

INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS  
CAMPUS GOVERNADOR VALADARES  
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

AMANDA FERNANDES CARVALHO

**SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE UM RESTAURANTE  
*SELF-SERVICE* UNIVERSITÁRIO**

Governador Valadares  
Dezembro de 2020

AMANDA FERNANDES CARVALHO

amandafcarvalho@outlook.com

**SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE UM RESTAURANTE  
*SELF-SERVICE* UNIVERSITÁRIO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Produção.

Orientadora: Msc. Tatielle Menolli Longhini

Governador Valadares

Dezembro de 2020



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS**  
**Campus Governador Valadares**  
**Diretoria Geral**  
**Diretoria de Desenvolvimento Educacional**  
**Núcleos das Áreas Acadêmicas**  
**Área de Engenharia e suas Tecnologias**  
Avenida Minas Gerais, 5189 - Bairro Ouro Verde - CEP 35057-760 - Governador Valadares - MG  
(33) 3272-5400 - www.ifmg.edu.br

## **ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Ao dia 18 do mês de dezembro de 2020, às 19:00h, por vias digitais (Google Meet), foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso elaborado pela aluna Amanda Fernandes Carvalho, intitulado SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE UM RESTAURANTE SELF-SERVICE UNIVERSITÁRIO, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores Tatielle Menolli Longhini (orientadora), Bruno de Souza Toledo e Guido Pantuza Júnior.

A comissão examinadora deliberou pela APROVAÇÃO da aluna, com a nota 97,0. Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pelo a aluna.

Governador Valadares, 18 de dezembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Tatielle Menolli Longhini, Professora**, em 23/12/2020, às 12:51, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Bruno de Souza Toledo, Professor**, em 23/12/2020, às 14:52, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Amanda Fernandes Carvalho, Usuário Externo**, em 23/12/2020, às 20:51, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Guido Pantuza Junior, Professor**, em 06/01/2021, às 16:43, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.

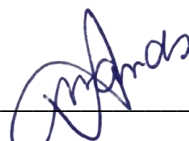


A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **0721006** e o código CRC **D1CDC51F**.

## TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do trabalho de conclusão de curso intitulado “SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE UM RESTAURANTE *SELF-SERVICE* UNIVERSITÁRIO” é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido referenciamento ou consentimento dos referidos autores.

Governador Valadares, 18 de dezembro de 2020.



---

**Amanda Fernandes Carvalho**

## AGRADECIMENTOS

Reservo minhas palavras para agradecer àqueles que estiveram comigo durante a construção de minha vida pessoal e profissional.

Quero agradecer primeiramente a Deus, por se fazer presente em todos os momentos, sendo minha fonte de luz, esperança e força. A Nossa Senhora Aparecida, por todo cuidado e interseção, elevando minhas preces a teu Filho.

Aos meus pais, Adair e Claudineia, pelo amor incondicional e pelo afeto que me transborda. Ao meu irmão Cauã, por impulsionar meus sonhos de maneira pura e singela. Aos meus avós, Maria e Helvécio, por sempre acreditarem em minha capacidade e fazerem de tudo para que eu chegasse até aqui. A minha avó Glória, que já partiu deste mundo, mas que ainda vive em mim, por sua luta, dedicação e carinho que nunca me faltou.

Aos meus amigos por me mostrarem a grandeza do mundo. Em especial ao meu quarteto, Ingrid, Laryssa e Natália, pelo amor imensurável, pelos cuidados e conselhos de todos os dias. Ao Will, por tanto companheirismo durante minha vida acadêmica, pelos nossos aprendizados e por nossas batalhas diárias, que foram vencidas com muita força e cumplicidade. A Stéffany e ao Murilo, por segurarem em minha mão todas as vezes que precisei e pelo apoio, que me foi essencial. A Júlia, Marina, Suzane e Rayanne por me acolherem tão bem e por serem minha família em Governador Valadares.

Gostaria de agradecer também, a minha orientadora, Tatielle Longhini, a quem possuo imenso carinho e admiração, por se tornar meu espelho profissional, por guiar meus passos acadêmicos, por acreditar em mim e por conduzir de forma incrível este trabalho.

A todos vocês que de alguma forma fizeram parte desta jornada.

Muito Obrigada!

*“Nunca deixe que lhe digam que  
não vale a pena acreditar no  
sonho que se tem, ou que seus  
planos nunca vão dar certo, ou que  
você nunca vai ser alguém.”*

**Renato Russo**

## RESUMO

Um sistema de filas é composto por entidades que necessitam de atendimento em determinados postos de serviços e que devem esperar até que estes estejam disponíveis. Visando aprofundar neste conceito, a teoria das filas se constitui na modelagem analítica de processos resultantes da espera e buscam determinar, de modo quantitativo, sua produtividade. A fim de auxiliar nos estudos, a simulação computacional surge com o objetivo de trazer a realidade para um ambiente controlado, possibilitando uma análise mais específica de seu funcionamento em diversas situações. Sobre isso, o trabalho em questão evidenciou uma abordagem referente a formação de filas em um refeitório universitário, utilizando simulação computacional a eventos discretos, por meio do *software* ARENA® Simulation, com o objetivo de propor um novo cenário de funcionamento para o ambiente. A princípio, realizou-se um estudo bibliográfico referente ao assunto, na qual foi apresentado a importância de seguir passos pré-definidos na modelagem de sistemas de simulação. Os resultados apresentados no corpo deste trabalho constataram maior formação de filas em um determinado setor do refeitório, diminuindo o número de clientes que saíam do sistema. Com a proposição de um novo cenário de funcionamento e o acréscimo de 1 atendente no Setor de *Self-Service*, o número de pessoas atendidas cresceu 12,5% e a capacidade de atendimento relacionada as guarnições teve um aumento de 9,8%. Contudo, este trabalho verificou a eficiência da simulação computacional aliada ao *software* ARENA® para análise de processos geradores de filas.

**Palavras-chave:** Restaurante Universitário; Simulação Computacional; Self-Service.

## ABSTRACT

A queuing system is composed of entities that need assistance at certain service stations and who must wait until they are available. Aiming to deepen this concept, the queuing theory is constituted in the analytical modeling of processes resulting from waiting and seeks to determine, quantitatively, its productivity. In order to assist in studies, computer simulation emerges with the objective of bringing reality to a controlled environment, enabling a more specific analysis of its functioning in different situations. About this, the work in question showed an approach regarding the formation of queues in a university cafeteria, using computer simulation to discrete events, through the ARENA® Simulation software, with the objective of proposing a new operating scenario for the environment. At first, a bibliographic study was carried out on the subject, where the importance of following predefined steps in the modeling of simulation systems was presented. The results presented in the body of this work found greater queuing in a specific sector of the cafeteria, reducing the number of customers leaving the system. With the proposal of a new operating scenario and the addition of 1 attendant in the Self-Service Sector, the number of people served grew by 12.5% and the service capacity related to the garrisons increased by 9.8%. However, this work verified the efficiency of the computer simulation combined with the ARENA® software for analyzing queue-generating processes.

**Key-words:** University Restaurant; Computational Simulation; Self-Service.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Número de ingressos em cursos de graduação, por categoria administrativa - Brasil – 2008-2018.....	17
Figura 2 - Número de concluintes em cursos de graduação, por categoria administrativa - Brasil – 2008-2018 .....	17
Figura 3 - Custo x Nível de serviços .....	18
Figura 4 - Sistema básico de filas .....	19
Figura 5 - Passos na Formulação de um Estudo Envolvendo Modelagem e Simulação.....	23
Figura 6 - Fluxo do processo de atendimento .....	26
Figura 7 - Representação esquemática do sistema .....	28
Figura 8 - Estação de trabalho do Refeitório Universitário.....	30
Figura 9 - Animação do modelo do Refeitório Universitário.....	31
Figura 10 - Número de pessoas no sistema após 21 replicações.....	33
Figura 11 - Taxa de utilização média do sistema .....	35
Figura 12 - Número médio de pessoas atendidas .....	35
Figura 13 - Modelo de arranjo físico proposto.....	36
Figura 14 - Modelo de programação proposta.....	37
Figura 15 - Número médio de pessoas atendidas com o cenário proposto.....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fórmulas de <i>outliers</i> por Chwif e Medina (2015).....	28
Tabela 2 - Parâmetro usual de p-valor por Chwif e Medina (2015).....	29
Tabela 3 - Verificação de aderência .....	29
Tabela 4 - Precisão e intervalo de confiança calculados no Setor de <i>Self-Service</i> e Pesagem e Pagamento com base em 10 replicações, a 95% de estatística de teste.....	32
Tabela 5 - Número de replicações necessárias no Setor de <i>Self-Service</i> e Pesagem e Pagamento .....	33
Tabela 6 - Média do tempo e quantidade de pessoas da fila para 21 replicações .....	34
Tabela 7 - Intervalos de confiança calculados no Setor de <i>Self-Service</i> e Pesagem e Pagamento com base em 21 replicações, a 95% de estatística de teste.....	34

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Segmentos do Sistema de Fila Segundo Andrade (2015) .....	20
--	----

## ABREVIATURAS E SIGLAS

ABERC	Associação Brasileira das Empresas de Refeições Coletiva
FIFO	<i>First in, First out</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
$\lambda$	Índice de Chegada
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
IQR	Varição Interquartil
LIFO	<i>Last in, First out</i>
POF	Pesquisa de Orçamentos Familiares
TA1	Tempo de atendimento 1
TA2	Tempo de atendimento 2
TF	Tempo de fila

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>14</b>
<i>1.1.1 Objetivo Geral .....</i>	<i>14</i>
<i>1.1.2 Objetivos Específicos .....</i>	<i>14</i>
<b>1.2 Estrutura do trabalho .....</b>	<b>15</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Nível de serviço em Refeitórios Universitários .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Teoria das Filas.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3 Simulação Computacional a Eventos Discretos.....</b>	<b>20</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1 Descrição da empresa.....</b>	<b>26</b>
<b>4.2 Análise da Coleta de dados .....</b>	<b>27</b>
<b>4.3 Tratamento de dados e modelo conceitual .....</b>	<b>28</b>
<b>4.4 Análise da Implementação do modelo .....</b>	<b>31</b>
<b>4.5 Proposição de cenário ideal .....</b>	<b>35</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Durante o processo de industrialização brasileira, a população precisou se adaptar a uma nova realidade, na qual a carga horária de trabalho aumentou e as mulheres se tornaram cada mais ativas neste ambiente, perdendo gradualmente, a cultura em que elas apenas cuidavam da casa e da alimentação familiar. Assim, com o crescimento socioeconômico que este processo trazia, muitas famílias começaram a buscar por uma maior comodidade, principalmente relacionada a questões alimentares.

