

## USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DE ATENDIMENTO DE UM RESTAURANTE INDUSTRIAL *SELF SERVICE*

### COMPUTATIONAL SIMULATION FOR SERVICE ANALYSIS IN A SELF SERVICE INDUSTRIAL RESTAURANT

Bianca Marques Fernandes<sup>1</sup>

Tatielle Menolli Longhini<sup>2</sup>

#### RESUMO

A experiência de consumo se baseia em ter, de forma rápida e prática, o item desejado. Quanto menor o tempo de espera em filas maior é a satisfação do cliente. A simulação computacional se mostra útil para auxiliar gestores na tomada de decisão no processo de planejamento de sistemas de atendimento. Este estudo teve como objetivo utilizar a simulação para analisar o comportamento do sistema de filas de um restaurante industrial *self service* e sugerir um melhor dimensionamento do modelo. A partir da coleta de dados e das análises estatísticas, implementou-se o modelo no software Arena®, simulando o comportamento das filas do restaurante. Com o cenário escolhido, o tempo de espera em fila foi reduzido em 78,96%, com aumento de 35,97% da capacidade de atendimento, sendo mantida uma taxa de utilização de 95% das mesas de *buffet*.

**Palavras-chave:** Arena®. Eventos Estocásticos. Modelagem Discreta. Restaurante *Self Service*. Teoria das Filas.

#### ABSTRACT

The consumption experience is based on having, in a quick and convenient way, the desired item. The shorter the waiting time in lines, the greater the customer satisfaction. Computer simulation is useful in assisting managers in decision making in the process of planning attendance systems. This study aimed to use simulation to analyze the behavior of the queuing system of a self service industrial restaurant and to suggest a better dimensioning of the model. Using collected data as well as statistical analysis, the model was implemented in Arena® software, simulating the behavior of the restaurant queues. Results showed that the waiting time in line was reduced by 78.96%, with an increase of 35.97% in service capacity, maintaining 95% of utilization rate for buffet tables.

**Keywords:** Arena®. Stochastic Events Discrete modeling. Queue Theory. Self Service Restaurant.

<sup>1</sup>Analista da Qualidade. Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Governador Valadares. Avenida Minas Gerais - de 2031/2032 a 3099/3100, Grã-Duquesa, 35057760 - Governador Valadares, MG. e-mail: biancamf08@gmail.com

<sup>2</sup>Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais campus Governador Valadares (IFMG-GV)

## 1. INTRODUÇÃO

Com objetivo de otimizar o tempo ou pela comodidade no trabalho, diariamente, aproximadamente 130 milhões de brasileiros realizam suas refeições fora do lar (SEBRAE, 2017). Nesse contexto, restaurantes *self-service* destacam-se por oferecer comida pronta, variada, a um preço acessível e na quantidade que o cliente desejar (ALVES *et al.*, 2014).

A cada dez restaurantes no Brasil, seis adotam o sistema de atendimento *self-service*, ou comida por quilo (SEBRAE, 2017). Entretanto, mesmo com a alta demanda, 35% dos bares e restaurantes fecham as portas a cada dois anos (ABRASEL, 2019). A satisfação do cliente é primordial para a garantia do sucesso do empreendimento, sendo o tempo de espera um dos fatores considerados (SIEBENEICHLE *et al.*, 2007; BORTOLOTTI, 2012).

O serviço projetado pode influenciar na formação de filas indesejadas; e uma gestão eficiente traz qualidade ao atendimento (GRANATO, 2014; SCHONS, RADOS, 2009). Ao aumentar o número de recursos e otimizar o arranjo físico da empresa, por exemplo, é possível diminuir as filas (MORABITO, LIMA, 2000; RODRIGUES, CUBARENCO, CHIN, 2016).

Tais decisões podem ser auxiliadas por simplificações matemáticas e simulações computacionais. Através delas, facilita-se a compreensão do funcionamento de um sistema real, mesmo em situação de alta complexidade e imprevisibilidade (FITZSIMMONS, FITZSIMMONS, 2010); SCHONS, RADOS, 2009). No restaurante estudado, observou-se a piora do serviço de atendimento em horário de pico, ocasionando a formação de grandes filas.

O objetivo deste trabalho foi utilizar a simulação computacional para análise do comportamento de filas de um restaurante industrial *self-service*. Com isso, visa-se responder a seguinte questão: “De que maneira a simulação computacional oferece suporte na tomada de decisão para redução do tempo espera dos clientes em um restaurante industrial *self-service*?”.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Este tópico primeiramente abordará o estudo de filas e de simulação em restaurantes e apresentar, posteriormente, a metodologia para o estudo de simulação computacional aplicado.

## 2.1 Estudo de Filas em Restaurantes

Com um crescimento anual de 19% nos últimos anos, o setor de *Food Service* (alimentação preparada fora do lar) demonstrou ter grande chance de sucesso no ano de 2020 (SEBRAE, 2020). Em 2018, o segmento cresceu 0,4% a mais do que o Produto Interno Bruto (PIB) do país, e foi responsável pela criação de 13 mil novos postos de trabalho (ABIA, 2019).

