido no projeto de simulação, tem-se inicialmente o face a face, isto é, o fluxograma desenvolvido pelo modelador é apresentado ao cliente, no qual é verificado se esse diagrama representa o sistema real a ser simulado. Os clientes verificaram o diagrama e validaram o modelo conceitual desenvolvido.

#### 4.1.4. Documentação do modelo conceitual

A documentação do modelo conceitual consiste na maneira de como deve se armazenar o projeto de simulação. Sendo assim, este trabalho utilizou como ferramenta de desenvolvimento conceitual a técnica do IDEF-SIM e o *software* DIA® para construir o modelo e armazená-los em forma documental.

#### 4.1.5. Modelagem dos dados de entrada

Para modelagem dos dados de entrada, o modelador realizou uma visita técnica no ambiente da barbearia para coleta de dados durante um período de seis dias, isto é, coletas que seguiram os períodos de segunda a sábado. Neste processo foram coletados os tempos de corte de cabelo para cada operador conforme a tabela 1.

**Tabela 1 - Tempos de corte para cada operador**

<b>Tempo de Corte [S]</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Moda</b>	<b>Máximo</b>
OP A	1140	1860	5340
OP B	1500	2760	4740

**Fonte - Próprio Autor**

A tabela 1 representa o tempo de corte para cada operador em segundos, os dados seguem uma distribuição triangular para cada operador por possuírem um valor mínimo de tempo de corte, um valor repetido no intervalo de tempos, e por fim, um número máximo para o corte. Ambos operadores possuem tempos diferentes para cada categoria de corte, por isso se faz necessário uma generalização na coleta. A tabela 2 apresenta os dados coletados por dia e horas da semana, armazenando em tabela a quantidade de pessoas que chegaram no estabelecimento.

**Tabela 2 - Quantidade de pessoas por dia e horas da semana**

Horários		Quantidade de Pessoas	Dias da Semana
08:00	10:00	0	<b>Segunda</b>
10:00	12:00	2	
13:00	15:00	3	
15:00	18:00	3	
08:00	10:00	1	<b>Terça</b>
10:00	12:00	1	
13:00	15:00	4	
15:00	18:00	2	
08:00	10:00	4	<b>Quarta</b>
10:00	12:00	2	
13:00	15:00	3	
15:00	18:00	0	
08:00	10:00	2	<b>Quinta</b>
10:00	12:00	4	
13:00	15:00	3	
15:00	18:00	0	
08:00	10:00	2	<b>Sexta</b>
10:00	12:00	4	
13:00	15:00	3	
15:00	18:00	6	
08:00	10:00	6	<b>Sábado</b>
10:00	12:00	5	
13:00	15:00	6	
15:00	18:00	5	