De acordo com a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2017-2018, quase um terço (32,8%), das despesas alimentícias no Brasil são de gastos com alimentação fora do domicílio (IBGE, 2019). Vieira *et al.* (2002) ressaltam que 89,8% dos estudantes recém-ingressos de uma Universidade Federal não residem com familiares e que 57,3% deles omitiam pelo menos uma refeição principal. Contudo, os refeitórios universitários agem como solução para esta adversidade e tendem a ficar cada vez mais próximos de sua lotação máxima, prejudicando a qualidade no atendimento, sobretudo, com a formação de longas filas.

Segundo Figueiredo *et al.* (2010), a qualidade do atendimento aos consumidores é um aspecto importante para empresas prestadoras de serviço. É comum a demanda ser maior do que a capacidade de atendimento, fazendo com que o tempo de espera, ou *waiting time*, torne-se demasiadamente elevado. Contudo, a formação de filas prejudica o fluxo de pessoas no estabelecimento. Chiavenato (2005) salienta que todo negócio deve ser voltado ao cliente, sendo que só permanecerá aberto, caso esteja disposto a continuar comprando o produto e/ou serviço. Apesar disso, Bezerra (2013) afirma que não é possível satisfazer 100% dos clientes, mas é necessário alcançar a expectativa de satisfação esperada por eles.

Para isso, é necessário fazer uma abordagem analítica sobre o tempo de espera em filas para serviços rápidos, como os de alimentação. Para Ferreira (2005), as filas devem ser estudadas, porque há um problema econômico embutido nelas, tais como: o custo de manter o funcionamento dos seus sistemas e o custo de fila que se estende pelo prejuízo ao manter as entidades na espera pelo atendimento.

De acordo com Andrade (2015), um sistema de filas é composto por elementos que querem ser atendidos em um posto de serviço e que devem esperar até que o posto esteja disponível. Para evitar que esta espera seja longa e aumentar o nível de satisfação dos clientes, é importante analisar diferentes cenários, por meio de indicadores de desempenho e da modelagem e simulação computacional.

Pereira (2011) enfatiza que a simulação computacional surge com o objetivo de auxiliar os gestores na tomada de decisão, trazendo a realidade para um ambiente controlado, a fim de possibilitar um estudo mais específico de seu funcionamento em diversas situações, sem correr o risco de perdas financeiras ou de recursos. Por sua vez, Oliveira (2007) ressalta que o uso da simulação, durante o desenvolvimento de uma análise, é uma técnica preditiva e preventiva, na qual respostas para questões situacionais irão auxiliar nas tomadas de decisões.

Com uma visão geral do efeito de uma pequena mudança no sistema, é possível observar tanto o aumento de produtividade e de taxas de utilização de equipamentos e funcionários, quanto a redução de capital necessário para que o projeto do sistema proposto opere conforme o esperado. Sobre isso, o trabalho em questão visa analisar a formação de filas em um refeitório universitário, tal análise se constituirá por meio do *software* ARENA® Simulation.

Cogan (1998) afirma que a área de estudo que procura minimizar os efeitos da espera, é o gerenciamento das percepções nas filas. Contudo, no decorrer deste estudo, espera-se responder a seguinte questão: “Quais as contribuições da simulação computacional para aprimorar os serviços de um refeitório universitário, de modo a diminuir a formação de filas?”

## **1.1 Objetivos**

### ***1.1.1 Objetivo Geral***

Propor um novo cenário de funcionamento em um Restaurante Universitário, baseado no estudo de simulação computacional e na teoria de filas, através do *software* ARENA® Simulation.

### ***1.1.2 Objetivos Específicos***

- a) Caracterizar a empresa em estudo e o comportamento de formação de filas;
- b) Selecionar o modelo de estudo mais eficiente;
- c) Coletar, tratar e verificar dados para o modelo computacional;
- d) Analisar dados estatisticamente;
- e) Implementar o modelo de simulação computacional;
- f) Propor cenários alternativos para resolução do problema.

## 1.2 Estrutura do trabalho

O primeiro capítulo deste trabalho, trouxe uma contextualização da temática abordada sob a visão de diferentes autores, além de expor o modelo de análise, a pergunta de pesquisa, e os objetivos do estudo. O segundo capítulo, apresenta o referencial teórico, a fim de explicar o nível de serviço nos refeitórios universitários, a teoria das filas e o uso da simulação computacional a eventos discretos.

O terceiro capítulo se refere a metodologia utilizada na pesquisa, bem como sua classificação, técnicas de análise de dados, planejamento do estudo e uma breve explicação sobre as etapas do modelo de formulação do sistema. O quarto capítulo aborda o estudo de caso, composto pela caracterização da empresa, a análise do comportamento de filas e a seleção do modelo estudado. Este capítulo também conta com o fluxograma do processo de atendimento do refeitório analisado.

O quinto capítulo enfatiza os cenários considerados para coleta de dados, como ela foi executada, as variáveis utilizadas, o método de tratamento e verificação e validação de dados. Além disso, o sistema foi representado de forma esquemática. O sexto capítulo, discute os resultados obtidos pela simulação por meio do *software* ARENA® e apresenta cenários ideais de funcionamento, juntamente com as melhorias necessárias. Por fim, o último capítulo apresenta a conclusão do estudo e recomendações para trabalhos futuros.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo, traz abordagens de diversos autores com as informações relacionadas ao Modelo de Simulação Computacional que colaboraram no desenvolvimento da solução, além das discussões a respeito do Nível de Serviço nos Refeitórios Universitários e da Teoria das Filas, que foram propostos nesta pesquisa. Lakatos e Marconi (2010), afirmam que para desenvolver um projeto se faz necessário ter o assunto bem definido e um embasamento teórico com referências para a projeção do trabalho.

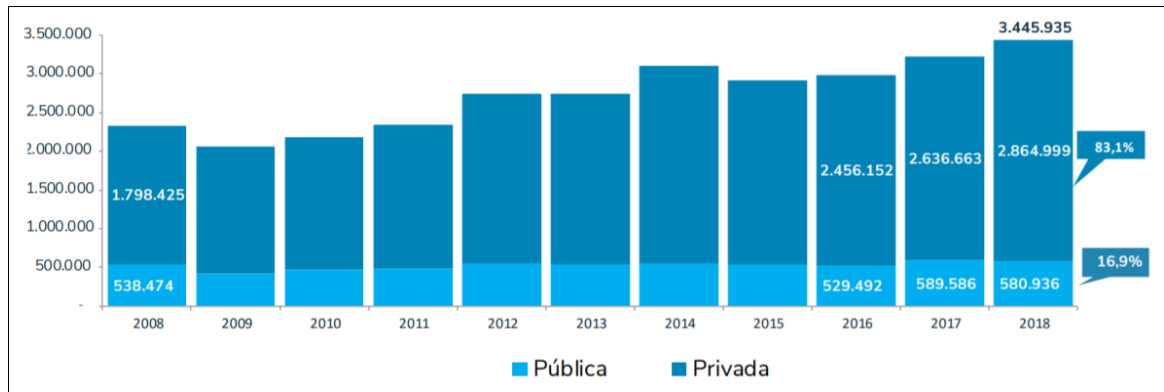
### 2.1 Nível de serviço em Refeitórios Universitários

De acordo com Granato (2014), os cenários de serviço apresentados por restaurantes *Self-Service* são compostos por longas filas, isso porque este sistema depende, não somente, da agilidade dos funcionários, mas também da organização dos clientes, para que eles se sirvam um-a-um e em sequência. Para que haja eficiência nos serviços e produtos fornecidos, é importante analisar o nível de satisfação dos consumidores, sendo para Bortolotti *et. al.* (2012), um dos principais objetivos de um atendimento com boa qualidade.

A Associação Brasileira das Empresas de Refeições Coletiva (ABERC) realizou uma estimativa para o fornecimento de serviços no setor de alimentação coletiva em 2020 (ABERC, 2019). Estima-se que o Brasil forneça cerca de 14,7 milhões de refeições no ano, além de faturar aproximadamente R\$ 23,1 bilhões de reais e gerar, em média, 250 mil empregos formais.

Com esta demanda, os refeitórios universitários devem se planejar para atender uma quantidade maior de consumidores a cada ano, visto que o crescimento do setor ocorre de forma acelerada. Segundo dados divulgados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), no Censo da Educação Superior 2018, o número de alunos ingressantes no ensino superior público foi de 580.936, conforme a Figura 1.

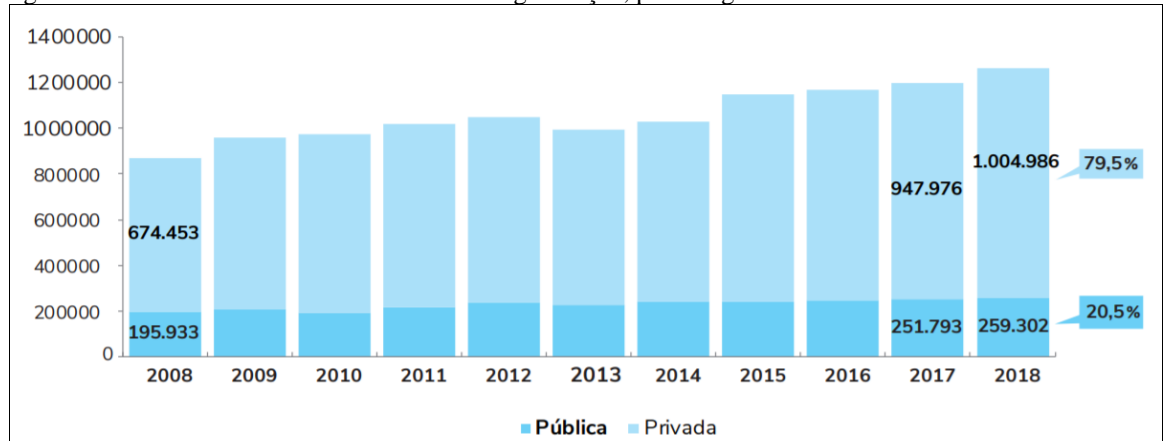
Figura 1 - Número de ingressos em cursos de graduação, por categoria administrativa - Brasil – 2008-2018



Fonte: INEP (2018).

Em contrapartida o número de alunos concluintes nesta mesma modalidade foi de 259.302 (Figura 2). Ademais, nota-se que entram aproximadamente 44,6% alunos a mais em relação aos que saem.