As famílias vêm desembolsando cerca de 33,9% da sua renda com alimentação fora do lar (IBGE, 2019; MONTEIRO, SANTOS, SCHIMIDT, 2017; MELO, FERREIRA, JUSTA, 2017). Mudanças no estilo de vida e o aumento do uso de novas tecnologias de produção, de distribuição e de consumo influenciam o comportamento (ABIA, 2019).

A escolha de um restaurante envolve uma série de variáveis, tais como localização, tipo de refeição servida, preço cobrado e, principalmente, a experiência de atendimento (ABRASEL, 2019). Para 90% dos varejistas, as filas geradas atrapalham as vendas, podendo tornar o ambiente tumultuado, dificultar o trânsito dos consumidores (CDL, 2018).

Fato este que justifica o estudo de teoria das filas, ramo da pesquisa operacional que visa, por métodos matemáticos, mensurar o fenômeno e propor mecanismos para otimizá-la (AZEVEDO *et al.*, 2015). Para isso, é importante caracterizá-las pelo tempo de espera e tempo de atendimento, além de considerar a capacidade do atendimento, o desempenho total do sistema, os custos operacionais e a disciplina de formação (PRADO, 2010).

Basicamente, há formação de filas quando a demanda excede a capacidade do sistema de atendimento. O que torna necessário o equilíbrio entre o nível de serviço ofertado e o custo que a empresa está disposta a pagar (COSTA *et al.*, 2015; LOVELOCK, WRIGH, 2002; SLACK, CHAMBERS, JOHNSTON, 2009; DOILE, 2010).

Através da simulação computacional, também é possível estudar as filas, sendo testados diferentes cenários e incorporada a aleatoriedade (SHCHONS, RADOS, 2009). Com ela, pode-se representar um sistema real, complexo e dinâmico, sendo apontado o desempenho em diferentes cenários de atuação, sem nenhum impacto financeiro e de disponibilidade do sistema real (CHWIF; MEDINA, 2014; ALVES, SANTOS, SCHMIDT, 2014; ALVES *et al.*, 2013). O uso da simulação em restaurantes é pertinente, pois o nível de insatisfação dos seus clientes associa-se ao desempenho das filas (GUABIROBA *et al.*, 2018). Melo, Justa e Ferreira (2017) demonstraram que com adaptação do *buffet*, o tempo de espera em fila reduziu 97%.

## 2.2. Metodologia aplicada

A simulação computacional se mostra útil para entender as relações existentes em um sistema, possibilitando análise de diferentes cenários e políticas operacionais (GAVIRA, 2003). Utilizando a classificação de Jung (2010), seguiu-se os passos do Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação metodológica da pesquisa.

Classificações	Caracterização
Objetivos de Pesquisa	Descritiva – Descrever as características do que está sendo pesquisado.
Natureza da Pesquisa	Qualitativa-Quantitativa (mista): usa métodos quali-quantitativos para compreender o estudo e a análise dos dados.
Objeto do Estudo	Estudo de Caso: uso de dados coletados a partir de eventos reais com objetivo de explicar, explorar e descrever os fenômenos do sistema.
Técnica de Coleta de Dados	Observação Direta: usa os sentidos para compreender aspectos da realidade. Pesquisa Documental: feita com informações se tratamento analítico.

Fonte: Autoria Própria, com base em Jung, 2010.

No estudo, foi considerado a Simulação por Eventos Discretos e Estocástica, pois possui sequência cronológica dos fatos, com mudanças discretas no tempo, além de ser aleatório, com distribuição probabilística (ROBINSON, 2004; SAKURADA; MIYAKE, 2009). Para modelá-lo, seguiu-se as etapas de (a) a (f) abaixo (LAW; KELTON, 2000).

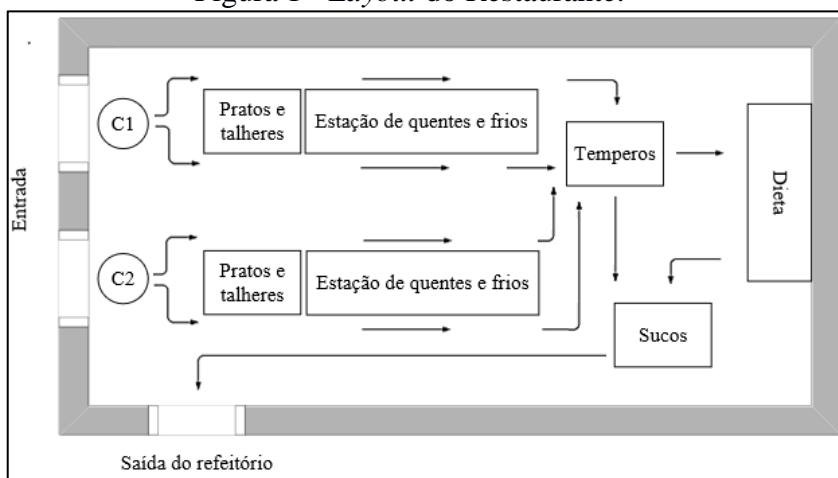
### a) Caracterização da Área de Estudo

Este trabalho foi realizado em um restaurante industrial *self-service*, com registro de grandes filas no processo de atendimento (montagem dos pratos). Nele, o cliente se serve com as opções disponíveis no dia, selecionadas conforme planejamento nutricional.