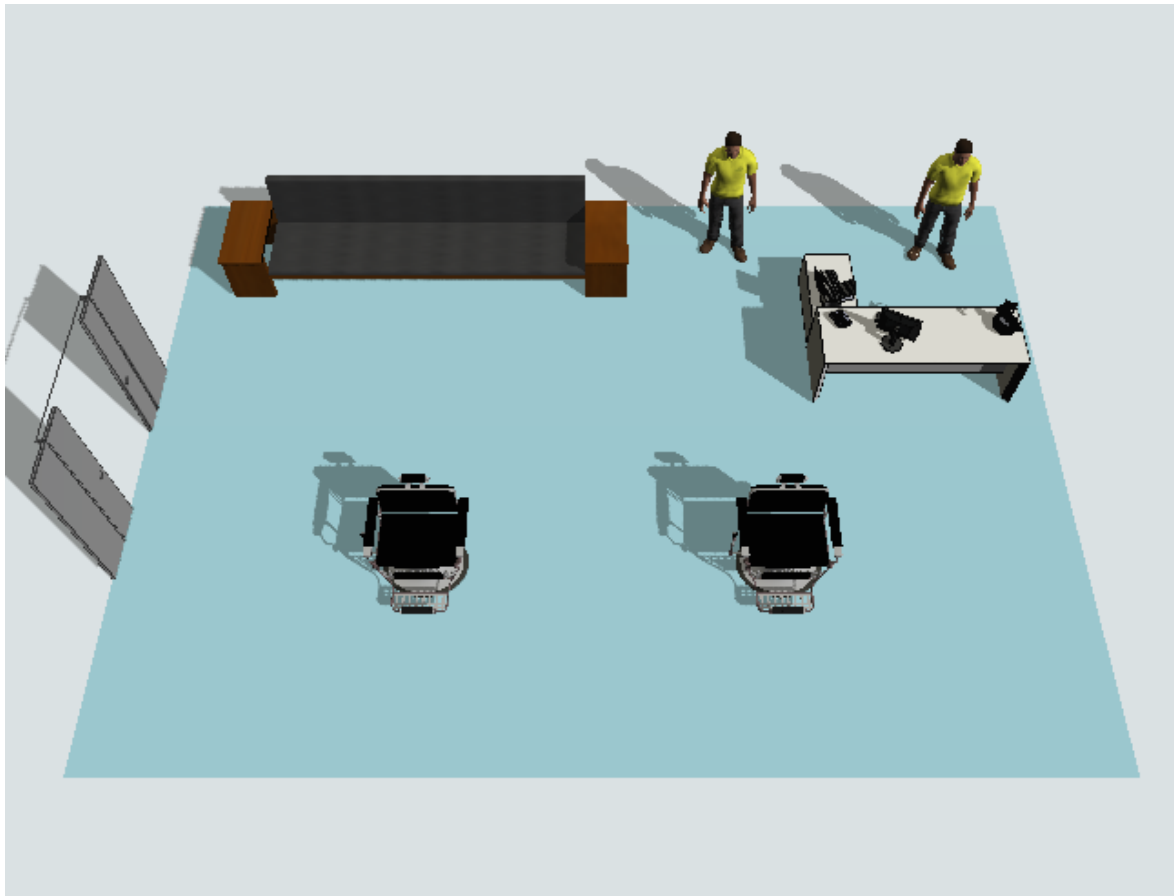
**Fonte - Próprio Autor**

## 4.2. Implementação do objeto de estudo

### 4.2.1. Construção do modelo computacional

Nesta etapa é construído o modelo computacional utilizando o *software* Flexsim®. Esta ferramenta é um simulador 3D de interface amigável com ferramentas e bibliotecas de fácil interação. A figura 4, representa o modelo conceitual transformado em computacional através do Flexsim®.

Figura 4 - Modelagem computacional da Barbearia



Fonte - Próprio Autor

#### 4.2.2. Verificação do modelo computacional

A verificação do modelo computacional desse trabalho ocorreu em paralelo junto a construção do modelo computacional, sendo que esta etapa foi útil para a identificação de lógicas construídas durante o desenvolvimento, não apresentando problemas ao ser construído.

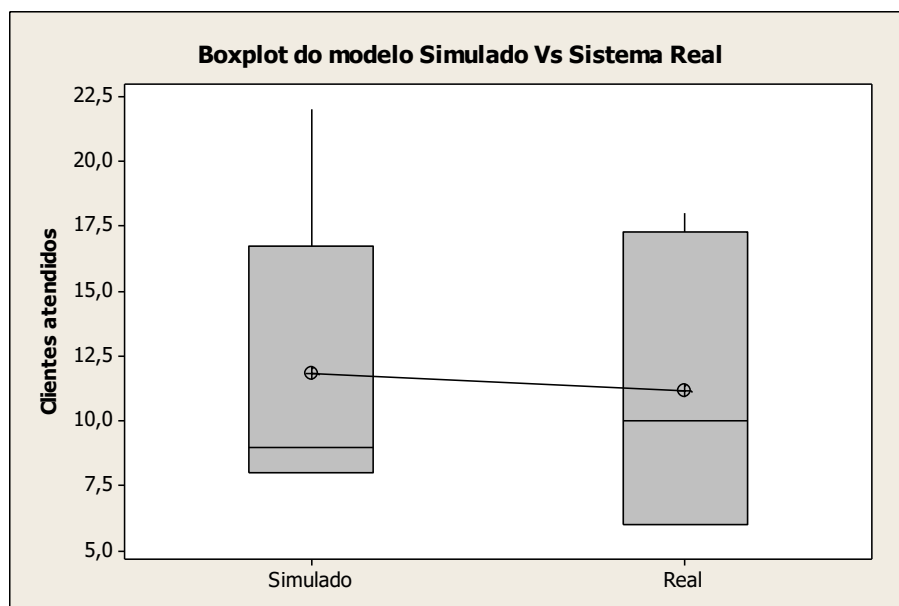
#### 4.2.3. Validação do modelo computacional

Ao que se refere às características de validação de um modelo computacional deve-se definir um parâmetro para validar este modelo. Nesta pesquisa utilizou-se como parâmetro de validação a somatória da quantidade média de clientes atendidos por dia da semana (QMCA). Para calcular o QMCA, somou-se a quantidade de clientes atendidos na semana e dividiu-se pela quantidade de dias da semana, conforme a equação 1:

$$QMCA = \sum \frac{Qtd_{clientes_{semana}}}{Qtd_{dias}}$$

Através da equação 1, obteve-se o valor médio por dia da semana da quantidade de clientes atendidos, ou seja, tornando-se um parâmetro de validação desta pesquisa. Além desses parâmetros, outra etapa foi acrescentada para aumentar o poder de validação denominada validação operacional. Existem três níveis de validação operacional: a qualitativa, quantitativa informal, quantitativo formal. Nesta pesquisa foi utilizada a validação formal, pois emprega conceito estatísticos no auxílio a tomada de decisão. Sendo assim, coletaram-se os dados simulados e reais para verificar se o modelo simulado represente o sistema real.