Figura 2 - Número de concluintes em cursos de graduação, por categoria administrativa - Brasil – 2008 -2018



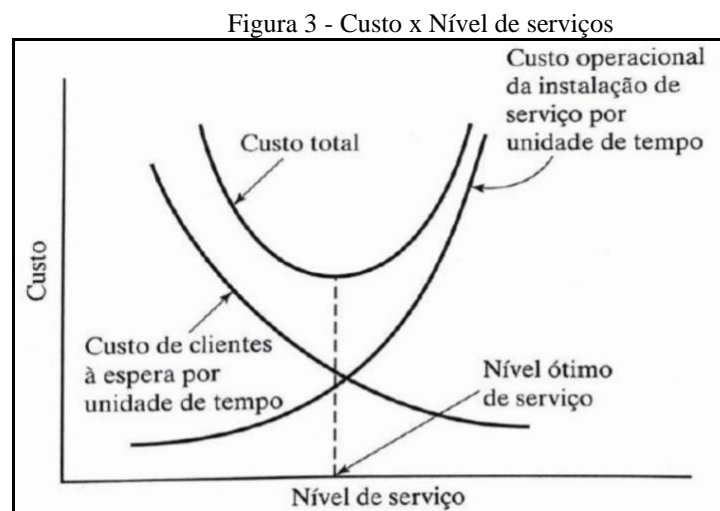
Fonte: INEP (2018).

Diante desse cenário, Kotler e Armstrong (2003) afirmam que para se sobressair, as empresas precisam se preocupar em conquistar seus consumidores. Para isso, é necessário executar o trabalho de entregar valor e satisfação para o cliente, melhor que os seus concorrentes. Contudo, as empresas devem executar uma análise profunda de seus pontos críticos, para sanar os problemas qualitativos que impedem o crescimento do setor de serviço.

Para Kotler (2000), qualidade é um conjunto de atributos e características de um produto ou serviço que, de alguma maneira, influencia na capacidade de satisfação dos consumidores diante de suas necessidades. Ao observar o ambiente de restaurantes e refeitórios universitários, percebe-se que em muitos casos, há insatisfação dos clientes devido

o tempo de espera no atendimento. Isso porque o fornecedor do serviço não está apto ao atendimento da demanda.

Kostecki (1996) afirma que as filas agem como *marketing* nas empresas, uma vez que os custos da espera tendem a aumentar; a vida moderna reduz a tolerância à espera; a satisfação do consumidor está em questão; o tempo se tornou um fator de competitividade e em grande parte das empresas, as filas não são um problema resolvido. Segundo Taha (2008), com os resultados da abordagem analítica do estudo de filas, é possível propor um modelo de otimização de custos para minimizar o custo de serviço e o custo de espera (Figura 3).



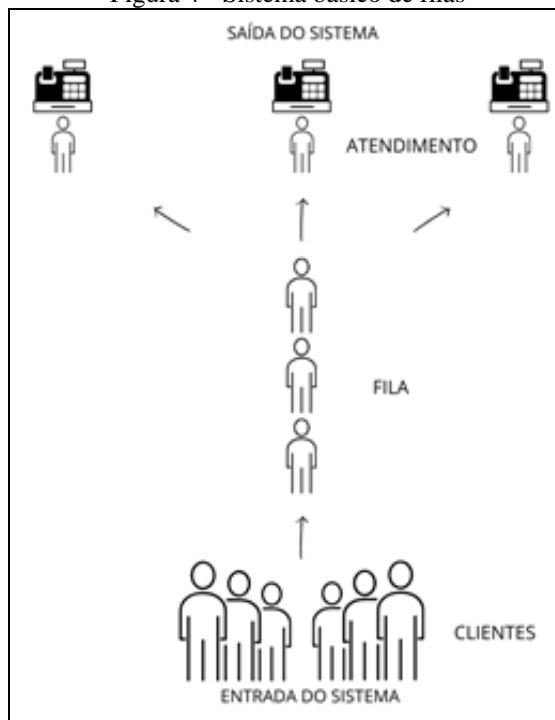
Fonte: Taha (2008).

Assim, para elevar a satisfação dos consumidores e manter um ótimo nível de serviço é necessário equilibrar o sistema de espera, gerenciando os custos operacionais a instalação de serviço e o custo de clientes em espera. Contudo, verifica-se a importância da análise e aplicação da Teoria das Filas.

## 2.2 Teoria das Filas

De acordo com Torres (1966), uma fila é gerada quando clientes chegam a um posto de serviço e não podem ser atendidos prontamente, tendo que, ocasionalmente, esperar. Segundo Hillier e Lieberman (2013), o processo básico de filas é conduzido por clientes que necessitam de atendimento sendo gerados por uma fonte de entrada, posteriormente estes clientes entram no sistema e aguardam em uma fila. Em determinados momentos, um integrante da fila é selecionado para o atendimento; o cliente é atendido e logo após, deixa o sistema (Figura 4).

Figura 4 - Sistema básico de filas



Fonte: Autoria própria.

Teoria das filas consiste na modelagem analítica de processos ou sistemas resultantes em espera e objetivam determinar e avaliar a produtividade desses processos (FOGLIATTI, 2007). As principais características de um sistema de filas são: chegadas, serviços, disciplina de atendimento e capacidade do sistema (FERREIRA FILHO, 2005).

Já para Andrade (2015), um sistema de filas é caracterizado por seis segmentos, sendo eles, modelo de chegada dos usuários ao serviço, modelo de serviço (atendimento aos usuários), número de servidores, capacidade do sistema, tamanho da população e disciplina da fila. Os três primeiros são obrigatórios e os três últimos, quando não informados, são considerados conhecidos, além disto, quando a disciplina da fila não é informada, considera-se para estudo o modelo FIFO, o primeiro que chega é o primeiro a ser atendido (Quadro 1).

Quadro 1 - Segmentos do Sistema de Fila Segundo Andrade (2015)

<b>Modelo de chegada dos usuários ao serviço</b>	É determinado pelo tempo disposto entre as chegadas dos usuários ao sistema. Este modelo pode apresentar caráter determinístico, quando as chegadas ocorrem em intervalos de tempo iguais, ou variável aleatória, quando o tempo de chegada segue uma distribuição de probabilidades previamente conhecida. Para isso, é importante evidenciar a taxa de chegada $\lambda$ (lâmbda), calculada pela média de chegadas dos usuários por unidade de tempo.
<b>Modelo de serviço (atendimento aos usuários)</b>	Tempo demandado ao atendente para finalizar o atendimento do usuário. Este também, pode ter caráter determinístico (atendimentos em tempos iguais) ou variável aleatória (atendimentos com tempos diferentes que seguem uma distribuição de probabilidade previamente conhecida), como no modelo de chegada citado acima. A posteriori, no modelo de serviço evidencia-se a taxa média de atendimentos por unidade de tempo (por atendente), representado pela letra grega $\mu$ (mi).
<b>Número de servidores</b>	Caracteriza-se pelo número de atendentes presentes no sistema.
<b>Capacidade do sistema</b>	Número de usuários que sistemas está apto para atender, incluindo os usuários em fila e os que estão no atendimento. Quando a capacidade do sistema não é informada, considera-se este, como capacidade ilimitada ( $\infty$ ).
<b>Tamanho da população</b>	Número de clientes que podem chegar e necessitar de atendimento em um sistema.
<b>Disciplina da fila</b>	A disciplina da fila define o parâmetro que os usuários serão atendidos. Ela pode ser caracterizada como: <b>FIFO (first in, first out):</b> Primeiro que chega é o primeiro a ser atendido; <b>LIFO (last in, first out):</b> Último que chega é o primeiro a ser atendido; <b>ALEATÓRIO:</b> Atendimentos não seguem nenhuma ordem de chegada; <b>COM PRIORIDADE:</b> Atendimentos feitos sobre uma ordem de prioridade definida pelo sistema;

Fonte: Adaptado de Andrade (2015).

Contudo, Andrade (2015) salienta que a chegada de usuários nos sistemas, normalmente, acontece em caráter aleatório. Logo, o número de clientes que chegam por unidade de tempo varia conforme fluxo de chegada.

Para propor um bom nível de serviço, Cogan (1998) sugere o uso da simulação computacional a fim de minimizar os efeitos da fila de espera e gerenciar suas percepções. Neste contexto, utiliza-se a teoria de filas, que segundo Hillier e Lieberman (2013), está fortemente inserida na área de pesquisa operacional para realizar simplificações de um sistema por meio de modelos que buscam otimizar o fluxo do processo.

### 2.3 Simulação Computacional a Eventos Discretos

Simulação Computacional é o método empregado para estudar o desempenho de um sistema por meio da formulação de um modelo matemático, que possui as mesmas, ou pelo menos semelhantes, características do sistema original (EHRlich, 1988). Já para Hollocks (1992), Simulação Computacional é a técnica de pesquisa operacional utilizada na criação de um programa para representar parte do mundo real de forma que o modelo tenha antevisão do que acontecerá na realidade. Garcia (2002) completa que a modelagem é uma maneira simples de representar a realidade no processo de estudo.

Segundo Freitas Filho (1997), o procedimento de criação artificial de sistemas reais, pressupõe simplificações constituídas por relações matemáticas ou lógicas, as quais são chamadas de modelos. Assim, o autor apresenta uma série de modelos que podem ser utilizados para simulações e experimentações, dentre estes, o Modelo de Simulação a Eventos Discretos.

De acordo com Miyagi (2006), a simulação a eventos discretos é utilizada para análise de sistemas em que o estado das variáveis muda somente com a ocorrência de eventos instantâneos em determinados tempos. Estes modelos são analisados de forma numérica, com a aplicação de métodos computacionais para resolver e executar os modelos matemáticos.

Borshchev e Filippov (2004) afirmam que essas simulações fazem parte dos sistemas de médio a alto nível de detalhamento. Por isso, normalmente são aplicadas a modelos com baixo nível de abstração, isto é, modelos com grande riqueza de detalhes.

O modelo de Simulação Computacional ganhou popularidade frente a análises de sistemas industriais complexos, compreendendo maiores potencialidades de se obter bons resultados com as replicações executadas (O'KANE *et al.*, 2000). Devido a notoriedade do método, vários *softwares* foram criados para executar modelagens elaboradas a partir de um problema realístico, sendo ele preexistente ou totalmente consolidado. Um dos mais utilizados em simulações computacionais é o Arena®. Com um ambiente gráfico integrado, o *software* possui recursos para a análise estatística, modelagem de processos, animação e análise de resultados (PARAGON, 2019).