Atualmente, há duas bancadas para montagem dos pratos, sendo que cada uma delas comporta duas filas paralelas. O sistema é formado por cinco estações de fornecimento: na primeira, estão dispostas bandejas, talheres, pratos, saladas e molhos; na segunda, sobremesas, arroz, feijão, guarnição e carne; na terceira, temperos e afins; na quarta, itens da dieta; na quinta, estão dispostos os sucos e água. O *layout* do restaurante é representado na Figura 1,

onde C1 e C2 representam as catracas 1 e 2, respectivamente, local este de acesso dos colaboradores.

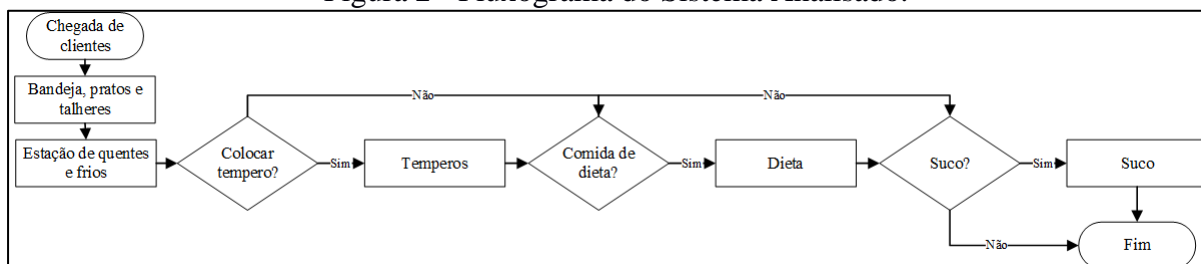
Figura 1 - Layout do Restaurante.



Fonte: autoria própria, 2020.

Por meio de observações e entrevista com responsáveis, verificou-se que o período de maior fluxo é das 11h às 13h. Dependendo do cardápio oferecido, há um aumento das filas. Foram identificados dois gargalos no sistema: (i) na segunda estação, onde são servidos pratos quentes e a carne; (ii) na estação da dieta, com a reposição de ovos (item com grande demanda). Esta pesquisa analisou o processo de formação de fila no processo de atendimento (FIGURA 2).

Figura 2 - Fluxograma do Sistema Analisado.



Fonte: autoria própria, 2020.

O cenário considerado na problemática envolve o início do atendimento, com o momento em que o cliente pega a bandeja, para a montagem do prato e com fim do atendimento, com o momento em que o cliente termina de pegar a bebida (suco ou água).

## b) Coleta e Análise Estatísticas dos Dados

A coleta de dados se inicia com a escolha adequada das variáveis de entrada do sistema. No planejamento da coleta de dados, baseado na metodologia de Chwif e Medina (2014), foram levantadas as variáveis Tempo de Atendimento (TA) e o Índice de chegada dos clientes (IC). Além disso, os autores recomendam que o tamanho da amostra deve ser entre 100 e 200 observações; para cada variável, foi coletada uma amostra dentro desse intervalo.

Como o levantamento de dados foi feito manualmente, o mesmo está suscetível à ocorrência de eventos raros ou de valores não usuais, também conhecidos como *outliers*, que podem afetar as estimativas e conclusões sobre o sistema estudado (ALVES, 2012). Por meio de ferramentas estatísticas e com apoio do software *MS Excel*, é possível explorar o conjunto de dados para compreender o fenômeno estudado e identificar falhas da amostragem. Um exemplo deles é o *Box Plot*, em que, a partir de intervalo de valores, os dados são representados graficamente – trata-se de um método alternativo ao histograma, que traz informações do conjunto estudado (CHWIF; MEDINA, 2014). A Tabela 1 aplica o *Box Plot*, sendo que  $Q_1$  e  $Q_3$  correspondem ao primeiro e terceiro quartil da amostra e por eles são calculados os limites inferiores e superiores, o que possibilita a identificação dos *outliers* (valores que extrapolam os limites).

Tabela 1 – Formulário para cálculo de *outliers* extremos e moderados

Limites	Moderado	Extremo
Inferior	$Q_1 - 1.5.(Q_3 - Q_1)$	$Q_1 - 3. (Q_3 - Q_1)$
Superior	$Q_1 + 1.5.(Q_3 - Q_1)$	$Q_1 + 3. (Q_3 - Q_1)$

Fonte: autoria própria, baseado em Chwif e Medina, 2014.

Chwif e Medina (2014) também recomendam fazer a Análise de Correlação e o Teste de Aderência. O primeiro visa testar a aleatoriedade dos dados, a partir do Coeficiente de Determinação ( $r^2$ ) do diagrama de dispersão, de modo que se ateste a não correlação entre eles. Já o segundo permite analisar dados reais do funcionamento do processo e escolher a melhor distribuição estatística que se aplica a eles, etapa esta realizada com auxílio do *Software Arena* por meio da função *Input Analyzer* (PRADO, 2010). As principais distribuições de probabilidade estão representadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Distribuições de Probabilidades de Funções Contínuas.