Figura 5 – Saída de clientes por dia da semana



Fonte - Próprio Autor

A figura 5, demonstra que a média de atendimento entre o modelo simulado comparado ao sistema real foram próximas, isto é, a média de atendimento semanal entre os dois resultados são semelhantes. Outra forma de validar essa análise, é a aplicação de um teste de hipótese aos dois dados. A tabela 3, representa os dados simulados confrontados com os dados do sistema real.

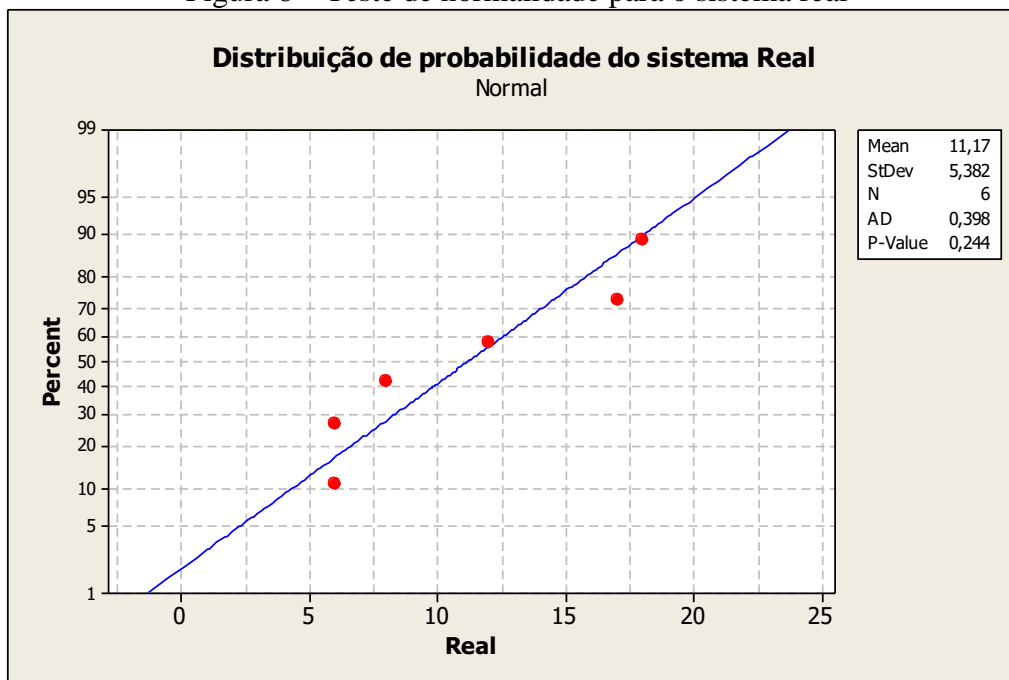
**Tabela 3** – Clientes atendidos por dia da semana

Dias da semana	Modelo	Sistema
	Simulado	Real
Segunda-feira	8	6
Terça-feira	8	6
Quarta-feira	9	8
Quinta-feira	9	12
Sexta-feira	15	17
Sábado	22	18

Fonte - Próprio Autor

Antes de confrontar os dados em um teste de hipótese, submeteu-se os dados a um teste de normalidade para verificar sua distribuição. Aplicou-se o teste no sistema real onde pode-se assumir a premissa de normalidade, pois o p\_value apresentou um valor acima de 0,05 conforme a figura 6.

Figura 6 – Teste de normalidade para o sistema real



Fonte - Próprio Autor

Para o modelo simulado atribuiu-se a premissa que o teste de normalidade direcionou ao mesmo caminho. Portanto, assume-se que ambos os dados apresentam normalidade.

### 4.3. Análise

Tendo em vista que o modelo de simulação possui caráter estocástico, espera-se que haja variações em seus resultados. Dessa forma, os resultados apresentados nesta análise preliminar estão associados aos dados coletados e introduzidos ao modelo computacional.

#### 4.3.1. Estado atual do objeto de estudo

Atualmente o estado do objeto de estudo configurado semanalmente no modelo computacional da simulação pode ser representado pelas figuras 8, 9 e 10.