### 3 METODOLOGIA

De acordo com a linha da metodologia científica desenvolvida por Lakatos e Marconi (2010), este capítulo aborda a natureza da pesquisa, bem como a identificação do seu caráter, a população da amostra, os instrumentos utilizados, ferramentas utilizadas, métodos e procedimentos e o tratamento dos dados.

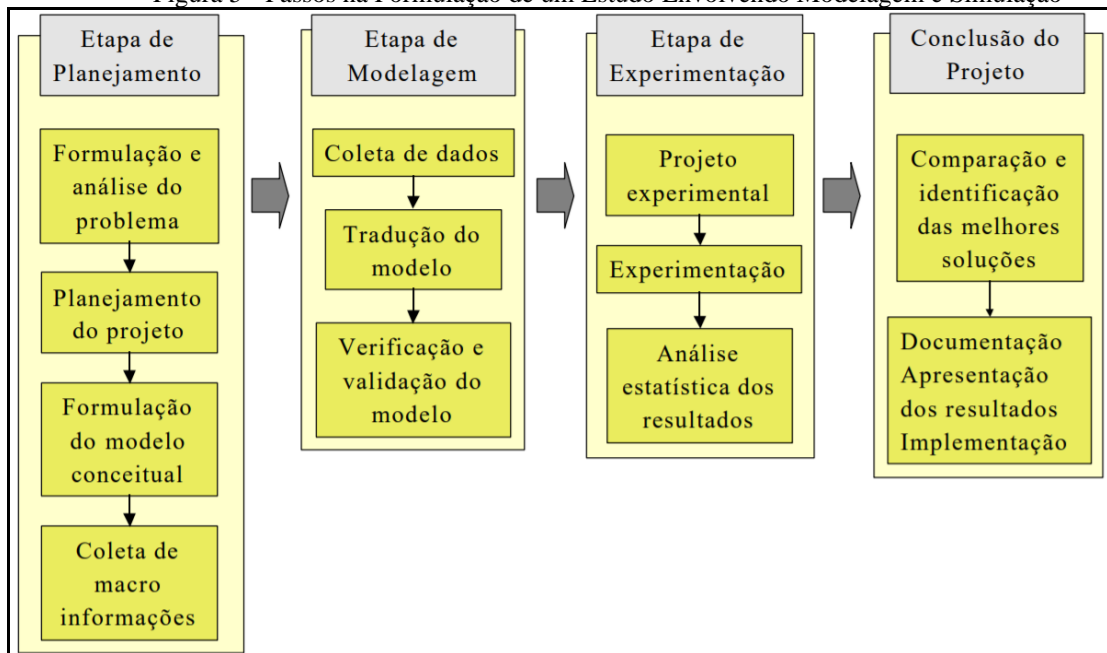
Thiollent (2009) salienta que a pesquisa aplicada gira em torno dos problemas presentes nas atividades de instituições, organizações ou grupos sociais. Além disso, ela está empenhada na elaboração de diagnósticos, identificação de problemas e procura de soluções, atendendo a demanda do “requerente”. Contudo, este estudo é uma pesquisa de natureza aplicada que foi implementada para sanar o problema de demora no atendimento de um refeitório universitário.

Para realizar o estudo e contribuir com a análise de resultados, também foi utilizada a abordagem quanti-qualitativa. De acordo com Wainer (2007), a pesquisa quantitativa se baseia em uma medida numérica de poucas e objetivas variáveis, enfatizando a comparação de resultados utilizando técnicas estatísticas. Ainda segundo o autor, a pesquisa qualitativa é focada na observação cuidadosa de ambientes em que o sistema está sendo ou será usado, de modo a entender as diversas perspectivas e potenciais dos usuários.

O método utilizado neste trabalho é de caráter indutivo, uma vez que Hyde (2000), salienta que o raciocínio indutivo é um processo de construção teórica, iniciado pela observação específica, a fim de estabelecer generalizações a respeito do fenômeno investigado. Além disso, esta pesquisa é de objetivo explicativo, por identificar os fatores que determinam ou que contribuem para ocorrência de determinados fenômenos (Gil, 2007).

Segundo Brighenti (2006), a metodologia em trabalhos de simulação computacional, busca sistematizar as etapas de desenvolvimento, consolidando a integração entre suas ferramentas, modeladores e usuários, além de prevenir o desperdício de tempo, recursos e evitar resultados inesperados. Contudo, Freitas Filho (2008), enfatiza a importância de seguir passos pré-definidos para que o sistema seja bem modelado, como apresenta a Figura 5.

Figura 5 - Passos na Formulação de um Estudo Envolvendo Modelagem e Simulação



Fonte: Freitas Filho (2008).

A etapa de Planejamento se subdivide em 4 processos básicos que introduzem o sistema. Dentro desta, realiza-se primeiro a Formulação de Análise do Problema, para definir os objetivos a serem alcançados no estudo, além de observar possíveis riscos e estabelecer os limites do ambiente. Em seguida, tem-se o Planejamento do Projeto, fomentando os recursos disponíveis para o estudo, tais como funcionários, tecnologias e custos monetários, neste processo é elaborado o cronograma de afazeres e os cenários a serem analisados. Por sua vez, na Formulação do Modelo Conceitual, o objetivo é construir uma modelagem realística do sistema, com o padrão de coleta de dados e estratégia matemática estabelecida. Ao finalizar esta etapa, o processo de Coleta de macro informações, busca qualquer referência que possa contribuir com a pesquisa.

Já a etapa de modelagem, se subdivide em 3 processos. O primeiro deles é a Coleta de Dados, em que os dados são eleitos especificamente para serem utilizados no modelo. É necessário um cuidado elevado ao realizar este processo para que não haja inconsistência no resultado. Em seguida, ocorre a Tradução a Modelo, como o mapeamento do modelo conceitual para uma simulação específica de programação e *software*. Por fim, o último processo desta etapa é a Verificação e Validação do Modelo, utilizado para corrigir qualquer erro de semântica ou sintaxe para executar o projeto, a fim de comparar os resultados gerados inicialmente com o sistema real, se os resultados não estiverem condizentes, é necessário realizar uma nova análise do modelo e alterar os padrões pré-definidos anteriormente.



Para etapa de experimentação, o Projeto Experimental consiste em conceber um conjunto de experimentos com resultados satisfatórios. A Experimentação ocorre com a execução do modelo com a finalidade de obter os resultados e realizar a análise de sensibilidade. Contudo, é feita a Interpretação e Análise Estatística dos Resultados, na qual obtém-se uma estimativa de desempenho do sistema e analisa-se a necessidade de executar replicações para aumentar a precisão estatística dos resultados.

Na Conclusão do Projeto, o primeiro passo é a Comparação e Identificação das Melhores Soluções, que após o desenvolvimento de diversos cenários modelados encontra-se aquele modelo que melhor se adequa aos resultados obtidos, a fim de sanar o problema inicial observado, usualmente, este processo é feito por meio de comparações com os sistemas existente. Enfim, realiza-se a Documentação, Implementação e Análise dos Resultados, com todos os passos do desenvolvimento do projeto em um documento formal, apresentação dos resultados alcançados com a devida precisão e assim, confirmar os objetivos iniciais e proposta de soluções de melhoria para o sistema futuro.

Contudo, a partir deste modelo proposto por Freitas Filho (2008), a aplicação detalhada das etapas ocorrerá de forma prática e sucinta de acordo com o estudo.

- a) Caracterização da empresa: Para modelagem do estudo no Refeitório Universitário aqui apresentado, verificou-se as principais características da empresa e sua disposição no ambiente de atendimento, porte (pequeno, médio ou grande), quantidade de funcionários, arranjo físico, principais serviços oferecidos, cardápio, horário de funcionamento e fluxo de clientes;
- b) Análise do comportamento de filas: O cenário estudado, compreende-se que a formação de filas no Refeitório, ocorre em dois momentos específicos do processo, o primeiro relacionado à agilidade e opção de escolha do cliente e o outro, relacionado à rapidez de atendimento dos funcionários. Porém, ambos se correlacionam de acordo com a capacidade do sistema, disposição das guarnições e o número de clientes em horários predefinidos;
- c) Seleção do modelo de estudo: Para caracterizar um modelo é preciso dispor da maneira como ocorrem as mudanças nas variáveis do sistema. Após analisar o cenário escolhido para pesquisa, o modelo indicado para compor este trabalho, se consolidou através de um estudo descritivo da Simulação a Eventos Discretos (CHWIF; MEDINA, 2015);
- d) Coleta de dados: Ao analisar o cenário para coleta de dados, considerou-se dias e horários com maior fluxo de clientes no estabelecimento. Assim, por meio de uma

- prévia observação, definiu-se o padrão de coleta e as variáveis utilizadas para compor o modelo;
- e) Tratamento de dados: Na realização do tratamento de dados, mapeou-se o modelo conceitual e o alinhou para a programação do sistema no *software* ARENA®. Para isso, os dados coletados foram dispostos em tabelas e passaram por uma minuciosa análise, levando em consideração valores atípicos (*outliers*), aleatoriedade de dados e verificação da hipótese de aderência;
  - f) Verificação e validação: Na etapa de verificação, estudou-se a relação entre o modelo computacional e o modelo conceitual para assegurar que a programação funcione conforme o desejado e por meio de uma análise comparativa e modelagens manuais, foram corrigidos os erros de cálculo e sintaxe para primeira execução do projeto. Posteriormente, na validação dos dados, calculou-se o número de replicações ( $n$ ) necessárias para melhor coerência dos resultados no sistema e a precisão ( $h$ ) com base na análise de sensibilidade do modelo. Contudo, realizou-se uma nova análise comparativa com o modelo anterior e executou-se o processo de validação “face a face”, a fim de aumentar o grau de confiança do modelo;
  - g) Proposição de cenários alternativos: Por fim, os resultados encontrados durante o processo de execução do modelo foram analisados minuciosamente para que os objetivos iniciais do trabalho fossem atingidos. Portanto, após esta análise houve a proposição de cenários alternativos de trabalho no Refeitório Universitário em estudo.