Distribuição	Função de Probabilidade	Fatores	Características
<b>Normal</b>	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	$\sigma$ = Desvio Padrão da População $\mu$ = Média Aritmética	Distribuição de probabilidade contínua, parametrizada pela sua média aritmética e desvio padrão
<b>Uniforme</b>	$f(x) = \frac{1}{b-a}$	$a$ = Início intervalo $b$ = Final intervalo	Probabilidade de gerar ponto em intervalo, no espaço amostral, é proporcional ao seu tamanho
<b>Triangular</b>	$f(x) = \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)}$	$a$ = Valor mínimo $b$ = Valor máximo $c$ = Moda	Possui valor mínimo, máximo e uma moda; função densidade de probabilidade é zero nos extremos
<b>Exponencial</b>	$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$	$\lambda$ = Parâmetro $e$ = Constante Euler	Caracterizada por ter uma função de taxa de falha constante.
<b>Beta</b>	$f(x) = \frac{\Gamma(a+\beta)}{\Gamma(a)\Gamma(\beta)} x^{a-1}(1-x)^\beta$	$\Gamma(z)$ = Função Gama $a$ e $\beta$ = Parâmetros da Distribuição	Da família de distribuições de probabilidade contínua, é parametrizada por dois fatores que controlam o seu formato.
<b>Weibull</b>	$f(x) = \frac{\beta}{\eta^\beta} (x-\gamma)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{x-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right]$	$\beta$ = Fator Forma $\eta$ = Parâmetro Escala $\gamma$ = Confiabilidade	Apresenta uma grande variedade de formas, todas com a sua função de taxa de falha monótona

Fonte: autoria própria, adaptado de Possan, 2010 e Weber, 2011.

O Teste de Aderência deve se basear nos resultados de Qui-Quadrado e no p-valor da hipótese de aderência dos dados a uma distribuição (cujo critério de classificação se encontra no QUADRO 3). Adotou-se 0,1 (ou 10%) como nível de significância (CHWIF, MEDINA, 2014).

Quadro 3 – Critérios para a classificação do p-valor.

Valor	Critério
$p\text{-valor} < 0,01$	Evidência Fortíssima contra a hipótese de aderência
$0,01 \leq p\text{-valor} < 0,05$	Evidência forte contra a hipótese de aderência
$0,05 \leq p\text{-valor} < 0,10$	Evidência moderada contra a hipótese de aderência
$0,10 \leq p\text{-valor}$	Evidência fraca ou inexistente contra a hipótese de aderência

Fonte: autoria própria. Baseado em Chwif e Medina, 2014.

### **c) Implementação do Modelo**

Terminada a coleta e a análise dos dados, o funcionamento do restaurante foi traduzido ao *software* Arena®. Através de uma interface gráfica e de um conjunto de módulos que funcionam como os comandos da linguagem de programação, é feita a modelagem das estações de trabalho (PRADO, 2010). A implementação do modelo foi dada conforme processo observado (FIGURA 2) e as distribuições probabilísticas apontadas no Teste de Aderência.

#### *(d) Verificação e Validação do Modelo*

Trata-se de uma etapa essencial ao sucesso do estudo, devendo ser realizada durante todo ciclo de vida do projeto. Se o modelo não refletir o sistema real, seus resultados influenciarão negativamente a qualidade das decisões. A verificação visa assegurar que o modelo não contenha erros nas lógicas de funcionamento do sistema. Já a validação objetiva garantir que o modelo inicial represente o sistema real (CHWIF; MEDINA, 2014).

Para a verificação do modelo foram utilizadas duas formas de análise: (i) por animação gráfica, para avaliar o que está acontecendo na simulação; (ii) verificação em grupo, em que um grupo de pessoas verifica se o funcionamento é adequado. Já a validação foi feita pela técnica face a face, em que, a partir do conhecimento do processo em questão, confrontou-se a realidade observada com o sistema estudado. Além disso, com o apoio do painel de relatórios do *software* Arena, comparou-se, também, a média dos Tempos de Atendimento no Restaurante do sistema real com a do modelo simulado (variável *VA Time*).

#### *d) Replicações do Modelo*

Segundo Freitas Filho (2008), a coleta amostral pode ser realizada de várias formas. Neste trabalho, a composição foi feita por  $n$  replicações, uma vez que estamos lidando com um modelo de simulação terminal. E, para garantir que os valores amostrais sejam independentes, os mesmos são calculados por replicações também independentes. No estudo, cada replicação representa um dia completo de funcionamento, das 11h às 13h. Com o número de replicações, será alcançado nível pré-estabelecido de confiança estatística.

Com isso, foi calculada a quantidade ideal de replicações de modo que as medidas de desempenhos escolhidas “Número de funcionários que saíram do sistema” e “Tempo médio de permanência do funcionário em fila” fossem estimadas para o intervalo de confiança desejado. Inicialmente, obteve-se uma amostra piloto para calcular o intervalo de confiança (Equação 1).



$$P(x - h \leq \mu \leq x + h) = 1 - \alpha \text{ (Equação 1)}$$

Onde:

- $x$  é a média da amostra;
- $h = t_{n-1, \alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$  é a metade do tamanho do intervalo, denominada precisão;
- $t_{n-1, \alpha/2}$  é o  $(1 - \alpha/2)$  percentil da distribuição t de Student com  $n-1$  graus de liberdade;
- $s$  é o desvio padrão da amostra;
- $n$  é o número de dados da amostra.