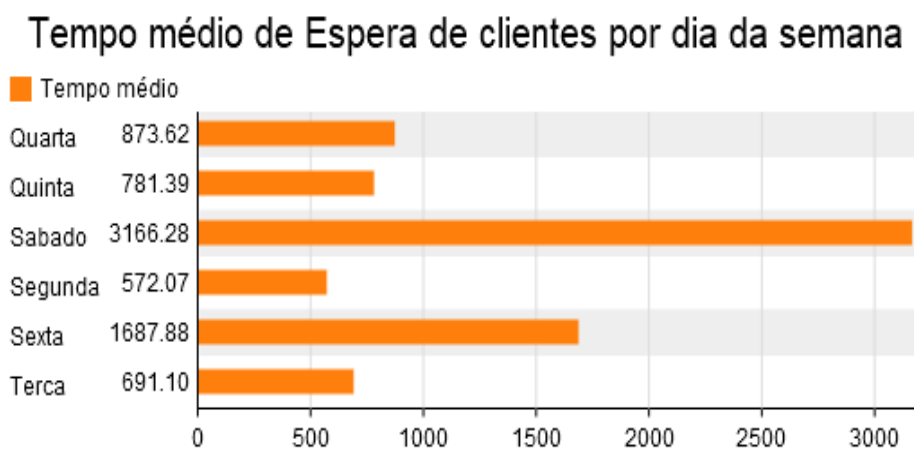
Figura 8 – Saída de clientes por dia da semana



Fonte - Próprio Autor

A figura 8 representa a saída de clientes por dia da semana que o modelo computacional gerado pela simulação nos apresenta, nota-se que sexta-feira e sábado são os dias que mostram um aumento de clientes atendidos na barbearia.

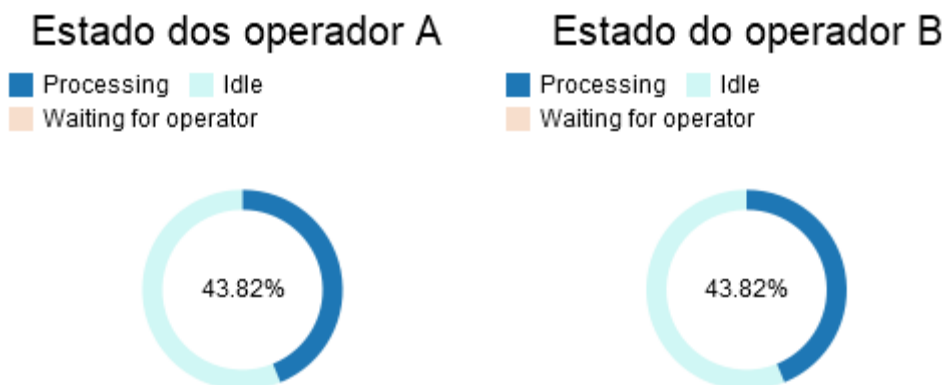
Figura 9 – Tempo em fila por dia da semana



Fonte - Próprio Autor

Percebe-se que os maiores tempos de espera em fila na barbearia ocorre durante a sexta e sábado. Outra situação que ocorre na barbearia durante os dias é a ociosidade dos operadores. A figura 10, apresenta um gráfico dos dois operadores da barbearia, nota-se que ambos ficam ocupados em 43,82% do tempo.

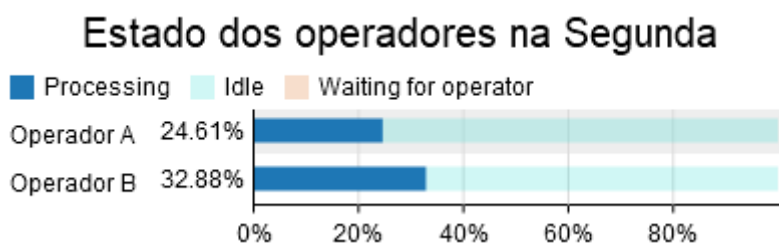
Figura 10 – Gráfico médio representativo do estados dos operadores durante a semana



Fonte - Próprio Autor

As figuras a seguir representam os estados de ociosidade e operação dos operadores por dia da semana.

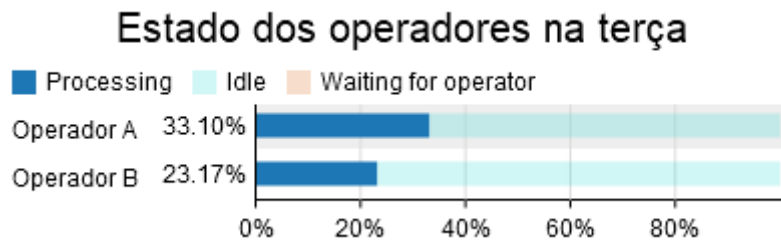
Figura 11 –Tempo em fila - Segunda-feira



Fonte - Próprio Autor

Nota-se na figura 11 que o operador B está utilizando 32,88% da sua capacidade, tendo a maior parte de seu tempo, 67,12%, ociosa. Enquanto operador A chega a esperar até 75,39% do tempo e operando em 24,61% do tempo.

