

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS**  
**PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E**  
**SISTEMAS**

**APLICAÇÃO DE SIMULAÇÃO DISCRETA PARA A GESTÃO DE**  
**FILAS NO SETOR DE SERVIÇOS: ESTUDO DE UM**  
**RESTAURANTE *SELF-SERVICE***

**ALAN FERREIRA DA ENCARNAÇÃO**

2015

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS**  
**PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E**  
**SISTEMAS**

**APLICAÇÃO DE SIMULAÇÃO DISCRETA PARA A GESTÃO DE**  
**FILAS NO SETOR DE SERVIÇOS: ESTUDO DE UM**  
**RESTAURANTE *SELF-SERVICE***

**ALAN FERREIRA DA ENCARNAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Orientadora: Maria José Pereira Dantas,  
Dra.

Goiânia  
Junho/ 2015

Dados Internacionais de Catalogação da Publicação (CIP)  
(Sistema de Bibliotecas PUC Goiás)

E56a	<p>Encarnação, Alan Ferreira da.</p> <p>Aplicação de simulação discreta para a gestão de filas no setor de serviços [manuscrito] :estudo de um restaurante self-service / Alan Ferreira da Encarnação – Goiânia, 2015. 114 f. : il. ; 30 cm.</p> <p>Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Programa de Pós-Graduação <i>Stricto Sensu</i> em Engenharia de Produção e Sistemas. “Orientadora: Profa. Dra. Maria José Pereira Dantas”. Referências Bibliográficas: p.76-79.</p> <p>1. Engenharia de produção. 2. Gestão de filas. I. Título.</p> <p>CDU 658.5(043)</p>
------	--

**APLICAÇÃO DE SIMULAÇÃO  
DISCRETA PARA A GESTÃO DE FILAS NO SETOR DE  
SERVIÇOS: ESTUDO DE UM RESTAURANTE  
*SELF-SERVICE***

Alan Ferreira da Encarnação

Esta dissertação julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás em junho de 2015.

---

Prof. Ricardo Luiz Machado, Dr.  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia de Produção e Sistemas

Banca examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Maria José Pereira Dantas, Dra.  
Orientadora

---

Prof. Iran Martins do Carmo, Dr.  
Avaliador Externo - IFG

---

Prof. José Elmo de Menezes, Dr.  
Avaliador Interno - PUC Goiás

Goiânia - Goiás  
Junho/2015

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha mãe (*in memoriam*), que sempre acreditou na minha capacidade.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus por mais esta conquista em minha vida, sem ele nada disto teria acontecido.

Agradeço ao restaurante *self-service*, em especial aos colaboradores Fausto, Alídio, Hélio, Halefi, Joelma, Zezão e gestores, por conceder que a pesquisa utilizasse dados coletados neste restaurante, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho.

Agradeço imensamente a minha esposa Ana Paula Ferreira e minha irmã Sheilla, por estarem presentes em todos os momentos deste trabalho.

Aos colegas do mestrado, Adrielle, Jorcivan, Pierre, Renata, Jean Carlos, Raquel.

Agradeço particularmente à Arineia pelas discussões sobre a modelagem computacional com o *Software Arena*.

Também agradeço aos colegas de trabalho, Carlos Felisbino, Emerson, Luis Marques, Luciano Henrique, Kelber, Misclay, Virgilio, Wilson e Filpedes que me incentivaram.

Agradeço aos Professores do MEPROS, Solange da Silva, Clarimar Coelho, Ricardo Machado, Sibelius Lelis, Marco Antônio Figueiredo pelos conselhos e sugestões.

Em especial gostaria de agradecer á minha orientadora Professora. Maria José Pereira Dantas, pelas horas de orientação, sugestões, dedicação e disponibilidade.

“Você nunca sabe que resultados virão da sua ação. Mas se você não fizer nada, não existirão resultados.”

(Mahatma Gandhi)

Resumo da Dissertação apresentada ao MEPROS/PUC Goiás como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia da Produção e Sistemas (M.sc.)

## **APLICAÇÃO DE SIMULAÇÃO DISCRETA PARA A GESTÃO DE FILAS NO SETOR DE SERVIÇOS: ESTUDO DE UM RESTAURANTE *SELF-SERVICE***

Alan Ferreira da Encarnação

Junho/2015.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Maria José Pereira Dantas, Dra.

Este trabalho discute a aplicação da simulação discreta para a gestão de filas no setor de serviços. Alguns prestadores de serviços não dimensionam corretamente sua capacidade de atendimento gerando assim as filas. A gestão eficiente das filas auxilia os gestores na tomada de decisões. São abordadas as características das atividades de serviços e sua importância, tendo como objetivo demonstrar a utilidade da Simulação Computacional para se encontrar um ponto de equilíbrio que satisfaça o cliente e seja viável economicamente para o gestor do serviço. O objeto de estudo é um restaurante *self-service*. Através do *Software* ARENA foi desenvolvido um modelo do tipo discreto e estocástico para reproduzir o ambiente diário do Restaurante. Conclui-se que o *software* de simulação discreta possui elementos de modelagem que atende as necessidades da aplicação. O restaurante estudado possui características diferentes do tradicional *self-service* com *layout* em série, e foi necessário prever no modelo um roteamento para o fluxo de clientes. O estudo concluiu que as filas ocorrem nos processos de preparo de massas, preparo de carnes especiais e caixas, com tempos médios de espera de até 5min. Nos demais processos, que são serviço de guarnição, salada/sobremesa, balança e localização de uma mesa/com cadeira disponível, as filas possuem um fluxo bem ágil. O modelo operacional obtido permitiu a avaliação de alguns cenários visando diminuição do tempo de fila.

**Palavras-chave:** Arena, Modelagem por Simulação, serviços e filas de espera.

*Summary of Dissertation submitted to MEPROS/PUC Goiás as part of the requirements for the degree of Master of Engineering in Production Systems (M. Sc.)*

***APPLICATION OF DISCRETE SIMULATION FOR THE QUEUE MANAGEMENT TO SERVICES SECTOR: A STUDY OF SELF-SERVICE RESTAURANT***

Alan Ferreira da Encarnação

Junho/2015.