Quando a amostra piloto não alcança a precisão desejada, é necessário aumentar o número de replicações. A Equação 2 expressa a quantidade de replicações necessárias para alcançar o intervalo de confiança definido.

$$n^* = n \left( \frac{h}{h^*} \right) \text{ (Equação 2)}$$

Onde:

- $h$  = precisão obtida
- $h^*$  = precisão desejada
- $n$  = número de replicações da amostra piloto
- $n^*$  = número de replicações necessárias para atingir a precisão desejada

### e) Cenário montado para tomada de decisões

O modelo elaborado visa a redução do tempo de espera e do número de pessoas em fila entre 11h e 13h. Os clientes relataram que, em dias de cardápio especial, as filas são ainda mais intensas; o principal gargalos do sistema está na reposição das estações de carne e ovos. Foram utilizadas como variáveis: (i) o tempo de atendimento para montar os pratos e (ii) o índice de chegada de clientes. Após a análise dos resultados, um novo cenário será proposto.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados e discutidos os principais resultados obtidos com a aplicação da metodologia proposta na realização do presente estudo.

### 3.1. Tratamento dos dados de entrada

A coleta de dados ocorreu em uma quarta-feira, das 11h às 13h, onde se obteve 100 dados para realização das análises. Com objetivo de padronizar a medição dos dados, ficou definido que: (i) índice de chegada dos clientes: o cronômetro é acionado para registro de tempo

de chegada de cada cliente; (ii) tempo de atendimento: cronômetro acionado quando cliente pega a bandeja; instante final quando cliente se serve na estação de sucos.

Os dados foram tabulados e analisados pelo *Box Plot*, sendo detectados *outliers* moderados apenas na amostra de “Tempo de Atendimento” e não observados *outliers* extremos em ambas. Em seguida, foi analisada a aleatoriedade dos dados com base no coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Verificou-se que não existe correlação entre as variáveis estudadas (TABELA 2), atestando que os valores variam aleatoriamente (SCARP; TORRES; ÁLVARO, 2013).

Tabela 2 – Coeficiente de Determinação para as variáveis de entrada.

Variável	Coeficiente de Determinação
Tempo de Atendimento – Com <i>outliers</i>	0,045579567
Tempo de Atendimento – Sem <i>outliers</i>	0,02498234
Índice de Chegada – Sem <i>outliers</i>	0,086564722

Fonte: Autoria Própria, 2020.

Na sequência, as distribuições de probabilidades foram determinadas pela ferramenta *Input Analyzer* do *software* Arena®. O Teste de Aderência foi realizado com base no p-valor e no teste Qui Quadrado, os melhores resultados estão na Tabela 3.

Tabela 3 – Expressões de Aderência para as Variáveis de Entrada.

Variável	p-valor	Expressão de Aderência
Tempo de Atendimento – sem <i>outliers</i>	0,152	95 + WEIB (129, 1.56)
Índice de Chegada	0,0747	0.999 + 206* BETA (0.514, 0.929)

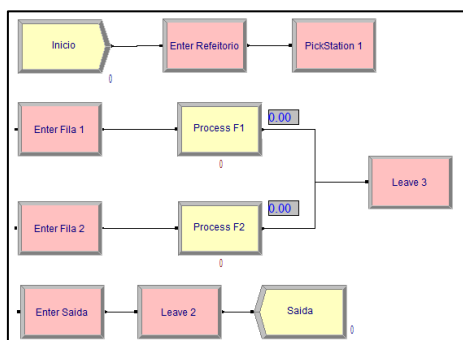
Fonte: Autoria Própria, 2020.

Conclui-se que as distribuições representam de forma satisfatória cada variável, uma vez que seus valores são maiores que o nível de significância estabelecido de 0,1 (10%).

### 3.2.Implementação do Modelo

O modelo computacional desenvolvido considerou apenas atividades de *front office*, (atividades de atendimento ao público). Com base no modelo conceitual da Figura 2 e no conhecimento do processo estudado, o modelo computacional foi implementado (FIGURA 3).

Figura 3 – Modelo Computacional.



Fonte: Autorial Própria, 2020.

O modelo computacional cria entidades que representam os clientes chegando ao restaurante. Esse processo é representado pelo bloco *Create* e ocorre de acordo com a expressão da distribuição de probabilidade encontrada para amostra de Índice de Chegada de Clientes. Em seguida, o módulo *PickStation* foi programado de modo que o cliente escolha a menor fila para o processo de atendimento (fato observado *in loco*). Os blocos *Enter* e *Leave* estipulam quando uma entidade está entrando ou saindo de uma estação, respectivamente.

No modelo desenvolvido, o módulo *Process* representa o processo de atendimento e é definido pela distribuição de probabilidade encontrada no teste de aderência. Por fim, o módulo *Dispose* (renomeado como “saída”) representa o fim do processo de atendimento.

### 3.3.Verificação e Validação do Modelo

Após a implementação, o modelo passou pelo processo de validação e verificação, conforme proposta por Chwif e Medina (2014). Primeiramente foi feita a validação para garantir que o modelo simulado represente com precisão o modelo estudado. Esse processo foi realizado em duas etapas: (i) análise da representação computacional, para identificar se está condizente com a realidade; (ii) modelo desenvolvido foi novamente simulado, comparando o “Tempo de Atendimento Médio” real com o valor obtido no sistema simulado. Através da análise dos resultados da primeira etapa, conclui-se que o modelo desenvolvido representa com acurácia o sistema real (TABELA 4).