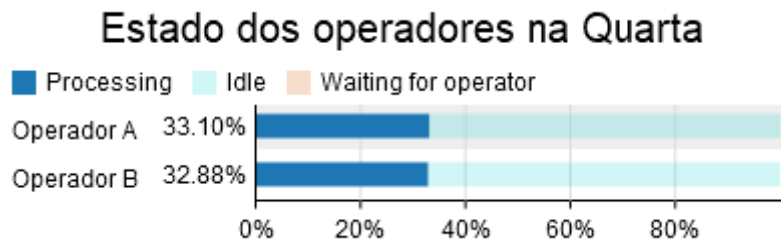
Figura 12 – Tempo em fila - Terça-feira



Fonte - Próprio Autor

Percebe-se que na terça-feira figura 12, o operador A aumenta sua demanda de atendimento para cerca de 33,10% e sua ociosidade alcança os 66,90%. Em relação ao operado B nota-se que seu tempo em operação é de 23,17% e sua ociosidade chega aos 76,83%.

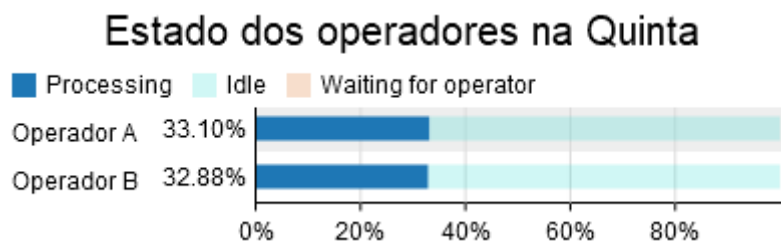
Figura 13 – Tempo em fila - Quarta-feira



Fonte - Próprio Autor

Já a figura 13 mostra que ambos operadores ficam ociosos cerca de 66% a 67% do tempo, operando durante 33% do tempo, o que pode ser observado também na quinta-feira (figura14).

Figura 14 – Tempo em fila - Quinta-feira



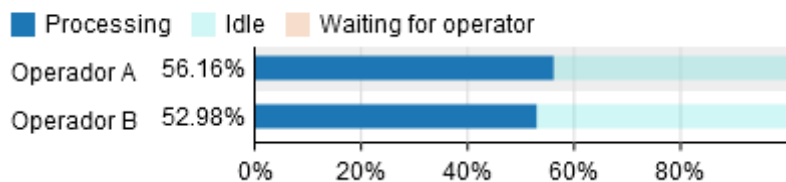
Fonte - Próprio Autor

A figura 15 mostra um aumento na ocupação dos operadores, isto é, ambos trabalham em média cerca de 54,57% do tempo. Porém, ficam ociosos durante 45,43% do tempo.



Figura 15 – Tempo em fila - Sexta-feira

### Estados dos operador na Sexta

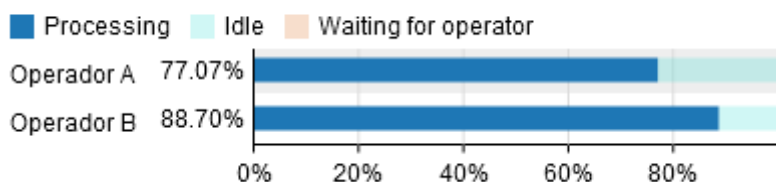


Fonte - Próprio Autor

Por fim, a figura 16 mostra aumento na ocupação dos operadores no sábado. Nota-se que o aumento ocorre em ambos os casos, reduzindo a ociosidade para 17,12% quando analisado os dois operadores.