*Advisor: Profa. Maria José Pereira Dantas, Doctor.*

*This paper discusses the application of discrete simulation for the management of queues in the service sector. Some service providers do not correctly dimensioning its service capacity generating queues. The efficient management of queues assists managers in making decisions. The characteristics of services and their important activities are addressed, aiming to demonstrate the Computational Simulation utility to find a balance that satisfies the customer and is economically viable for the service manager. The study object is a self-service restaurant. Through the Software ARENA was developed a model of discrete type and stochastic to play everyday restaurant setting. It concludes that the discrete simulation software has modeling elements that meets the application requirements. The studied restaurant has different characteristics from traditional self-service with layout in series, and it was necessary to provide the model a route for the flow of customers. The study concluded that the queues occur in the mass preparation process, special meat preparation and boxes, with average waiting times of up to 5 minutes. In the other processes, which are trim service, salad / dessert, scale and location of a table / chair is available, the queues have a very agile flow. The operating model obtained allowed the evaluation of some scenarios aiming to reduce the queue time.*

**Keywords:** *Arena, Modeling for Simulation, services and queues.*

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	XII
LISTA DE TABELAS .....	XIII
LISTA DE QUADROS .....	XIV
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....	XV
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>16</b>
1.1– CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMÁTICA .....	16
1.2 – INTRODUÇÃO .....	16
1.3 – OBJETIVOS .....	17
1.4 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
1.5– JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TEMA.....	18
1.6– ESTRUTURA DO TRABALHO.....	21
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>22</b>
2.1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	22
2.2 – INTRODUÇÃO .....	22
2.3 – SISTEMA DE FILAS DE ESPERA .....	22
2.3.1 – MODELO MATEMÁTICO.....	25
2.4 – MODELAGEM E SIMULAÇÃO.....	27
2.5 – SERVIÇOS E GESTÃO DE FILAS .....	29
2.6 – QUALIDADE DO SERVIÇO .....	31
2.7- CAPACIDADE DE ATENDIMENTO .....	33
2.7.1 – ESTATÍSTICA APLICADA À SIMULAÇÃO.....	33
2.7.2 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....	34
2.7.3 – VARIÁVEIS ALEATÓRIAS .....	34
2.7.4 – DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE .....	34
2.7.5 – INFERÊNCIA.....	41
2.7.5.1 – INTERVALO DE CONFIANÇA .....	41
2.7.5.2 – POPULAÇÃO NORMAL.....	42
2.7.5.3 – TESTES DE HIPÓTESES .....	43
2.7.5.4 – CÁLCULO DO TAMANHO DA AMOSTRA.....	44
2.7.5.5 – MÉDIA.....	44
2.7.6 – CÁLCULO DO NÚMERO DE SIMULAÇÕES .....	44
2.7.6.1 – AJUSTAMENTO DE MODELOS PROBABILÍSTICOS TEÓRICOS AOS DADOS	
45	
2.7.7 – GERAÇÃO DE VARIÁVEIS ALEATÓRIAS.....	45

<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>47</b>
<b>METODOLOGIA DA PESQUISA.....</b>	<b>47</b>
3.1 – INTRODUÇÃO .....	47
3.2 – CONCEPÇÃO.....	47
3.3 – IMPLEMENTAÇÃO .....	50
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>54</b>
<b>ESTUDO DE CASO – O RESTAURANTE <i>SELF-SERVICE</i> .....</b>	<b>54</b>
4.1 – INTRODUÇÃO .....	54
4.2 – MODELO CONCEITUAL .....	56
4.2.1 – MODELAGEM E COLETA DOS DADOS DE ENTRADA.....	57
4.2.2 – MODELO COMPUTACIONAL .....	62
4.2.3 – VALIDAÇÃO .....	67
4.3.1 – IDENTIFICAÇÃO DOS CENÁRIOS A SEREM SIMULADOS.....	72
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>74</b>
CONCLUSÃO .....	74
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>76</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>80</b>
APÊNDICE I – Valores obtidos no <i>software</i> Arena através do <i>output Analyzer</i> .....	80
APÊNDICE II – Resultados obtidos através do <i>software</i> ARENA, <i>Input Analyzer</i> .....	88
APÊNDICE III – Resultados obtidos através do <i>software</i> ARENA, no período total 11h30min às 14h30min .....	95
APÊNDICE IV– Resultados obtidos através do <i>software</i> ARENA, no horário de maior movimento 12h30min às 13h30min .....	96
APÊNDICE V– Resultados obtidos através do <i>software</i> ARENA, Tempos das filas e quantidade de pessoas nas filas.....	97
APÊNDICE VI – Tempos de movimentação do restaurante <i>self-service</i> .....	99
APÊNDICE VII – Tempos de servir salada do restaurante <i>self-service</i> .....	108
APÊNDICE VIII – Tempos de servir churrasco do restaurante <i>self-service</i> .....	109
APÊNDICE IX – Tempos de servir massas do restaurante <i>self-service</i> .....	110
APÊNDICE X – Tempos de servir guarnições do restaurante <i>self-service</i> .....	111
APÊNDICE XI – Tempos de atendimento das balanças do restaurante <i>self-service</i> .....	112
APÊNDICE XII – Tempos para almoçar do restaurante <i>self-service</i> .....	113
APÊNDICE XIII – Tempos de atendimento dos caixas, do restaurante <i>self-service</i> .....	114

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação de um sistema de filas .....	24
Figura 2 - Sequência de passos para a modelagem por simulação .....	28
Figura 3 - Classificação dos serviços .....	30
Figura 4 - Fase 1: Concepção.....	48
Figura 5 - Simbologia utilizada na técnica proposta <i>IDEF-SIM</i> .....	49
Figura 6 - Fase 2: Implementação.....	50
Figura 7 - Fase 4: Análise.....	53
Figura 8 - <i>Layout</i> do restaurante com os principais fluxos indicados .....	55
Figura 9 - Modelo <i>IDEF-SIM</i> do restaurante <i>self-service</i> .....	56
Figura 10 – Diagrama de Blocos do restaurante <i>self-service</i> implementado no <i>software Arena</i> ®.....	63
Figura 11 - Animação do modelo e alguns gráficos para análise .....	66
Figura 12 - Checagem dos dados do modelo no período total 11h30min às 14h30min e horário de maior movimento 12h30min às 13h30min.....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Exemplos de distribuições de probabilidade de funções contínuas ..	37
Tabela 2–Exemplos de distribuições de probabilidade de funções contínuas ...	38
Tabela 3– Exemplos de distribuições de probabilidade de funções contínuas ..	39
Tabela 4– Exemplos de distribuições de probabilidade de funções contínuas ..	40
Tabela 5– Critério do p-valor.....	45
Tabela 6 – Valores críticos associados ao grau de confiança na amostra .....	57
Tabela 7– Variáveis do sistema e suas respectivas distribuições de probabilidade .....	60
Tabela 8 – Tempos de movimentações.....	61
Tabela 9 – Análise das variáveis de controle no sistema simulado no período total 11h30min às 14h30min .....	70
Tabela 10– Valores obtidos no <i>software</i> Arena no horário de maior movimento 12h30min às.....	71
Tabela 11– Valores obtidos no <i>software</i> Arena no horário de maior movimento 12h30min às.....	71
Tabela 12 – Tempo de fila no caixa valores obtidos no <i>software</i> Arena no horário de maior movimento 12h45min às 13h45min.....	71
Tabela 13– Resultado da simulação aumentando o número de caixas, valores obtidos no <i>software</i> Arena no Horário de maior movimento 12h45min às 13h45min..	73
Tabela 14– Resultado da simulação aumentando o número de atendentes na carne na chapa, valores obtidos no <i>software</i> Arena no Horário de maior movimento 12h30min às 13h30min .....	73