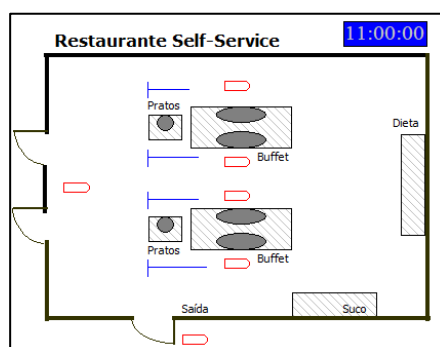
Tabela 4 – Tempo de atendimento para Sistema real e Modelo Computacional.

Sistema Real	Modelo Computacional	Erro Percentual
212,78	210,62	1,02%

Fonte: Autoria Própria, 2020.

Finalizada a validação, o modelo foi verificado a partir da revisão de grupo e da animação gráfica do sistema simulado (FIGURA 4).

Figura 4 – Layout da animação do modelo.



Fonte: Autoria Própria, 2020.

Além disso, foram executadas rodadas piloto para determinar a quantidade de replicações necessárias para obter a precisão desejada. Assim, iniciou-se a rodada piloto com 10 replicações, durante os 7200 segundos que compreende o fluxo mais intenso de movimento do restaurante durante o intervalo de 11h às 13h. Finalizadas as primeiras rodadas, com auxílio da opção *Output Analyzer* do Arena®, foram analisados os seguintes indicadores:

- Número de clientes que saíram do sistema;
- Tempo médio de permanência do cliente em fila;

De acordo com Chiwf e Medina (2014), a escolha da precisão desejada depende de vários fatores e da própria decisão do gestor do projeto. No presente estudo, a precisão foi definida para cada fila analisada, tomando como base o valor da precisão encontrada. Por isso, as precisões desejadas foram definidas em 0,1 para fila 1 e 0,07 para fila 2.

Com os valores da rodada piloto, foi possível definir o número de replicações necessárias para atingir o valor de 95% de confiança estatística. Assim, os cálculos foram realizados até que o intervalo de confiança desejado obtido (condição alcançada com 18 replicações). Com este valor, o modelo foi rodado e novo intervalo de confiança definido (TABELA 5).

Tabela 5 – Intervalo de Confiança obtido a partir das 18 replicações.

<b>Processo</b>	<b>Intervalo de Confiança</b>	<b>h</b>	<b>h*</b>
Fila <i>Buffet</i> 1	$0,1621 \leq \mu \leq 0,3357$	0,0868	0,1
Fila <i>Buffet</i> 2	$0,0275 \leq \mu \leq 0,1169$	0,064	0,07

Fonte: Autoria Própria, 2020.

Note que a condição de  $h < h^*$  foi atendida, sendo o sistema válido a um nível de confiança de 95% - há 95% de probabilidade estatística dos valores estarem nos intervalos estabelecidos.

### 3.4 Análise dos diferentes cenários

Após rodar as 18 replicações, o *software* Arena disponibilizou relatórios para a análise do sistema em questão. A Tabela 6 apresenta um resumo dos resultados das principais variáveis que foram consideradas para medir o desempenho do sistema simulado.

Tabela 6 – Resultado das variáveis obtidos do Software Arena®.

<b>Variáveis</b>	<b>Valor Médio</b>
Número de Clientes que entraram no Sistema	96,611
Número de Clientes que saíram do Sistema	66,11
Tempo de Espera em Fila (s)	1124,11

Fonte: Autoria Própria, 2020.

Os resultados das variáveis “Tempo de Espera em fila” e a “Taxa de utilização do *buffet*”, foram comparados com as observações que foram feitas *in loco*. Concluiu-se que o gargalo do sistema é o processo de atendimento na mesa de *buffet*. Como no *self-service* o cliente é responsável por montar seu próprio prato, o processo pode ser demorado e não ter padrão.

Considerando o espaço físico do restaurante e tendo como objetivo reduzir o tempo de espera em fila, são propostos dois cenários a partir da alteração do número de mesas de *buffet* disponíveis:

- Cenário Atual: 2 mesas de *buffet*;
- Cenário Proposto 1: 3 mesas de *buffet*;
- Cenário Proposto 2: 4 mesas de *buffet*;

A Tabela 7 apresenta a comparação dos resultados para os dois cenários propostos. Os resultados foram obtidos após a realização de 18 replicações, conforme foi definido anteriormente.

Tabela 7 – Comparação dos indicadores para os três cenários.

Indicadores de Desempenho	Cenário Atual	Cenário Proposto 1		Cenário Proposto 2	
		Parâmetro	Comparação cenário atual	Parâmetro	Comparação cenário atual
Tempo médio de permanência do cliente em fila (s)	1124,18	236,52	-78,96%	31,8	-97,17%
Número de clientes que saíram do restaurante	66,11	89,89	+35,97%	91,39	+38,24%

Fonte: Autoria Própria, 2020.