Figura 16 – Gráfico de Pareto representando o tempo em fila por dia da semana

### Estado dos operadores na sábado



Fonte - Próprio Autor

#### 4.3.2. Estado futuro do objeto de estudo

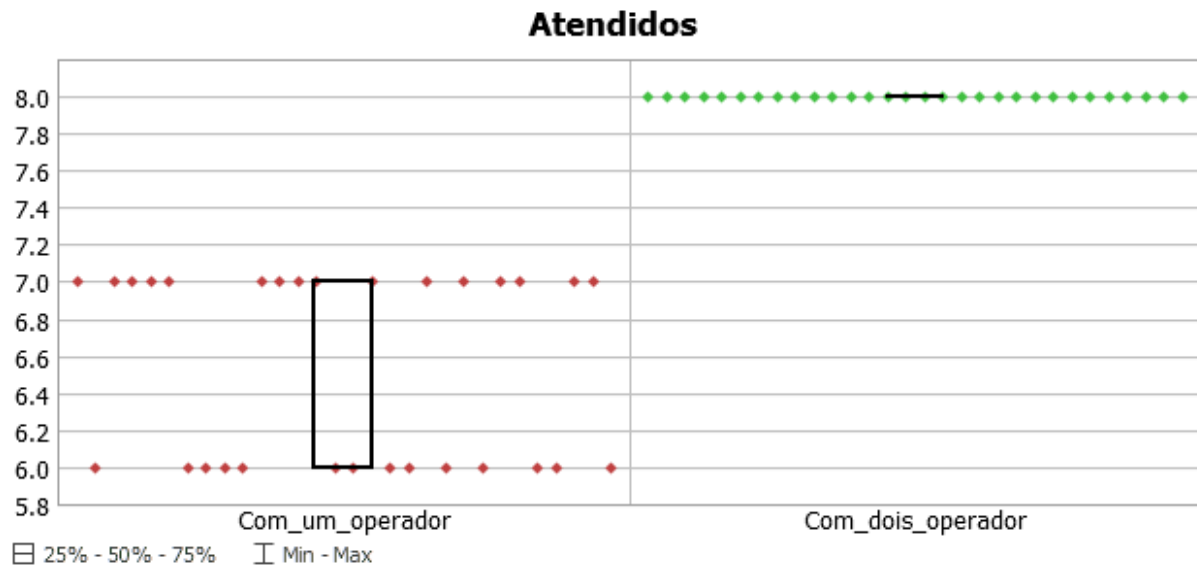
Como visto na seção anterior, os dias com maiores ocupações dos operadores foram na sexta-feira e sábado. Portanto, faz-se necessários algumas indagações sobre o processo:

- “E se” deixássemos os operadores trabalhando apenas meio período do dia, será que conseguirá atender seus clientes diariamente durante a semana?

Este questionamento se torna importante para responder se há necessidade de dois funcionários trabalhando na empresa ou até mesmo para escolher os dias de folga. Com isso, temos os seguintes cenários futuros para responder essas indagações.

Feito uma análise de 6 dias distintos, foi identificado que durante o meio período da segunda a quinta-feira, percebe-se no gráfico da figura 17 que o número de clientes atendidos por um operador varia na média entre 6 e 7, mas quando adicionado outro operador pode-se verificar que todos os clientes serão atendidos.

Figura 17 – Box-plot do número de clientes atendidos (segunda à quinta)



Fonte - Próprio Autor

Ao observar a figura 18, nota-se que o intervalo de 95% de confiança calculado pelo software apresenta um intervalo distinto para cada operador, isto é, mostra que os operadores em conjuntos atenderão todos os clientes do dia.

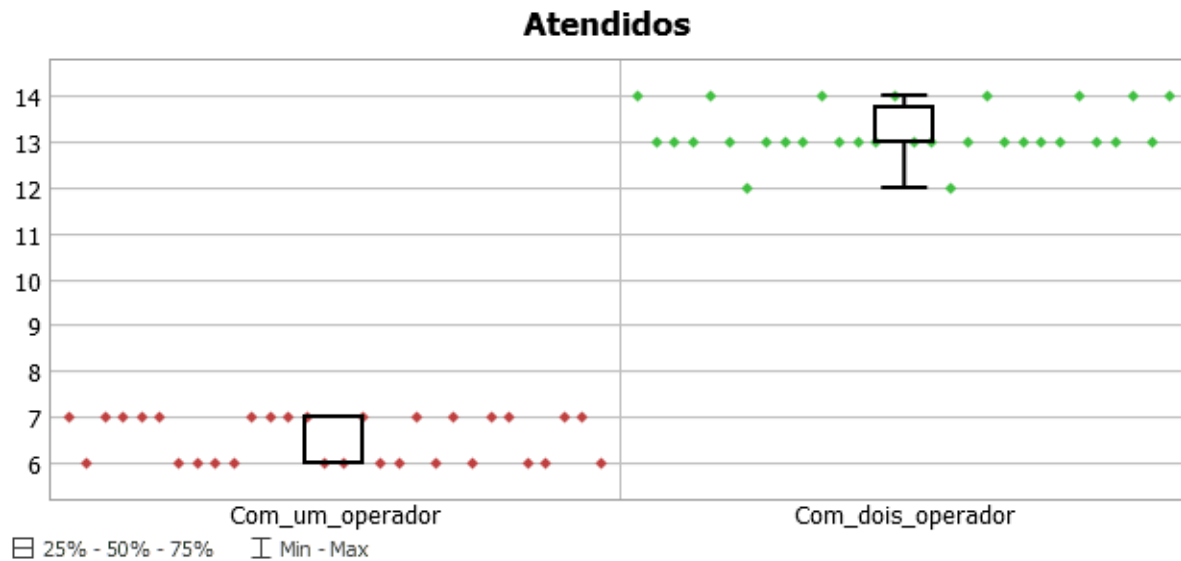
Figura 18 – Intervalo de confiança do número de clientes atendidos por operador (segunda à quinta)

<b>Atendidos</b>					
	<b>Mean (95% Confidence)</b>		<b>Sample Std Dev</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
<b>Com_um_operador</b>	6.34	< 6.53 <	6.72	0.51	6.00 7.00
<b>Com_dois_operador</b>	N/A	< 8.00 <	N/A	0.00	8.00 8.00

Fonte - Próprio Autor

Ao se compara o meio período da sexta-feira com os dias anteriores (segunda à quinta-feira), nota-se através da figura 19 que ambos operadores não conseguem atender seus respectivos clientes. Percebe-se que utilizando um operador sete clientes são atendidos, mas quando adicionado outro, pode-se notar que atenderam catorze clientes e faltando 1 conforme o estado atual.