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Requisitos de um <i>software</i> de simulação.....	51
Quadro 2: Requisitos atendidos na fase de modelagem.....	52
Quadro 3: Coleta de dados no restaurante <i>self-service</i> .....	58

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC:	Intervalo Médio Entre Chegadas;
<i>IDEF-SIM</i>	<i>Integrated Definition Methods</i>
<i>FIFO</i>	<i>First In First Out</i>
<i>LIFO</i>	<i>Last In First Out</i>
M	Quantidade de Atendentes
NA:	Número Médio de Clientes que Estão Sendo Atendidos;
NS:	Número Médio de Clientes no Sistema;
NF:	Número Médio de Clientes na Fila;
TA:	Tempo Médio de Atendimento;
TF:	Tempo Médio de Permanência na Fila;
TS:	Tempo Médio de Permanência no Sistema;
PUC	Pontifícia Universidade Católica
PIB	Produto Interno Bruto
SUS	Sistema Único de Saúde

## CAPÍTULO 1

### 1.1 – CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMÁTICA

### 1.2 – INTRODUÇÃO

A importância do setor de serviços vem se reafirmando na economia mundial nos últimos anos. Na economia Brasileira sua importância fica evidente quando comparada com outros setores que compõem o Produto Interno Bruto PIB. O setor se destaca nos últimos 10 anos (IBGE, 2010), confirmando o que Anderson, J.R (2006) afirmou em seu trabalho sobre a economia estar mudando de uma base industrial para uma base de serviço.

Segundo Giannakis (2011) o crescimento no setor nos últimos 50 anos gerou uma necessidade de inovação na prestação de serviços e em 2010, o setor de serviços representou 68,5% do PIB Brasileiro. De acordo com Hillier e Lieberman (2010) dados divulgados pelo IBGE o PIB Brasileiro apresentou crescimento de 0,7% (em comparação ao período de julho a setembro) no quarto trimestre de 2013, indicando pequena recuperação econômica. O setor de serviços foi o que apresentou melhor desempenho neste trimestre com alta de 0,7%. Segundo a Secretária de Comércio e Serviços (2014) a evolução do PIB Brasileiro tem sido influenciada significativamente pelo setor de serviços. Goiás está entre as dez maiores economias Brasileiras. Seu PIB de R\$ 75275,00 bilhões representa 2,48% do PIB Nacional e a renda per capita registrada é de R\$ 12.979. O setor de serviços ainda é predominante no Estado, representado por 60,95% da produção de riquezas.

No caso de serviços de alimentação, a estratégia de operações se torna particularmente importante, pois deixa de ser apenas um aspecto interno da organização do trabalho, restrito aos funcionários. Passa a ser uma questão importante para a qualidade percebida pelos clientes, que durante todas as etapas do processo de consumo, certamente estão avaliando a empresa pelos mais variados aspectos, tangíveis e intangíveis.

Rebelato (1997) realizou um estudo sobre os restaurantes comerciais do tipo *self-service* que surgiram como uma opção de comida rápida bem adaptada às novas necessidades da população brasileira. No estudo o autor analisa o fenômeno da refeição fora

de casa e expõe a estratégia competitiva e operacional dos restaurantes *self-service* “por quilo”. A partir de um estudo conduzido em uma empresa do ramo, identificou e analisou as características dos processos presentes no sistema “por quilo”, sugerindo mudanças internas na forma de diretrizes gerenciais.

Diniz *et al.* (2004) realizaram um estudo envolvendo a percepção dos clientes em relação ao nível de serviço oferecido e sua satisfação com o serviço prestado. Os autores concluíram que apesar de alguns aspectos positivos observados no que diz respeito à relação entre os tempos esperado e efetivo da operação, ainda há muito a ser feito no que tange a percepção que os clientes têm em relação à fila de espera.

Pretende-se neste trabalho discutir a gestão de filas no setor de serviços utilizando simulação discreta. A gestão eficiente das filas auxilia os gestores na tomada de decisões. Para tal é apresentada a aplicação da simulação para a modelagem de um sistema real: um restaurante *self-service* com características diferentes do tradicional *self-service* com *layout* em série. Pretende-se ainda demonstrar a potencialidade da modelagem por simulação aplicada aos sistemas de filas de espera cujos clientes são pessoas. Os resultados são utilizados para se fazer uma caracterização do serviço prestado: utilização dos recursos e tempo de espera dos clientes do serviço. As conclusões obtidas podem ser utilizadas pela gestão para melhoria do desempenho do sistema em estudo.

### **1.3 – OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivo principal discutir a aplicação da Simulação Discreta para a gestão de Filas no setor de serviços, verificando se é possível diminuir o tempo médio gasto em filas pelos clientes, utilizar melhor os recursos; através das experimentações realizadas com base em um modelo computacional criado no *software* de Simulação Arena.

### **1.4 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Desenvolver o modelo de simulação de um restaurante *self-service* no *software* Arena®;
- Proceder o estudo das filas de espera e identificar os gargalos;
- Construir novos cenários e propor melhorias para os gestores.

## 1.5 – JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TEMA

O fator que influenciou na escolha do tema estudado foi o interesse pela área de serviços, pelo lugar de destaque que ocupa na economia. Por outro lado, nos estudos da qualidade dos serviços, a gestão eficiente das filas de pessoas é um tema atual e relevante. Associado a tudo isso se apresenta o desafio da modelagem de filas por simulação. Vários exemplos reais de aplicação da gestão de filas podem ser encontrados em estudos de filas na área de serviços: bancos, *call Center*, hospitais, aeroportos, **restaurantes**, supermercados, (XIAO & ZHANG, 2010). A gestão de filas no setor de serviços tem promovido aplicação da simulação computacional em diferentes situações, seja no serviço público para avaliar a dinâmica das filas, em restaurantes universitários ou em agências bancárias (SANTOS *et al.*, 2012; LEAL, 2008; OLIVEIRA e FAVARETTO, 2013).