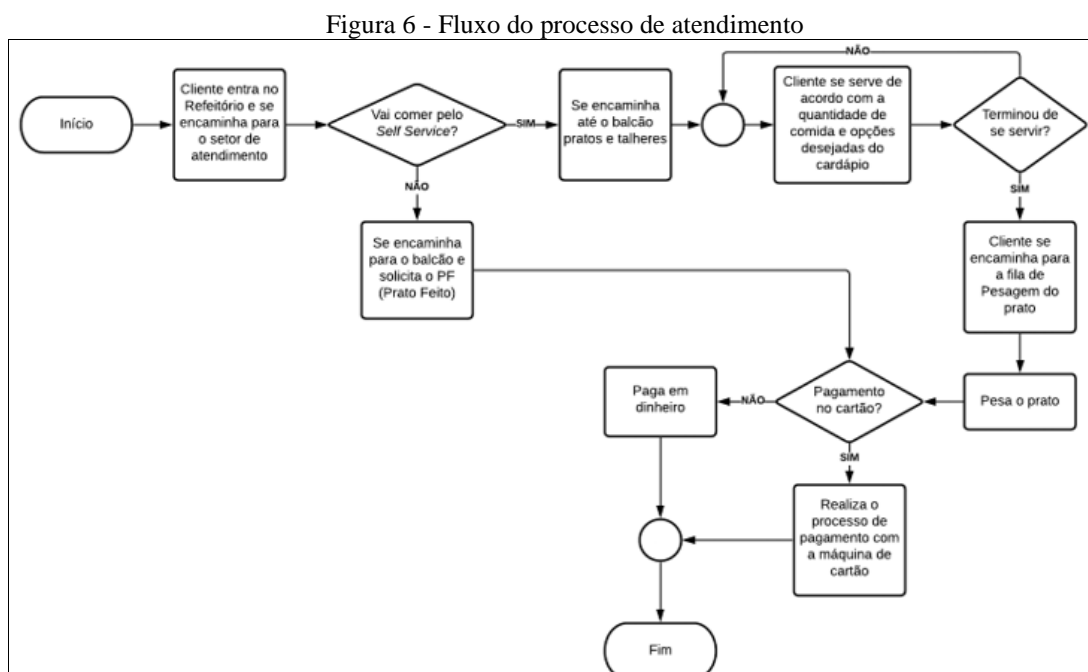
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos através da implementação do Modelo Conceitual no *software* ARENA®, além de das análises realizadas por meio da Teoria das Filas e da Simulação Computacional a Eventos Discretos pela referida pesquisa.

### 4.1 Descrição da empresa

O Refeitório Universitário em estudo é gerido por uma empresa de pequeno porte, atua no ramo alimentício e atende instituições de ensino e lazer de Governador Valadares, além de fornecer lanches escolares a outras cidades da região. Seu cardápio conta com café da manhã, almoço, lanches e jantar. Além disso, há opções saudáveis e acessíveis para diferentes públicos.

Seu espaço físico na universidade possui mesas e cadeiras, dispostas de forma ampla e cinco funcionários no total, sendo estes divididos em turnos (matutino/vespertino e vespertino/noturno) que compõem o funcionamento do estabelecimento de 06:00 às 21:30 horas. No horário de almoço (11:00 às 14:00 horas), unicamente, o trabalho ocorre com a totalidade dos colaboradores, uma vez que este é o período de maior movimento e há oferta de dois tipos de serviços: Prato feito de valor fixo e *Self-Service* de valor variável na balança. Estes serviços seguem o fluxo de processos apresentados na Figura 6.



Fonte: Autoria própria.

Como evidenciado na Figura 6, ao adquirir o Prato Feito, os clientes formam uma única fila no caixa para realizar o pagamento e a montagem do prato por meio de uma ficha simples, onde o atendente anota os itens de acordo com o cardápio do dia. Já aqueles que optam pelo serviço de *Self-Service*, estão sujeitos a um sistema, com uma fila e dois atendimentos.

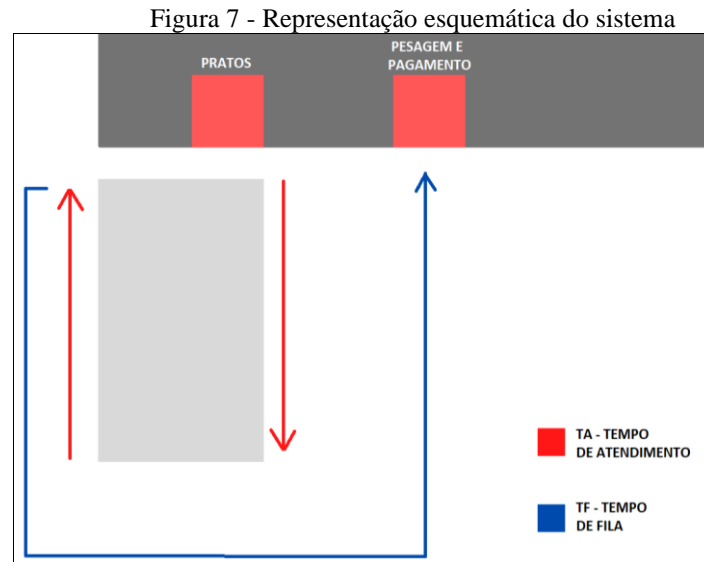
Durante o período de observações para definição do estudo, percebeu-se que no horário de almoço, a formação de filas é verificada em maior escala no processo de Pesagem e Pagamento, prejudicando o fluxo de pessoas no ambiente.

## 4.2 Análise da coleta de dados

Na etapa de coleta de dados, foram considerados dias e horários com maiores fluxos de clientes no estabelecimento. Assim, os dados foram recolhidos em duas quintas-feiras, respectivamente, dias 10 e 17 de outubro de 2019, no intervalo de 11:40 às 12:40 horas, considerado o período de maior venda.

De acordo com Chwif e Medina (2015), o tamanho da amostra do estudo deve estar entre 100 e 200 dados e estes devem ser coletados na ordem em que os fenômenos acontecem, permitindo a análise de correlação. Por isso, para melhor confiabilidade, 108 dados foram coletados, como sugerido pelos autores. Além disso, seguindo a representação esquemática da Figura 7, definiu-se que a escala de tempo utilizada no modelo seria segundos (s) e as variáveis coletadas seriam simplificadas em:

- $\lambda$ : Taxa de chegada (momento que o cliente chega para se servir);
- *TA1*: Tempo de atendimento 1 (tempo utilizado para se servir);
- *TF*: Tempo de fila (tempo de fila para pesagem e pagamento);
- *TA2*: Tempo de atendimento 2 (tempo utilizado para pesagem e pagamento).



As setas apresentadas em vermelho, representam o Tempo de Atendimento 1 e a seta em azul, o Tempo de Fila. A Taxa de Chegada foi aferido conforme os clientes entravam no estabelecimento e o Tempo de Atendimento 2 foi medido no posto “Pesagem e Pagamento”, identificado na parte superior da figura.

### 4.3 Tratamento de dados e modelo conceitual

Após a coleta de dados, os mesmos foram dispostos em tabelas e com o auxílio do *software Microsoft Excel*®, identificou-se os valores considerados fora da curva (*outliers*). Segundo Chwif e Medina (2015), *outliers* são valores discrepantes que podem ser causados devido ao erro na coleta de dados ou eventos atípicos.

Para realizar o cálculo destes valores, foi feito a média aritmética da amostra, a definição do primeiro e do terceiro quartil de acordo com a fórmula “Quartil.exc()” presente no *Microsoft Excel*® e a variação interquartil (IQR), que é a diferença entre os quartis. Após isso, calculou-se os limites inferiores e superiores de acordo com o tipo de *outlier*, seguindo as fórmulas da Tabela 1.

Tabela 1 - Fórmulas de *outliers* por Chwif e Medina

	Outliers Moderados	Outliers Extremos
Lsup	$\bar{x} + 1,5 \times IQR$ (1)	$\bar{x} + 3 \times IQR$ (3)
Linf	$\bar{x} - 1,5 \times IQR$ (2)	$\bar{x} - 3 \times IQR$ (4)

Fonte: Chwif e Medina (2015)

Na qual:

$$\bar{x} = \text{Média}$$

Contudo, os valores que se encontram fora destes limites são considerados discrepantes e retirados da amostra. A *posteriori*, foi elaborado o diagrama de dispersão para analisar a aleatoriedade dos dados de acordo com o valor do coeficiente determinístico ( $R^2$ ), que variou de 0,0013 a 0,0665, confirmando a hipótese de que os dados foram coletados de maneira aleatória, uma vez que Chwif e Medina (2015) indicam que para  $R^2$  próximos de zero, a variância dos dados não é explicada pela ordem de coleta dos mesmos.

Ainda neste processo, utilizando o *Input Analyser* do ARENA®, calculou-se o  $p$ -valor (parâmetro estatístico usual) para verificação da hipótese de aderência através do Teste Chi-Quadrado (Tabela 2), de acordo com o parâmetro usual de Chwif e Medina (2015).

Tabela 2 - Parâmetro usual de  $p$ -valor por Chwif e Medina (2015)

Valor	Critério
$p\text{-valor} < 0,01$	<b>Forte</b> evidência contra a hipótese de aderência
$0,01 \leq p\text{-valor} < 0,05$	<b>Moderada</b> evidência contra a hipótese de aderência
$0,05 \leq p\text{-valor} < 0,10$	<b>Potencial</b> evidência contra a hipótese de aderência
$0,10 \leq p\text{-valor}$	<b>Fraca ou inexistente</b> evidência contra a hipótese de aderência

Fonte: Chwif e Medina (2015)

Assim, foi avaliada quantitativamente a relação entre o resultado do experimento e a distribuição esperada, e do histograma gerado pelo *software*. A Tabela 3 apresenta os resultados do teste de aderência.

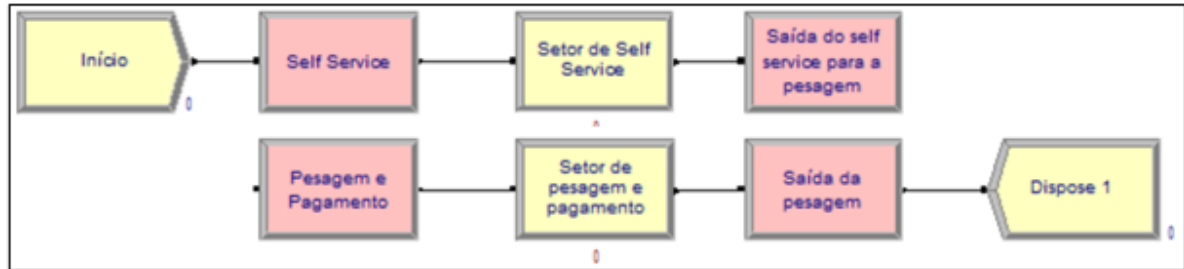
Tabela 3 - Verificação de aderência

	Variável	$P$ -Valor	Expressão (Chi-Quadrado)
$\lambda$	<b>Com todos dados</b>	<b>0.172</b>	<b>0.999 + EXPO(73.7)</b>
	Sem outliers moderados	0.005	0.999 + GAMM(123, 0.433)
	Sem outliers extremos	0.0417	0.999 + WEIB(45, 0.567)
TA1	Com todos dados	0.005	NORM(123, 46.1)
	<b>Sem outliers moderados</b>	<b>0.0589</b>	<b>NORM(112, 29)</b>
	Sem outliers extremos	0.005	NORM(120, 41.8)
TA2	Com todos dados	0.305	8.5 + WEIB(30.2, 1.65)
	<b>Sem outliers moderados</b>	<b>0.311</b>	<b>8.5 + WEIB(29.7, 1.68)</b>
	Sem outliers extremos	0.305	8.5 + WEIB(30.2, 1.65)

Fonte: Autoria própria.