Observou-se que o aumento no número de mesas de *buffet* disponíveis influencia significativamente os indicadores de desempenho, definidos para monitorar o processo. Entretanto, o sistema ideal deve ser aquele que atenda às necessidades e as expectativas do cliente e, ao mesmo tempo, garanta a sustentabilidade financeira do negócio.

Com isso, optou-se pelo cenário proposto 1, pois ele soluciona de forma factível o gargalo do sistema (alto tempo de espera dos clientes em fila). Além disso, ao analisar a taxa de utilização das mesas de *buffet* em ambos os cenários (TABELA 8), o cenário proposto 2 apresentou um comportamento ocioso, que implica em gastos desnecessários.

Tabela 8 – Comparação da taxa de utilização dos *Buffets* para diferentes cenários.

Cenário Atual	Cenário Proposto 1	Cenário Proposto 2
100%	95%	68%

Fonte: Autoria Própria, 2020.

Também foi considerado que com redução expressiva do tempo de espera do cliente, outros problemas poderiam ser gerados: como a superlotação do refeitório, dada capacidade reduzida de mesas e cadeiras. Além disso, poderia aumentar a necessidade de reposição de alimentos nos *buffets*, resultando em desperdício de comida e prejuízos financeiros.

#### 4. CONCLUSÃO

O estudo visou o uso da simulação computacional para analisar o comportamento das filas em um restaurante industrial, com serviço *self-service*. Com os resultados, pôde-se sugerir um melhor dimensionamento do modelo, permitindo reduzir o tempo de espera do cliente.

Para esse fim, foi utilizado o software Arena®, imprescindível para o desenvolvimento da pesquisa, devido a capacidade de modelar e simular o sistema real, sem qualquer alteração. O cenário escolhido, com três mesas de *buffet*, reduz o tempo de espera em fila em 78,96%,

umentando em 35,97% a capacidade de atendimento, com taxa de utilização de 95% das mesas de buffet. Trata-se de um investimento interessante à empresa, uma vez que há melhora dos índices, mantendo baixa ociosidade dos equipamentos.

As simplificações adotadas no modelo conceitual foram as principais limitações do estudo, dada a dificuldade de coleta de dados e da resistência da gerência em fornecer informações adicionais sobre o restaurante. Também foram detectadas propostas para estudos futuros, como a criação de cenários que considerem o processo de reposição de comida, para avaliar mais detalhadamente o impacto. Também se sugere a avaliação do seu *layout* produtivo.

Com base no estudo realizado, é possível concluir que a simulação computacional, alinhada a conhecimentos estatísticos, é altamente vantajosa para a otimização de sistemas. A partir dela, contribui-se para o aumento da satisfação do cliente em relação aos serviços prestados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIA, **O Mercado de Food Service**. Disponível em:

<<https://www.abia.org.br/cfs2019/merFcado.html>>. Acesso em 17 Mar. 2020.

ABRASEL, **Programa qualidade na mesa: melhoria na qualidade do atendimento para bares e restaurantes**. Disponível em:

<[https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/118A5559EDF4B7CD832576180073F2E5/\\$File/NT00041DDE.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/118A5559EDF4B7CD832576180073F2E5/$File/NT00041DDE.pdf)>. Acesso em 20 Mar 2020.

ALVES, R. **Simulação da Dinâmica Operacional de um Restaurante Universitário de Pequeno Porte: Um estudo de Caso**. 2012. 80 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica do Paraná, 2012.

ALVES, R.; SANTOS, J. A. A.; POSSAN, E.; SCHMIDT, C. A. P. Simulação da dinâmica operacional de um pequeno restaurante universitário: um estudo de caso. In: **Encontro nacional de engenharia de produção**, 33, Salvador: anais..., 2013.

ALVES, R.; SANTOS, J. A. A.; SCHMIDT, C. A. P. Aplicação dos princípios da teoria das restrições de técnicas de simulação na gestão da dinâmica operacional de um pequeno restaurante: um estudo de caso. **Revista Espacios**, v. 35, p. 21, 2014.

AZEVEDO, N.M.G.; ALENCAR, P.S.; PALADINO, A.A.B.; ONETY, R.E.; CABETE, N.P.F. Estudo da dinâmica das filas do restaurante universitário da escola superior de Tecnologia da UEA-AM. In: **XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Fortaleza/CE, Brasil, de 13 a 16 de outubro de 2015.

BORTOLOTTI, Silvana Ligia Vincenzi et al. Teoria da satisfação do consumidor e da resposta ao item: criando uma escala de medição. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 19, n. 2, p. 287-302, 2012.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações**. 4 ed. São Paulo: Elsevier Brasil, 2014. 320 p.

COSTA, P.H.; VIEIRA, M.C.; GOIS, T.C.; ORTOLANI, G.A. A Pesquisa Operacional e o Problema das Médias. In: **XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Fortaleza/CE, Brasil, de 13 a 16 de outubro de 2015.

DOILE, Luiz Fernando Pacheco. **Teoria das Filas - Analisando o Fluxo de Atendimento e o Número de Atendentes em um Supermercado**. 2010. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

FCDL, Para 90% dos varejistas de SP filas prejudicam vendas. Disponível em: <<https://www.fcdl-sc.org.br/fcdl-noticias/para-90-dos-varejistas-de-sp-filas-prejudicam-vendas/>>. Acesso em 25 Mar. 2020.

FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. **Administração de serviços: operações, estratégia, e tecnologia da informação**. Porto Alegre: Bookman, 2000.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena**. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

GAVIRA, M. O. **Simulação Computacional como uma Ferramenta de Aquisição de Conhecimento**. 2003, 163f, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – UFSCAR, São Carlos, SP, 2003.

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

GUABIROBA, R. C. S.; PENNA, G. S. P.; SILVA, C. L.; LIMA, A.C.S. Estudo de filas e análise qualitativa do desempenho de um restaurante universitário. **Sistemas & Gestão**, v. 13, n. 2, 2018.

IBGE, **Pesquisa de orçamentos familiares 2017-2018: primeiros resultados** / IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. - Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 69 p.

JUNG, C. F. **Elaboração de Projetos de Pesquisa Aplicados a Engenharia de Produção**. FACCAT, Taquara, 2010.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. 3. ed. Boston: McGraw-Hill, 2000.

LOVELOCK, C.; WRIGHT, L. **Serviços: marketing e gestão**. São Paulo: Saraiva, 2002.

MELO, J. V.; FERREIRA, J. S.; JUSTA, M. A. O. Modelagem e simulação com o Arena para reduzir filas em um restaurante self service. **R. Gest. Industr.**, Ponta Grossa, v. 13, n. 2, p. 146-159, jun./ago. 2017.



MONTEIRO, C. I.; SANTOS, J.A.A.; SCHIMIDT, A.P. Simulação do processo de atendimento de um restaurante universitário: um estudo de caso. **Perspectivas Online: Exatas & Engenharias**, v. 7, n. 19, p. 42-51, 2017.

MORABITO, Reinaldo; LIMA, Flavio C. R. de. Um modelo para analisar o problema de filas em caixas de supermercados: um estudo de caso. **Pesqui. Oper.**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 59-71, June, 2000.

POSSAN, E. Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano. 2010. 263 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

PRADO, D. S. **Usando o arena em simulação**. 4. ed. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e serviços, 2010.

ROBINSON, S. *Simulation - The practice of model development and use*. 1. ed, Nova York, John Wiley & Sons, 2004.

RODRIGUES, I. M.; CUBARENCO, N. R.; CHIN, S. Y.; Otimização do Arranjo Físico e Ergonomia através da Teoria das Filas em um Restaurante Popular de Ponta Grossa: estudo de caso. In: **Simpósio de Engenharia de Produção**. Maringá, PR, Brasil, 8 a 11 nov 2016.

SAKURADA, N.; MIYAKE, D. I. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 16, n. 1, mar. 2009. Disponível em: Acesso em: 10 abr.2012

SCARP, L. P. C.; TORRES, ÁLVARO A. V. B.; SILVA, A. N. SIMULAÇÃO COMO FERRAMENTA DE TOMADA DE DECISÃO DO PROCESSO DE ATENDIMENTO EM EMPRESA DE VAREJO. **RACE - Revista de Administração, Contabilidade e Economia**, v. 12, n. 2, p. 395-430, 7 jul. 2014.

SCHONS, C. H.; RADOS, G. V. A importância da gestão de filas na prestação de serviços: um estudo na BU/UFSC. **RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 7, n. 1, p. 116-135, 13 mar. 2009.

SEBRAE, **Bares e restaurantes: um setor em expansão**. Disponível em: <<https://m.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/bares-e-restaurantes-um-setor-em-expansao,1038d53342603410VgnVCM100000b272010aRCRD>> Acesso em 26 Mar. 2020.

SEBRAE, Os negócios promissores de 2020. Disponível em: <[https://datasebrae.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Os-Neg%C3%B3cios-Promissores-em-2020\\_v3.pdf](https://datasebrae.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Os-Neg%C3%B3cios-Promissores-em-2020_v3.pdf)>. Acesso em 20 Mar. 2020.

SEBRAE, **Restaurante de Sucesso – Dicas do Sebrae de SP para o seu restaurante**, São Paulo: Sebrae São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/sp/bis/restaurante-de-sucesso-dicas-do-sebrae-de-sp-para-o-seu-restaurant,501c54843636b510VgnVCM1000004c00210aRCRD>>. Acesso em: Mar. 2020.

SEBRAE, **Self-service lidera negócios de alimentação fora do lar**. Disponível em: <<http://www.agenciasebrae.com.br/sites/asn/uf/NA/self-service-lidera-negocios-de-alimentacao-fora-do-lar,24cfcf74de20f510VgnVCM1000004c00210aRCRD>>. Acesso em 20 março 2020.

SIEBENEICHLE, T.; WIENNINGKAMP, D.; RUCHEL, A. P.; TROMBINI, E.S; ZAMVERLAN, L. **SATISFAÇÃO DE CLIENTES DE RESTAURANTES: UMA AVALIAÇÃO DA SATISFAÇÃO E DA IMPORTÂNCIA DOS ATRIBUTOS**. **R. Administração Frederico Westphalen** v. 7 n. 11 p. 39-58 dez. 2007.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3ª edição. São Paulo: Atlas, 2009.

WEBER, S. H. **Desenvolvimento de uma função densidade de probabilidade multimodal aplicável à ciência florestal**. 2011.132 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.