Os sistemas de filas de espera são bastante comuns na área de serviços. Como dimensionar estes sistemas? Como otimizar a utilização de recursos diante de elementos de incerteza e variabilidade? Como utilizar sistemas de filas de espera de forma eficiente e ainda mantendo padrões toleráveis de tempo de espera?

Schalter *et al.* (2014) realizaram um estudo sobre a importância da gestão de filas na prestação de serviços. Os autores analisam o processo de formação de filas bem como descreveram alguns procedimentos, para os gestores reduzirem a sensação de tempo de espera na fila. Através do *software* de simulação Arena® foram apresentados cenários referentes a formação das filas. Os autores concluíram que a gestão de filas merece estudos por parte dos gestores de serviços, devido a sua relação de influência na formação da percepção do cliente sobre a qualidade de serviço.

Ericksson *et al.* (2011) desenvolveram um estudo sobre filas para investigar como poderiam ser reduzidas as listas de espera ou filas, sem acrescentar mais recursos e descreveram quais foram os fatores que sustentam a redução de tempo de espera.

Souza (2010) em sua tese de doutorado utilizou os conceitos de Teoria de Filas para configurar a localização e a prioridade de atendimento das ambulâncias do Sistema de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU).

Pérez e Riaño (2007) realizaram um estudo a respeito das filas no restaurante de uma escola. Neste estudo utilizaram técnicas de simulação criando cenários para melhorar o tempo de espera nas filas.

Scarp *et al.* (2013) fizeram um estudo de simulação para verificar o processo de atendimento em empresa de varejo analisando o processo de atendimento nos caixas de um supermercado, por meio da simulação, comparando os resultados obtidos pela simulação e com a Teoria das Filas, encontraram o melhor cenário avaliado sugerindo a realização de treinamento dos funcionários dos caixas normais e a realocação de um atendente para o turno da tarde, o que contribuiria para a minimização das filas e tempos de espera dos clientes.

Bahadori *et al.* (2014) realizaram um estudo sobre gestão das Filas e simulação, desenvolvimento de um modelo para otimizar o desempenho da Farmácia Hospitalar. O estudo investigou a rede de filas em uma farmácia ambulatorial do hospital militar, verificando a possibilidade de modelar as filas por simulação e desenvolver estratégias necessárias para melhorar a qualidade do serviço. Em conclusão, o sistema de prestação de serviço da farmácia estudada poderia ser melhorado através da relocação do pessoal e também revisão e modificação do fluxo dos pacientes, sem qualquer custo adicional, usando teoria das filas e técnicas de simulação.

Os sistemas básicos de filas de espera tratados por modelos matemáticos têm elementos muito mais simples que a maioria das situações de filas encontradas na realidade. De acordo com Schalter *et al.* (2014) os sistemas de fases múltiplas que incorporam duas ou mais atividades de serviços são mais difíceis de serem tratados por um modelo analítico. Sendo assim a modelagem por simulação é a forma de solução mais viável. Cada cliente no sistema pode ser associado a um conjunto de atributos que podem ser tratados simultaneamente. Pode se ainda utilizar diferentes distribuições de probabilidade para o tempo entre as chegadas e tempos de serviços.

É claro que apesar da flexibilidade para a adequação do modelo a realidade, os problemas estatísticos próprios da simulação devem ser tratados. O modelo deve ser desenvolvido de forma criteriosa (LAW, 2007). A solução do problema envolve conhecimentos de probabilidade e estatística, uma vez que um sistema de fila de espera possui elementos com alguma incerteza a eles associada, pois evoluem no tempo e se comportam como sistemas estocásticos. A simulação deste tipo de sistema requer que a variabilidade seja tratada com conceitos probabilísticos. As saídas destes sistemas são também probabilísticas e, portanto, interpretações estatísticas são usualmente requeridas. Além do que, para que se faça a validação de uma simulação é necessário que os problemas estatísticos relacionados sejam bem resolvidos.

Uma particular fonte de erro é a estimação imprecisa dos parâmetros de entrada do modelo. Para a sua execução computacional é necessário que os valores de algumas variáveis aleatórias, descritas por distribuições de probabilidades estimadas com base nos dados reais sejam geradas para descrever o tempo entre as chegadas ao sistema, os tempos de serviços, por exemplo. Esta etapa é crítica, pois pequenos erros cometidos nas estimativas podem redundar em grandes erros nas medidas de desempenho do sistema em estudo. Ao se resolver um problema aplicando um modelo por simulação pode ser introduz-se erros concernentes a variabilidade estatística dos resultados, ao transitório da simulação (como processo experimental deve atingir um regime estável, nem sempre fácil de ser determinado), concernentes a geração de amostras aleatórias etc.

Finalmente, uma importante decisão a ser tomada para se obter o modelo operacional diz respeito ao comprimento da sequência de simulação e o número de replicações para se garantir um erro dentro de limites aceitáveis, com um nível de confiança desejável.

Shafer e Smunt (2004) realizaram um estudo com base nos principais periódicos sobre gestão de operações, nos últimos 30 anos. Os resultados do estudo são baseados em uma pesquisa exaustiva de vinte principais revistas de gerenciamento, durante o período de 1970 a 2000. Aproximadamente, foram identificados 600 estudos de simulação publicados em gestão de operações, mas apenas 85 foram subsequentemente identificados como sendo de natureza empírica. Os 85 artigos foram classificados em uma das 17 categorias. Resultados por jornal, tema, período de tempo, e combinações desses fatores são relatados. A pesquisa evidenciou a baixa quantidade de publicações que abordam a aplicação de técnicas de simulação para avaliação de níveis de serviço e a capacitação/flexibilidade de recursos humanos.

Diante deste panorama, é de interesse avaliar o potencial de aplicação da técnica de simulação no setor de serviços, promovendo uma discussão do processo de modelagem em que são definidos os elementos de um sistema e suas respectivas inter-relações.