Na programação das funções no modelo executado, foi adotada a expressão de melhor aderência (encontram-se destacadas na Tabela 3) para as variáveis de Índice de chegada, Tempo de Atendimento 1 e Tempo de Atendimento 2. Perante esta situação, a formulação do modelo foi elaborada pelo *software* ARENA® e proposta pela Figura 8, indicando as estações de trabalho do refeitório neste período.

Figura 8 - Estação de trabalho do Refeitório Universitário



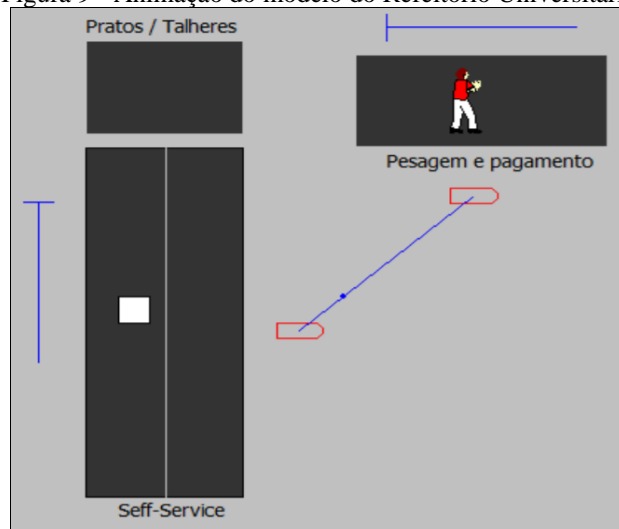
Fonte: Autoria própria.

Para formulação inicial do modelo, foi criado um bloco “*Create*” que recebeu o nome de Início. Neste bloco, foi utilizado a distribuição estatística exponencial, com a expressão de melhor aderência do Índice de Chegada ( $0.999 + \text{EXPO}(73.7)$ ) e unidade em segundos. Logo em seguida, criou-se o bloco “*Station*” e o nomeou de *Self-Service*, representando o primeiro posto de serviço. Com isso, houve a implementação do bloco “*Process*” do Setor de *Self-Service*, utilizando a lógica “*Seize Delay Release*”, garantindo que o cliente ocupe um posto de atendimento por um tempo determinado (*Delay*) e seja atendido por um recurso, que neste caso, foi chamado de “Guarnição”.

Na segunda linha de programação, um novo “*Station*” foi alocado, representando o segundo posto de serviço (Pesagem e Pagamento). Do mesmo modo, no bloco “*Process*”, utilizou-se a lógica “*Seize Delay Release*” e acrescentou-se um novo recurso nomeado “Atendente”. Posteriormente, foi criado um bloco “*Leave*” que direciona o cliente a “Saída da Pesagem e Pagamento”. Contudo, o bloco “*Dispose 1*” encerra o processo e o cliente sai do sistema.

Por fim, elaborou-se, a animação esquemática do modelo, seguindo a rota (Figura 9).

Figura 9 - Animação do modelo do Refeitório Universitário



Fonte: Autoria própria.

Nesta animação são evidenciados os postos de *Self-Service* e *Pesagem e Pagamento*, com suas respectivas filas. Dessa forma, foi feita a verificação do modelo a partir da avaliação qualitativa e quantitativa dos dados, segundo Schwif e Medina (2015). Para isso, realizou-se uma análise de sensibilidade, com a finalidade de determinar a influência de alterações nos parâmetros de entrada no sistema. Além disso, foi apresentado às pessoas que realmente entendem do processo, um comparativo do modelo conceitual com o modelo real, executando uma análise “face e face” do sistema.

#### 4.4 Análise da implementação do modelo

Conforme o relatório apresentado pelo *software* ARENA®, o número de pessoas que entraram no sistema é 42 e ao compará-lo com a média real coletada de 55 pessoas, percebe-se que o resultado apresentado ficou abaixo do esperado. Com isso, para melhor ajuste do modelo, calculou-se a precisão e o número de replicações necessárias ( $n^*$ ) para a validação do estudo. Todavia, efetua-se uma nova execução com o valor de  $n^*$ .

Para isso, é primordial calcular a precisão ( $h$ ) e o intervalo de confiança ( $IC$ ) para a média de pessoas em fila e média de permanência em fila, do setor de *Self-Service* e do setor de *Pesagem e Pagamento*. Portanto, utilizou-se os dados obtidos através de 10 replicações, seguindo as equações 5 e 6 de Chwif e Medina (2015).

$$h = t_{n-1, \alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (5)$$



Na qual:

$n$  = Quantidade de replicações da amostra piloto

$s$  = Desvio padrão

Grau de confiança = 95%

$\alpha$  = 5%

$t_{n-1,\alpha/2}$  = 2,685010847

$$IC = \bar{x} \pm h \quad (6)$$

Na qual:

$\bar{x}$  = Média

$h$  = Precisão

A Tabela 4 representa o resultado inicial da precisão calculada e o intervalo de confiança.

Tabela 4 - Precisão e intervalo de confiança calculados no Setor de Self-Service e Pesagem e Pagamento com base em 10 replicações, a 95% de estatística de teste

		Média	Desvio Padrão	Precisão (h)	Intervalo de Confiança
Self-service	Média de pessoas em fila	0,02382761	0,02538673	0,021555237	$0,002272377 \leq x \leq 0,045382851$
	Média de permanência em fila	0,00047465	0,000510529	0,000433477	$0,000041168 \leq x \leq 0,000908122$
Pesagem e Pagamento	Média de pessoas em fila	0,35812296	0,182436027	0,15490186	$0,203221099 \leq x \leq 0,513024819$
	Média de permanência em fila	0,00786976	0,003185769	0,002704957	$0,005164805 \leq x \leq 0,010574719$

Fonte: Autoria própria.

A partir destes dados, foi calculado o número de replicações necessárias ( $n^*$ ) para que o modelo seja condizente com o real, por meio da Equação 7 de Chwif e Medina (2015).

$$n^* = \left[ n \left( \frac{h}{h^*} \right) \right]^2 \quad (7)$$

Na qual:

$h^*$  = Precisão desejada

$h$  = Precisão calculada da amostra piloto

$n$  = Quantidade de replicações da amostra piloto

$n^*$  = Número de replicações necessárias  $n^*$

A fim de minimizar os erros relacionados ao processo de interferência, a partir dos cálculos já apresentados, utilizou-se o  $n^*$  de maior valor (Tabela 5). O  $h^*$  foi definido conforme o desempenho desejado por parte dos gestores do negócio e pela experiência da autora.

Tabela 5 - Número de replicações necessárias no Setor de Self-Service e Pesagem e Pagamento

		$h^*$	$n^*$
Self-Service	Média de pessoas em fila	0,015	20,6501446
	Média de permanência em fila	0,0003	<b>20,8780576</b>
Pesagem e Pagamento	Média de pessoas em fila	0,12	16,6629085
	Média de permanência em fila	0,002	18,2919752

Fonte: Autoria própria.

Logo, o modelo foi executado novamente com 21 replicações (Figura 10).

Com base no relatório apresentado pelo *software* ARENA®, constatou-se que no tempo estabelecido no modelo (1 hora), foram atendidas 48 pessoas, enquanto 4 ainda ficaram aguardando, totalizando uma entrada de 52 clientes no sistema. Contudo, percebe-se que há tendência na formação de fila no setor de Pesagem e Pagamento, concluindo que o modelo reproduz as atividades das entidades que compõem o sistema, como esperado.

Figura 10 - Número de pessoas no sistema após 21 replicações

Number In	Average
Cientes	51.1429
Number Out	Average
Cientes	47.8095

Fonte: Autoria própria.

Para melhor visualização dos resultados obtidos, foi elaborada a Tabela 6, para fins comparativos, relacionadas ao Tempo de fila e ao Número de pessoas em fila no sistema.

Tabela 6 - Média do tempo e quantidade de pessoas da fila para 21 replicações

Replicação	Média do tempo de fila (horas)		Média de pessoas em fila	
	Self-Service	Pesagem e Pagamento	Self-Service	Pesagem e Pagamento
1	0	0,01	0,02	0,34
2	0	0,01	0,01	0,31
3	0	0,01	0,05	0,48
4	0	0	0	0,18
5	0	0,01	0,07	0,35
6	0	0	0	0,07
7	0	0,01	0	0,48
8	0	0,01	0,04	0,66
9	0	0	0	0,19
10	0	0,01	0,04	0,54
11	0	0,02	0,17	1,44
12	0	0,03	0,27	2,23
13	0	0,02	0,06	1,02
14	0	0,01	0,02	0,47
15	0	0,01	0,02	0,41
16	0	0,01	0,05	0,52
17	0	0	0	0,13
18	0	0	0,02	0,2
19	0	0,02	0,23	1,07
20	0	0,01	0,27	1,57
21	0	0,01	0,1	0,53
Média	0	0,01	0,0685714	0,628095238
Desvio-padrão	0	0,007745967	0,0886728	0,547947252

Fonte: Autoria própria.

Pela Tabela 6 pode-se verificar por meio da média dos resultados, que o tempo de fila no setor de *Self-Service* é nulo em todas as replicações e o número médio de pessoas em fila neste setor, é menor que o número médio de pessoas em fila no setor de Pesagem e Pagamento. Novamente, procedeu-se o cálculo de intervalo de confiança, considerando o teste a 95% de confiança, para a quantidade de 21 replicações, a fim de validar o modelo computacional (Tabela 7).