Figura 19 – Box-plot do número de clientes atendidos (sexta-feira)



Fonte - Próprio Autor

A figura 20, mostra os dados estatístico a um nível de confiança de 95% que ambos operadores atenderão catorze clientes.

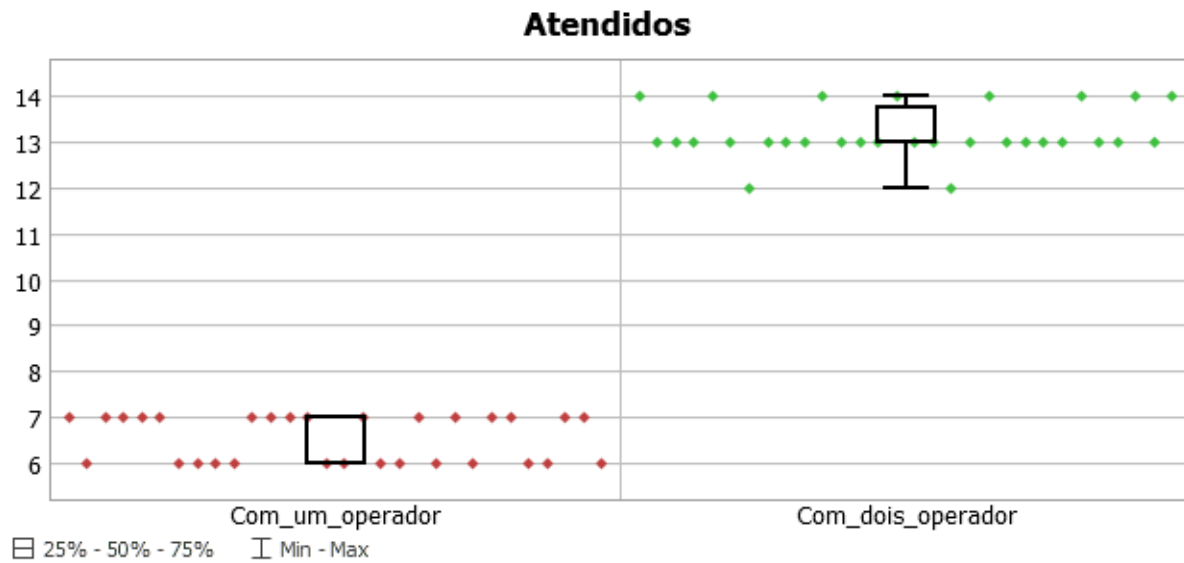
Figura 20 – Intervalo de confiança do número de clientes atendidos por operador na sexta-feira

Atendidos						
	Mean (95% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max
<b>Com_um_operador</b>	6.34	< 6.53	< 6.72	0.51	6.00	7.00
<b>Com_dois_operador</b>	12.99	< 13.20	< 13.41	0.55	12.00	14.00

Fonte - Próprio Autor.

Porém, quando se confronta o meio período adotado no sábado, observa-se através da figura 21 que os números atendidos se repetem aos de sexta-feira, pois se trata do limite máximo que cada operador consegue executar. Portanto, percebe-se que aos sábados ambos atenderão catorze clientes, deixando de atender oito clientes.

Figura 21 – Box-plot do número de clientes atendidos (sábado)



Fonte - Próprio Autor

E de forma análoga as demais estatísticas apresentadas, a figura 22 mostra a um nível de confiança de 95% que ambos operadores atenderão apenas catorze clientes.

Figura 22 – Intervalo de confiança do número de clientes atendidos por operador no sábado

		<b>Atendidos</b>				
		<b>Mean (95% Confidence)</b>		<b>Sample</b>	<b>Std Dev</b>	<b>Min</b> <b>Max</b>
<b>Com_um_operador</b>	6.34	< 6.53	< 6.72	0.51		6.00   7.00
<b>Com_dois_operador</b>	12.99	< 13.20	< 13.41	0.55		12.00   14.00

Fonte - Próprio Autor

Para extrair ainda mais detalhes sobre análise realizada dos dados de entrada desta pesquisa, aplicou-se uma análise geral para meio período do dia na semana, isto é, somou-se diariamente esta avaliação.