Após as considerações sobre a relevância da aplicação dos modelos por simulação para análise de desempenho de sistema de filas de espera encontrados no setor de serviços, considerando as ponderações sobre a natureza deste tipo de modelo, a pesquisa aqui apresentada visa responder ao seguinte problema de pesquisa: como desenvolver um bom modelo por simulação, que possa ser aplicado no estudo de um sistema de filas de espera de pessoas, aqui representado por um restaurante *self-service*, para a gestão das filas, análise da capacidade de atendimento e identificação de gargalos?

## 1.6 – ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é composto de quatro capítulos:

O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica para que os elementos teóricos importantes, aqueles que dão sustentação as escolhas feitas, estejam devidamente articulados, sendo eles: conceitos para a modelagem (sistema, modelo, modelagem por simulação); serviços e gestão de filas, e ao final, um quadro teórico de Estatística Aplicada à simulação, para embasar toda a problemática que envolve o tratamento da natureza estatística da simulação, de suma importância para se chegar a um modelo operacional para embasar tomadas de decisão.

O capítulo 3 descreve a metodologia da pesquisa aplicada a um estudo de caso, detalhando a modelagem por simulação em cada uma das suas etapas, justificando as escolhas feitas com base em trabalhos correlatos.

O capítulo 4 descreve o estudo de caso aplicação do modelo por simulação, detalhando elementos do sistema modelado, simplificações introduzidas no modelo, a fase de coleta de dados, o modelo conceitual do sistema, o modelo computacional desenvolvido no *software* arena, as etapas de validação, e obtenção do modelo operacional.

O capítulo 5 apresenta as conclusões obtidas na pesquisa, algumas dificuldades encontradas, sugestões para trabalhos futuros e contribuições do mesmo.

## CAPÍTULO 2

### 2.1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.2 – INTRODUÇÃO

O presente capítulo apresenta a revisão da literatura envolvendo consultas a livros, artigos científicos, dissertações e teses já publicadas na área. As bases de artigos consultadas foram: os artigos dos anais do *winter simulation conference*, considerado o principal congresso internacional de simulação, e nos periódicos da capes sobre simulação de eventos discretos e gestão de serviços. O objetivo é apresentar alguns conceitos necessários para a discussão sobre aplicação de simulação discreta, envolvendo a gestão de filas no setor de serviços, abordados nos capítulos seguintes.

### 2.3 – SISTEMA DE FILAS DE ESPERA

O termo sistema é empregado para uma grande variedade de situações. Entretanto, nesta pesquisa, sistema significa, conforme Perin (1995): “um conjunto estruturado de componentes que interagem, em termos de causa e efeito, entre si e com fatores externos, satisfazendo a certas restrições provenientes de escassez de recursos, para atingir determinados objetivos”. A definição do sistema, bem como a delimitação de suas fronteiras, ou seja, o que o sistema deve englobar, é feita com base no problema que se deseja resolver ou questões que se quer responder.

Um sistema simples de fila de espera pode ser descrito por um processo de chegada, uma disciplina de fila e um processo de atendimento. O **processo de chegada** é quantificado através da taxa média ( $\lambda$ ) ou pelo intervalo de tempo entre chegadas sucessivas (IC) que ocorrem de maneira aleatória (ARENALES *et al.*, 2007). O processo de chegada dos clientes pode ser determinístico, ou seja, o tempo entre as chegadas é constante, ou pode ser de forma aleatória onde o tempo entre as chegadas é variável e segue uma distribuição de probabilidades conhecida.

Segundo Fogliatti e Mattos (2007) a chegada de clientes no sistema também é classificada como individual ou em grupos. Um exemplo para o caso individual é a chegada de um navio em um porto para carregamento. Para a chegada em grupo, um exemplo são pessoas de uma excursão chegando a um ponto turístico. Além do processo de chegada, também se faz necessário conhecer a taxa de chegada  $\lambda$  (lambda) que é a taxa média de chegada dos clientes por unidade de tempo. O **processo de serviço** é especificado pelo tempo de serviço na maioria das vezes. Assim como o processo de chegada, ele também pode ser determinístico ou aleatório, sendo que a constante  $\mu$  (mi) é a taxa média de atendimentos por unidade de tempo por servidor. A capacidade do sistema contempla os clientes que estão em atendimento e os que estão em espera. Quando não informado, considera-se que o sistema possui capacidade ilimitada. O tamanho da população pode ser finito ou infinito.

A **disciplina das filas** pode ser descrita como a maneira que os clientes entram em serviço depois da fila formada. Esta pode ser *FIFO (FIRST IN, FIRST OUT)*, primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido, *LIFO (LAST IN, FIRST OUT)* último a chegar é o primeiro a ser atendido, *ALEATÓRIO*, isto é, os atendimentos são feitos sem qualquer preocupação com a ordem de chegada e *COM PRIORIDADE*, quer dizer, os atendimentos são feitos de acordo com prioridades estabelecidas. A notação de processos de filas mais utilizada atualmente foi proposta por Kendall, em 1953 onde:

$A$  = distribuição dos intervalos entre chegadas

$B$  = distribuição dos tempo de serviço

$c$  = quantidade de servidores (atendentes)

$K$  = capacidade máxima. Do sistema

$m$  = tamanho da população

$Z$  = disciplina da fila

A anotação condensada  $A/B/c$  é muito usada e se supõe que não há limite para o tamanho da fila, a população é infinita e a disciplina é FIFO.

Exemplos:

Fila  $M/M/1$  com chegadas Poissonianas, atendimentos exponencias negativos e um servidor e Fila  $M/M/S$  caso mais geral de uma fila de espera única, com chegadas Poissonianas, atendimentos exponencias negativos em que existem  $S$  servidores.

A Figura 1, apresenta algumas representações básicas de sistemas de filas básicos: fila única com um único servidor, fila única para múltiplos servidores e filas separadas, uma para cada servidor.