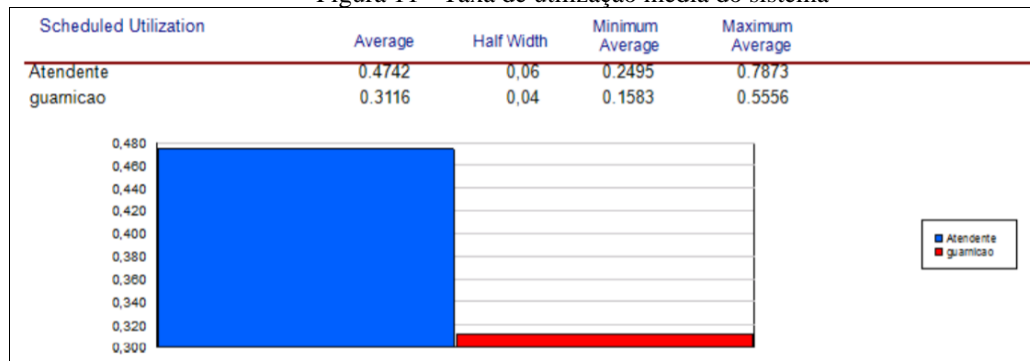
Tabela 7 - Intervalos de confiança calculados no Setor de Self-Service e Pesagem e Pagamento com base em 21 replicações, a 95% de estatística de teste

	Self-Service	Pesagem e Pagamento
Média do tempo de fila	$0 \leq x \leq 0$	$0,006 \leq x \leq 0,014$
Média de pessoas em fila	$0,028 \leq x \leq 0,109$	$0,379 \leq x \leq 0,878$

Fonte: Autoria própria.

Foram destacadas, na Tabela 6, as médias que não se encontram dentro do intervalo de confiança (Tabela 7). Isso ocorre dada a aleatoriedade do modelo computacional desenvolvido. Para resultados ainda mais precisos e a validação do modelo, foi obtida a taxa de utilização das entidades do sistema (Figura 11) e o número de pessoas atendidas (Figura 12) em cada estágio do modelo. Esta análise se deu através de gráficos gerados pelo *software*.

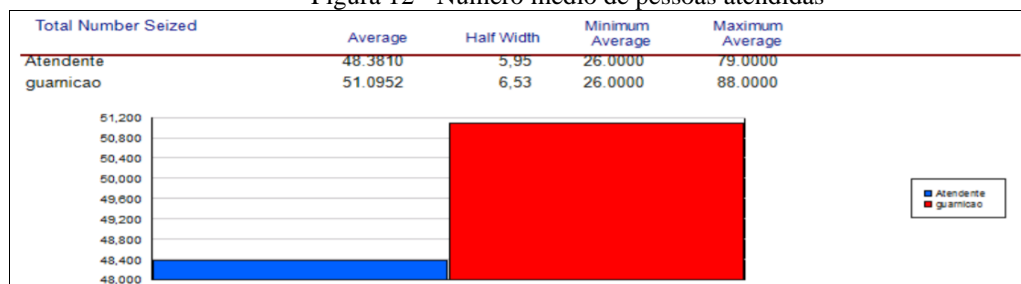
Figura 11 - Taxa de utilização média do sistema



Fonte: Autoria própria.

Com base na Figura 11, pode-se observar que o Atendente possui uma taxa de utilização média maior em relação à Guarnição. Apesar disso, ao realizar a análise do Número médio de pessoas atendidas (Figura 12), pode-se concluir que a Guarnição é capaz de atender o maior número de clientes no intervalo de tempo em questão.

Figura 12 - Número médio de pessoas atendidas



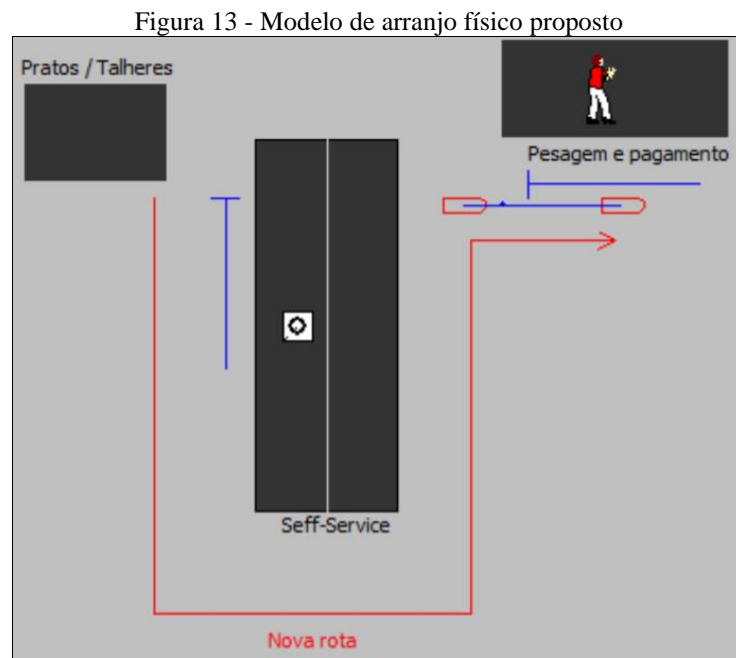
Fonte: Autoria própria.

Posto isto, conclui-se que os três níveis de validação sugeridos por Chwif e Medina (2015) foram comprovados neste estudo. No Nível Qualitativo, foi realizado a análise de funcionamento do sistema para verificar se os resultados iniciais da primeira execução do modelo no *software* estão em conformidade com a realidade. No Nível Quantitativo Informal, houve a comparação dos resultados numéricos com os dados do sistema real, validando os parâmetros, utilizados na programação, por sua ordem de grandeza. Por fim, no nível Quantitativo Formal, foram aplicadas técnicas estatísticas para finalizar a validação dos dados, como por exemplo, o teste de inferência realizado neste tópico, mostra que, com 95% de confiança, os resultados das replicações equivalem ao comportamento real do sistema.

#### 4.5 Proposição de Cenário Ideal

Em suma, as análises realizadas neste estudo possibilitaram a criação de cenários

ideais de funcionamento do Refeitório Universitário. Contudo, propõe-se um novo modelo para o arranjo físico e programação para o estabelecimento, apresentado pela Figura 13. No novo arranjo físico, a disposição dos utensílios como pratos e talheres se alocariam à esquerda das guarnições, tal mudança, se faz necessária, porque a rota de clientes passará a acontecer já em direção ao setor de pesagem e pagamento, de modo a diminuir o tempo de transição entre estágios e agilizar o processo como um todo.

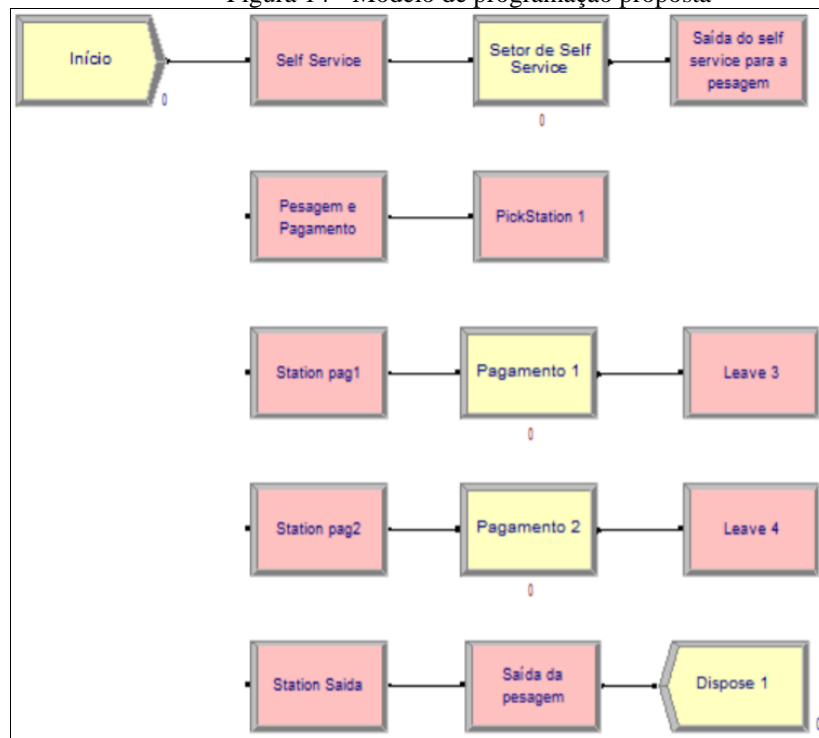


Fonte: Autoria própria.

Para uma nova programação, sugere-se a inserção de um novo atendente no setor de Pesagem e Pagamento, por ser o gargalo do sistema. Sendo assim, utilizou-se o recurso *PickStation*, disponível no *software ARENA®* para resultados mais precisos, conforme a formulação proposta pela Figura 14. Nesta formulação, após o bloco “*Process*” do Setor de *Self-Service*, foi adicionado um novo bloco “*Leave*” onde os clientes saem deste setor e são direcionados ao Setor de Pesagem e Pagamento.

Contudo, houve a inclusão do *PickStation* para realizar o desvio de entidades, baseando sempre no valor mínimo de seleção, logo, sua finalidade no sistema, é alocar os clientes na fila com menor número de pessoas. Estas filas foram representadas pelas estações “*Station pag1*” e “*Station pag2*”. Após cada estação, foi inserido o “*Process*” dos pagamentos e o “*Leave*” apontando para o “*Station Saída*”. Em seguida, as entidades são direcionadas a Saída da Pesagem e Pagamento e ao “*Dispose 1*” que finaliza o processo.

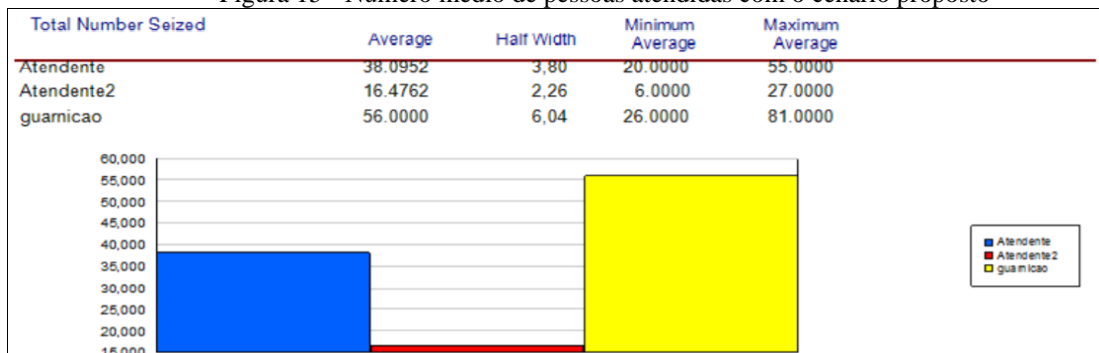
Figura 14 - Modelo de programação proposta



Fonte: Autoria própria.