Figura 23 –Box-plot do número de clientes atendidos por operador na semana



Fonte - Próprio Autor

Sendo assim, a figura 23 ilustra que o máximo de pessoas a serem atendidas na semana é de sessenta e um clientes. Caso deseja-se analisar por operador, nota-se que com um operador o número de clientes atendidos chega a quarenta e três clientes, porém quando se adiciona outro, a quantidade atendida durante a semana aumenta para sessenta e um.

Figura 24 – Intervalo de confiança do número de clientes atendidos por operador na semana

Clientes Atendidos						
	Mean (95% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max
Com_um_operador	41.19	< 41.50	< 41.81	0.82	40.00	43.00
Com_dois_operador	59.89	< 60.17	< 60.45	0.75	59.00	61.00

Fonte - Próprio Autor

Ao interpretar o intervalo de confiança de 95% da figura 24 viu-se que com um operador atenderá entre quarenta e quarenta e três, porém quando se aumenta o número de operador, nota-se que atendimento se eleva a um total de sessenta e um clientes.

## 5. Conclusões e recomendações

Considerando a modelagem de projeto de simulação aplicado ao setor de serviço, pode-se notar que a simulação a eventos discretos se mostrou um método eficaz na tomada de decisão para o setor de serviço. Para este caso realizou-se um estudo do cenário atual e futuro para concluir a indagação sobre a quantidade de operadores que devem atuar na barbearia.

Nos cenários simulados experimentou-se atuar com apenas um operador, e também atuou-se na restrição de um período para ambos operadores, limitou-se a operação dos funcionários no período vespertino. Ao se analisar o cenário atual, pode-se perceber que durante quatro dias da semana os operadores apresentaram um valor elevado de sua ociosidade, com seu tempo inoperante ultrapassa 50% do tempo durante os dias de segunda a quinta. As sextas-feiras e sábados, notou-se que o tempo em operação de ambos operadores aumentavam, diminuindo sua ociosidade.

Tendo em vista o cenário atual, sugeriu-se no cenário futuro a diminuição do turno, ou seja, fez com que os operadores realizassem suas atividades apenas em um período do dia. E com isso, percebeu-se que sua ociosidade caiu significativamente, porém notou-se que o máximo de pessoas atendidas semanalmente pelos dois operadores seriam de sessenta e um clientes, deixando de atender dez clientes.

Sendo assim, conclui-se que operar com dois funcionários se torna uma estratégia importante para atender todos os clientes durante a semana, além disso, pode-se compreender que se diminuir um período, aumentará a operação desses operadores, além de contribuir com a redução de custo operacionais.

## 6. Referências bibliográficas

CHOI, B. K.; KANG, D. **Modeling and Simulation of Discrete-Event Systems**. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2013. v. (5)2.

GOLDSMAN, D. M.; YAACOUB, T.; SARGENT, R. G. **A tutorial on the operational validation of simulation models**. Proceedings - Winter Simulation Conference. Anais...2017.

JACOB, M. **Discrete event simulation**. Resonance, v. 18, n. 1, p. 78–86, 2 Jan. 2013.

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**. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO), 40, 2008, João Pessoa, p. 2503–2514, 2008.

MONTEVECHI, J.A.B.; PINHO, A.F. de; LEAL, F. & MARINS, F.A.S. **Application of design of experiments on the simulation of a process in an automotive industry**. In Proceedings of the Winter Simulation Conference, Washington, DC, USA, 2007.

MONTEVECHI, J. A. B., F. LEAL, A. F. PINHO, R. F. S. COSTA, M. L. M. OLIVEIRA, and A. L. F. SILVA. 2010. **“Conceptual Modeling in Simulation Projects by Mean Adapted IDEF: an Application in a Brazilian Tech Company”**. In Proceedings of the 2010

Winter Simulation Conference, edited by T. M. K. Roeder, P. I. Frazier, R. Szechtman, E. Zhou, T. Huschka, and S. E. Chick, 3375-3384. Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

ROBINSON, S. **Discrete-event simulation: From the pioneers to the present, what next?** Journal of the Operational Research Society, v. 56, n. 6, p. 619–629, 2005.

SAKURADA, N.; MIYAKE, D. I. **Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços.** Gestão & Produção, v. 16, n. 1, p. 25–43, 2009.

SAVIA, T. DELA; MACIEL, T. C. P.; SILVA, K. O. A. N. **Simulação a Eventos Discretos aplicado em um restaurante universitário.** 15 nov. 2018Disponível em:  
<<http://www.abepro.org.br/publicacoes/artigo.asp?e=enegep&a=2018&c=35266>>

SHARMA, P. **Discrete event simulation.** [s.l.] ACM Press, 2015. v. 4