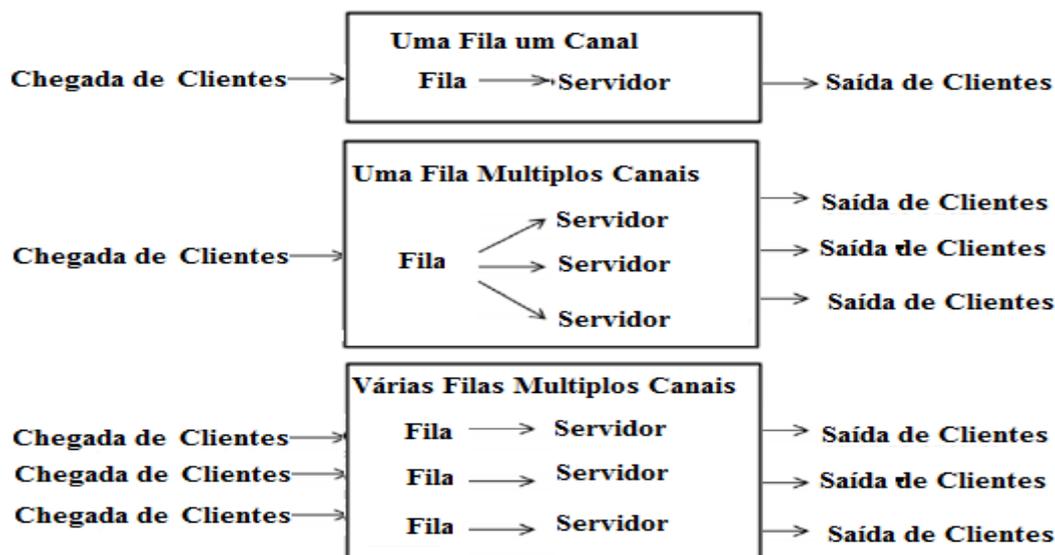


Figura 1 - Representação de um sistema de filas  
Fonte: adaptado de (ALVES *et al.*, 2013)

Segundo Fitzsimmons e Fitzsimmons (2010) os modelos analíticos de filas podem ajudar os gerentes dos sistemas de serviços a avaliar possíveis alternativas de ação mediante a previsão das estatísticas de tempos de espera. Os modelos também permitem análises que ajudam a explicar algumas questões associadas a fila, como agrupamentos, o efeito de filas finitas na demanda atendida, os efeitos não proporcionais da adição de servidores ao tempo de espera e a importância do controle da demanda.

As **medidas de desempenho** são utilizadas para “avaliar a eficiência de um sistema por meio da análise de suas características” (FOGLIATTI; MATTOS, 2007, p.11). As medidas de desempenho mais utilizadas são:

- $L$ : número médio de clientes no sistema;
- $L_q$ : número médio de clientes na fila;
- $W$ : tempo médio de espera no sistema de um cliente qualquer;
- $W_q$ : tempo médio de espera na fila por um cliente qualquer;
- $P(N \leq n_0)$ : probabilidade de que se tenha no sistema um número de clientes, no máximo;
- $P(T_q > t)$ : probabilidade de que um cliente tenha que esperar mais que um tempo na fila; e  $P(N < c)$ : Probabilidade de que um sistema com postos de atendimento tenha algum servidor ocioso.

### 2.3.1 – MODELO MATEMÁTICO

Modelo é uma descrição ou uma representação simplificada de um sistema. Durante a modelagem são feitas diversas hipóteses simplificadoras devido a impossibilidade de se considerar todos os detalhes do sistema no modelo. Ao se construir um modelo uma das tarefas mais difíceis é a decisão sobre os elementos que se deve incluir no modelo. A inclusão de um detalhe supérfluo pode causar um gasto de recursos desnecessário para resolver o modelo. Por outro lado, a exclusão de um elemento importante pode conduzir a uma solução que não resolve o problema. Deve haver um grau acentuado de correspondência entre as entradas e parâmetros do sistema e do modelo. Por outro lado a saída produzida pelo sistema deve ser inferida a partir das saídas do modelo. Uma correspondência direta entre as saídas do modelo e do sistema pode não ser possível devido às simplificações feitas quando da modelagem.

O objetivo da análise de filas com base em um modelo é avaliar o serviço e os custos de instalação, tal que maximize sua utilidade. Isto geralmente resulta em minimizar os custos totais ligados ao tempo ocioso dos recursos do serviço versus custo do tempo de espera dos usuários. A análise de filas se preocupa com: utilização do sistema (%) ou taxa de uso médio da capacidade; número médio de usuários na fila ou no sistema; tempo médio que os usuários ficam na fila e ou no sistema; instalação ociosa e custos do tempo de espera. Os tipos de modelos para a análise de filas são os modelos analíticos de filas e os modelos por simulação.

Em certas situações para que um modelo seja tratado analiticamente, muitas simplificações são necessárias, o que acaba por comprometer a credibilidade do modelo obtido. Nestes casos o que se faz são experimentos com o próprio sistema, ou ainda, utiliza-se um modelo por simulação e os experimentos são feitos com um modelo computacional do sistema e não com o sistema. Os modelos analíticos não serão tratados neste texto, para maiores detalhes sobre os mesmos, ver Wagner (1985) e Shamblin (1979).

A solução por simulação possui vantagens sobre o modelo analítico, pois o modelo obtido se adequa melhor às diferentes composições encontradas na realidade para os sistemas de filas de espera. A modelagem por simulação é utilizada tanto para criação de novos projetos, quanto para avaliação de sistemas existentes, que é o caso desta pesquisa. Sua aplicação têm auxiliado os gestores na tomada de decisão, em problemas complexos.

Com o desenvolvimento da tecnologia surgiram vários estudos de simulação em diversos setores: logística, automotivo, aeroportos, linhas aéreas, análise de estoques, ferrovias, bancos, centrais de atendimento, escritórios, hospitais, parques de diversões, área militar, mineração, siderurgia, correios, problemas de programação da produção, lanchonetes, linhas de montagem, restaurantes, reengenharia de processos, redes de *fast food*, Faculdades e outros. Devido às limitações dos modelos analíticos, existem algumas razões para o uso da simulação, tais como:

- Modelos analíticos só fornecem medias;
- Modelos analíticos não podem identificar os “gargalos” de processos;
- Alguns sistemas são complexos, impedindo qualquer possibilidade de uma solução analítica.

Segundo Freitas Filho (2008) o uso da simulação deve ser considerado quando uma ou mais das condições abaixo existirem:

- Não há formulação matemática completa para o problema;
- Não há solução analítica para o problema;
- A obtenção de resultados é mais fácil de alcançar com a simulação do que com o modelo analítico;
- Não existe habilidade pessoal para a resolução do modelo matemático por técnicas analíticas ou numéricas;
- É necessário observar o processo desde o início até os resultados finais, mas não necessariamente detalhes específicos;
- A experimentação no sistema real é difícil ou até mesmo impossível;
- É interessante observar longos períodos de tempo ou alternativas que os sistemas reais ainda não possuem.