Ao executar este novo modelo, obteve-se o resultado apresentado pela Figura 15, e evidenciou-se um aumento de 9,8% na capacidade na utilização das guarnições e 12,5% na capacidade de atendimento.

Figura 15 - Número médio de pessoas atendidas com o cenário proposto



Fonte: Autoria própria.

Portanto, conclui-se por meio da análise comparativa de resultados, que com a adição de 1 atendente e a mudança de arranjo físico no estabelecimento, o novo sistema adquire a capacidade para atender, aproximadamente, seis pessoas a mais, em relação ao sistema atual. Este fato se evidencia, a partir do momento que o cliente otimiza tempo de percurso dentro do Restaurante Universitário e permanece menos tempo na fila de Pesagem e Pagamento.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho propôs um novo cenário de funcionamento de um Refeitório Universitário, baseado na Teoria de Filas e na aplicação da Simulação Eventos Discretos utilizando o software ARENA® Simulation. A fim de proporcionar melhorias no atendimento ao cliente, foi constatado, a princípio, maior formação de filas no Setor de Pesagem e Pagamento do serviço de *Self-Service*, que propiciou a realização do estudo neste posto de serviço.

Com isso, foi descrito o modelo de funcionamento do estabelecimento e a formulação do sistema a ser estudado por meio do fluxo de atendimento. Posteriormente, houve a definição da coleta de dados, tais como dias, horários, métodos e a determinação das variáveis de estudo (Índice de Chegada, Tempo de Atendimento 1 e Tempo de Atendimento 2).

Em seguida, os dados foram tratados, verificados e validados, de modo que o sistema real fosse representado no modelo conceitual do ARENA®. Como a validação do modelo e sua execução, confirmou-se a hipótese de gargalo no Setor de *Self-Service* e foi apresentado cenários alternativos para resolução do problema.

Inicialmente, no período de 1 hora, o atendente era capaz de atender, aproximadamente, 48 pessoas e as guarnições possuíam capacidade igual 51 pessoas. Após mudança de cenário e com o acréscimo de 1 atendente neste setor, o número de pessoas atendidas pelos atendentes cresceu 12,5% e a capacidade de atendimento relacionada as guarnições teve um aumento de 9,8%.

No decorrer do estudo, o processo de verificação de dados foi primordial para garantir que a programação funcionasse de modo eficiente, a princípio, a modelagem não acontecia conforme o sistema real, então foi realizada uma reprogramação manual, que comparada a modelagem conceitual na avaliação “face a face”, permitiu que um erro de cálculo e sintaxe fosse corrigido.

Neste estudo, a principal limitação, se deu com a dificuldade de coleta dos dados devido à falta de controle da quantidade de pessoas que entravam no estabelecimento. Além disso, o tratamento de dados passou por uma análise minuciosa para garantir boa precisão de resultados, uma vez que o estudo foi realizado com uma grande quantidade de dados.

Contudo, sob as proposições realizadas, este estudo pode ser adaptado na perspectiva de outras empresas, servindo como base para análises de estabelecimentos do mesmo segmento. Recomenda-se que, inicialmente, uma pesquisa de atendimento seja realizada com os clientes, para que novas alterações sejam sugeridas por eles, analisando no decorrer do

estudo, se essas são viáveis. Assim, as programações e formulações dos sistemas devem se adequar de acordo com a proposta de melhoria em cada ambiente.

Ademais, o conteúdo deste trabalho contribuiu com a organização, ao gerar impactos positivos em seu ambiente de atuação, de modo que os processos relacionados ao serviço de *Self-Service* se tornarão mais rápidos e eficazes, além de proporcionar um aumento significativo na qualidade dos serviços prestados com a diminuição do fator tempo de espera.



## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. L. de. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFEIÇÕES COLETIVAS (ABERC). **Mercado Real**. Disponível em: <https://www.aberc.com.br/mercadoreal.asp?IDMenu=21>. Acesso em: 1 de jul. 2020.
- BEZERRA, Gleicy Jardi *et al.* **Merchandising no Ponto-De-Venda (PDV) como estratégia de atrair consumidores: um estudo de caso em um supermercado de Dourados-MS**. 2013.
- BORTOLOTTI, S. L. V. *et al.* Consumer satisfaction and item response theory: creating a measurement scale. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 19, n. 2, 2012.
- BORSHCHEV, A.; FILIPPOV, A. From system dynamics and discrete event to practical agent based modeling: reasons, techniques, tools. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE SYSTEM DYNAMICS SOCIETY*, 22, 2004.
- BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo da Educação Superior**. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/censo-da-educacao-superior>. Acesso em: 1 jul. 2020.
- BRIGHENTI, J. R. N. **Simulação e otimização de uma linha de manufatura em fase de projeto**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, 2006.
- CHIAVENATO, I. **Empreendedorismo: dando asas ao espírito empreendedor**. São Paulo: Saraiva, 2005.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos**. São Paulo: Ed. dos Autores, 2015.
- COGAN, S. **Gerenciando as percepções nas filas de espera: para aumentar o nível de satisfação dos clientes**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.
- EHRlich, P. J. **Pesquisa operacional: curso introdutório**. 6. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 1988
- FERREIRA FILHO, Virgílio José Martins. **Processos estocásticos e teoria de filas**. Programa de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2005.
- FIGUEIREDO, D. D.; ROCHA, S. H. Aplicação da teoria das filas na otimização do número de caixas: um estudo de caso. **Iniciação Científica CESUMAR**, Curitiba, v. 12, n. 2, p. 175-182, 2010.
- FOGLIATTI, M. C.; MATTOS, N. M. C. **Teoria de filas**. Rio de Janeiro: Interciência, 2007.

FREITAS FILHO, Paulo J. **Introdução a modelagem e a simulação de sistemas discretos. Apostila**, UFSC, SC, 2008.

GARCÍA, Rolando. **O conhecimento em construção: das formulações de Jean Piaget à teoria dos sistemas complexos**. Tradução: Valério Campos. Porto Alegre: Artmed, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GRANATO, B D. **Simulação do sistema de serviço em um restaurante**. 2014. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

HILLIER, Frederick S. & LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à pesquisa operacional**. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

HOLLOCKS, Brian. A well-kept secret? Simulation in manufacturing industry reviewed. **Or Insight**, v. 5, n. 4, p. 12-17, 1992.

HYDE, K. F. Recognizing deductive processes in qualitative research. **Qualitative Market Research**, Bingley, England, v. 3, v. 2, p. 82, 2000.

KOTLER, Philip e ARMSTRONG, Gary. **Princípios de marketing**. 9. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

KOTLER, Philip. **Administração de marketing**. 12. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

KOSTECKI, Michel. Waiting lines as a marketing issue. **European management journal**, v. 14, n. 3, p. 295-303, 1996.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica: ciência e conhecimento científico, métodos científicos, teoria, hipóteses e variáveis**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MIYAGI, Paulo E. **Introdução a simulação discreta**. São Paulo: USP, 2006.

O'KANE, J.F.; SPENCELEY, J.R.; TAYLOR, R. Simulation as an Essential Tool for Advanced Manufacturing Technology Problems. **Journal of Materials Processing Technology**, n. 107, p. 412-424, 2000.

OLIVEIRA, G. B. **Simulação Computacional: análise de um sistema de manufatura em fase de desenvolvimento**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Engenharia de Itajubá: UNIFEI, 2007.

OSCHI, Marília; Rubinstein, Licia. Comer fora de casa consome um terço das despesas das famílias com alimentação. **Agência IBGE. Notícias**. 10/10/2019. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/25607-comer-fora-de-casa-consome-um-terco-das-despesas-das-familias-com-alimentacao#:~:text=Comer%20fora%20de%20casa%20tem,2018%2C%20divulgada%20hoje%20pelo%20IBGE>. Acesso em: 13 jun. 2020.

PARAGON **Decision science**. Arena - Paragon, 2018. Página inicial. Disponível em: <https://www.paragon.com.br/es/>. Acesso em: 16 jun. 2020.

PEREIRA, Carla Roberta. **Um modelo de simulação de sistemas aplicado à programação da produção de um frigorífico de peixe**. 2011. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

TAHA, H. A. **Pesquisa operacional**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

Thiollent, M. **Metodologia de pesquisa-ação**. São Paulo: Saraiva, 2009.

TÔRRES, Oswaldo Fadigas. Elementos da teoria das filas. **Revista de Administração de Empresas**, v. 6, n. 20, p. 111-127, 1966.

VIEIRA, V. C. R. *et al.* Perfil socioeconômico, nutricional e de saúde de adolescentes recém-ingressos em uma universidade pública brasileira. **Revista de Nutrição**, 2002.

WAINER, Jacques *et al.* Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a Ciência da Computação. **Atualização em informática**, v. 1, p. 221-262, 2007.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS**  
**Campus Governador Valadares**  
**Diretoria Geral**  
**Diretoria de Desenvolvimento Educacional**  
**Núcleos das Áreas Acadêmicas**  
**Área de Engenharia e suas Tecnologias**  
Avenida Minas Gerais, 5189 - Bairro Ouro Verde - CEP 35057-760 - Governador Valadares - MG  
(33) 3272-5400 - www.ifmg.edu.br

## **ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Ao dia 18 do mês de dezembro de 2020, às 19:00h, por vias digitais (Google Meet), foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso elaborado pela aluna Amanda Fernandes Carvalho, intitulado SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE UM RESTAURANTE SELF-SERVICE UNIVERSITÁRIO, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores Tatielle Menolli Longhini (orientadora), Bruno de Souza Toledo e Guido Pantuza Júnior.

A comissão examinadora deliberou pela APROVAÇÃO da aluna, com a nota 97,0. Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pelo a aluna.

Governador Valadares, 18 de dezembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Tatielle Menolli Longhini, Professora**, em 23/12/2020, às 12:51, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Bruno de Souza Toledo, Professor**, em 23/12/2020, às 14:52, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Amanda Fernandes Carvalho, Usuário Externo**, em 23/12/2020, às 20:51, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Guido Pantuza Junior, Professor**, em 06/01/2021, às 16:43, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **0721006** e o código CRC **D1CDC51F**.