Segundo Law (2007) algumas das armadilhas que foram encontradas no uso de simulação:

- Falha no estabelecimento de objetivos bem definidos no início do estudo da simulação;
- Falha na obtenção de toda a equipe do projeto no início do estudo;
- Detalhamento do modelo em nível inadequado;
- Falha na comunicação com a gerência durante o estudo;
- Entendimento de que a utilização de pacotes de programas que não necessitem de programação requer baixa competência técnica;

- Análise de saída de dados de uma simulação utilizando fórmulas que supõem independência;
- Fazer uma simples replicação do sistema e considerar a saída como verdade absoluta;
- Falha em ter um período de aquecimento, se o interesse é em ter um comportamento estável;
- Comparação entre diferentes alternativas com apenas uma replicação de cada.

## 2.4 – MODELAGEM E SIMULAÇÃO

A simulação discreta é utilizada para modelar sistemas que mudam o seu estado em momentos discretos no tempo, a partir da ocorrência dos eventos (por exemplo, uma chegada ao sistema, ou ainda, uma saída do sistema).

Para a escolha do método para desenvolver a modelagem por simulação foram avaliados vários deles verificando suas etapas, potencialidades, limitações e implicações das mesmas.

O método de Mitroff *et al.* (1974) apud Will *et al.* (2002), que é reconhecidamente o método mais antigo reportado na literatura, é dividido em quatro fases, sendo a primeira fase a “Contextualização”, seguido pela “Modelagem”, depois pela “Solução pelo modelo” e por fim a “Implementação”. Na fase de contextualização, o pesquisador faz um modelo conceitual do problema estudado, toma decisões sobre as variáveis que devem ser incluídas no modelo. Na próxima fase, o pesquisador, constrói o modelo definindo relações causais entre as variáveis do processo e verifica a solução. Finalmente, os resultados do modelo são implementadas, sendo que um novo ciclo pode ser iniciado. Os autores argumentam que um ciclo de investigação pode, sem dúvida, começar e terminar em qualquer uma das fases do ciclo, desde que o investigador tenha conhecimento das partes específicas da solução do modelo. Os autores destacam que essas quatro fases percorrem respectivamente e ciclicamente o problema real, conceitual o modelo científico e a solução.

Em seguida, avaliou-se o método de Montevechi *et al.* (2010) apresentado nos anais do *Winter Simulation Conference*, um fluxograma com 14 etapas, que demonstra as formas de conhecimento presentes em cada etapa, a fim de auxiliar os analistas na documentação e gestão do conhecimento gerado durante o desenvolvimento do projeto de simulação,

bastante completo.

Por fim, escolheu-se o método de Chwif e Medina (2010), conforme Figura 2. O método prevê três fases (concepção, implementação e análise dos resultados), em cada uma delas existe um determinado número de atividades que devem ser realizadas pelos analistas. Apesar deste método não apresentar em suas atividades a validação do modelo conceitual e a documentação dos dados, possui formato de uma espiral, fazendo com que o ciclo retorne ao início.

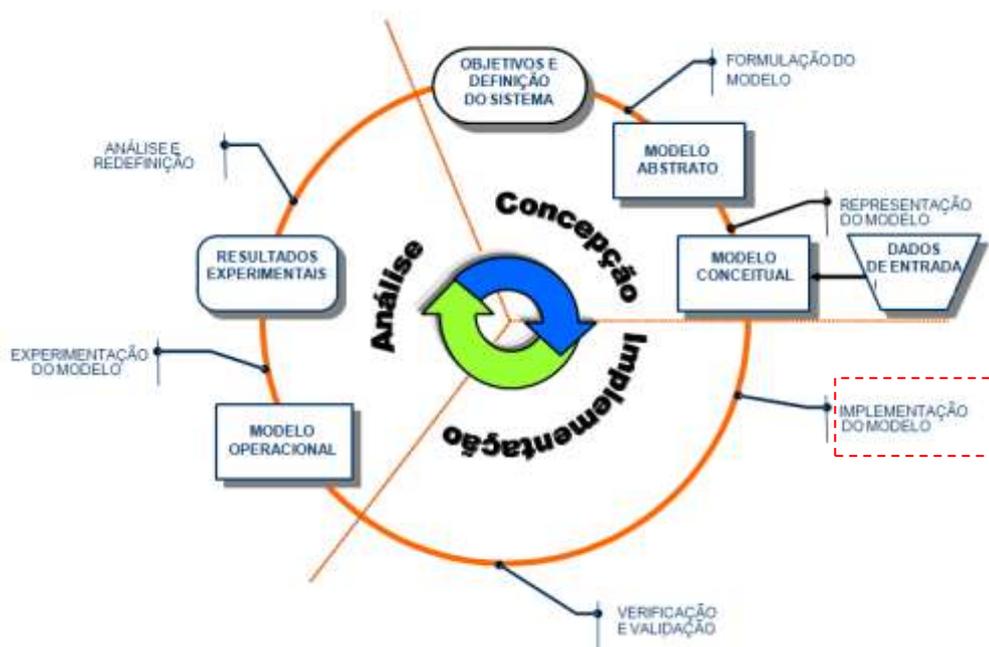


Figura 2 - Sequência de passos para a modelagem por simulação  
Fonte: Adaptado de Chwif e Medina (2010) – inclusão de uma fase

A concepção do modelo ocorre através do entendimento do sistema, o delineamento do escopo, a coleta dos dados e o estabelecimento do modelo conceitual, que deve ser validado para representar fielmente o sistema real. A implementação do modelo é a fase em que ocorre a conversão do modelo conceitual em um modelo computacional, utilizando um *software* de simulação. A verificação deve ocorrer nesta etapa, também, para garantir que o modelo computacional esteja corretamente programado. Caso a verificação não aconteça, os analistas da simulação devem voltar à atividade de construção do modelo, para corrigir possíveis erros e assim obter a verificação. Por fim, a validação consiste em garantir que o modelo computacional represente fielmente o modelo conceitual elaborado.

A análise dos resultados do modelo é uma parte importante, pois a partir desses resultados são emitidas conclusões e recomendações a respeito do sistema. Com o modelo

computacional validado, os experimentos podem ser delineados, conduzidos e analisados. Com base nos dados da simulação são elaboradas conclusões, recomendações e sugestões aos clientes da simulação.

É importante destacar que nesta atividade é realizada uma proposição de melhorias, que devem ser avaliadas, neste caso pelos gestores, e podem ser implementadas ou não.

## 2.5 – SERVIÇOS E GESTÃO DE FILAS

Serviço é criar valor para o cliente através de recursos e processos interativos (GRÖNROOS e RAVALD, 2011). A importância do setor de serviços vem se reafirmando na economia mundial nos últimos anos. O setor de serviços alimentícios tornou-se o setor mais expressivo da economia Brasileira com uma participação expressiva no PIB e na geração de empregos (LOVELOCK; WIRTZ; HEMZO, 2011). Segundo Giannakis (2011) o crescimento no setor de serviços nos últimos 50 anos gerou uma necessidade de inovação na prestação de serviços. De acordo com Fitzsimmons e Fitzsimmons (2010) o serviço é parte integrante da economia de uma sociedade, não sendo classificado apenas como uma atividade periférica. Também buscando caracterizar serviços, os autores apontam os seguintes pontos referentes a serviços:

- O cliente é participante no processo de prestação de serviços (balcões, saladas, sobremesas e guarnições);
- A produção e o consumo são simultâneos;
- A capacidade é perecível com o tempo;
- Economias de escala são limitadas;
- O controle da atividade é descentralizado;
- Intangibilidade.

Segundo Becker *et al.* (2010) características como intangibilidade dos serviços, presença do cliente e subjetividade têm sido citadas como influenciadoras de variações na percepção dos clientes de serviços. Segundo Silvestro (1999) e Corrêa e Corrêa (2009) os sistemas de operações de serviços são classificados em cinco, conforme Figura 3:

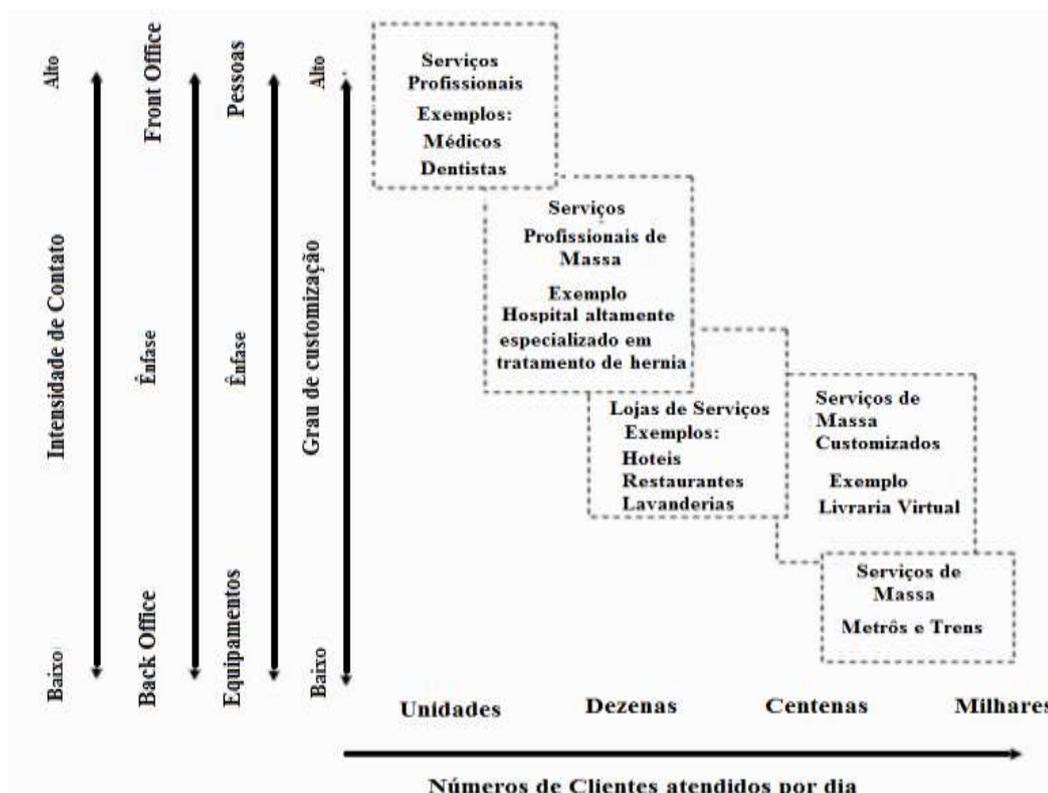


Figura 3 - Classificação dos serviços

Fonte: Adaptado de Silvestro *et al.* (1999); Corrêa e Corrêa (2009)

- a) **Serviços profissionais:** são aqueles em que o cliente busca no fornecedor uma capacitação que não possui. Neste processo os equipamentos são utilizados apenas como ferramenta de apoio, e os recursos humanos geralmente apresentam alta qualificação e oferecem um atendimento altamente customizado. O pacote de serviço ofertado é bastante flexível se adapta as necessidades e desejos dos clientes (exemplo: consultorias, médicos, dentistas);
- b) **Serviços de massa:** De forma geral, são serviços que atendem um grande número de clientes por dia, exigindo assim um alto grau de padronização e rotinização. Para atender a alta demanda faz-se o uso de equipamentos para a produção do serviço, mas geralmente a presença do cliente é necessária embora o grau de contato seja relativamente baixo tornando o serviço impessoal;
- c) **Lojas de Serviços:** Tipo definido como intermediário entre serviços profissionais e serviços de massa, é uma área bem variada, onde se encontra a maioria das operações de serviços. Estão nesta classificação, diversos

sistemas de serviços encontrados em estabelecimentos como hotéis, **restaurantes**, lavanderias e hospitais;

- d) **Serviços de massa customizados:** são serviços que se encontram bem próximos ao volume dos serviços de massa, mas por fazerem uso de tecnologias criam no cliente, de forma automatizada, uma sensação de serviço customizado, como na livraria virtual <www.amazon.com> em que o cliente uma vez cadastrado recebe uma saudação personalizada e sugestão de livros conforme o perfil de suas outras compras;
- e) **Serviços profissionais de massa:** são aqueles serviços em que exigem dos profissionais uma capacitação maior, porém visando aumentar seus ganhos são realizados em larga escala.

## 2.6 – QUALIDADE DO SERVIÇO

A qualidade em serviço é algo intangível, devido à subjetividade, atitude e percepção, ou seja, a qualidade de serviço é um julgamento do cliente sobre a excelência global de um serviço. Segundo Cardoso e Machado (2008) nos últimos anos, diversos autores vêm discutindo como avaliar a qualidade dos serviços prestados por instituições de ensino superior e nunca se questionou tanto a qualidade e os valores cobrados por esses serviços. Na avaliação da qualidade os indicadores de desempenho são utilizados para avaliar a prestação de um serviço no âmbito da qualidade, confiabilidade, flexibilidade e rapidez do serviço. Estes parâmetros podem ser utilizados para verificar a competência do serviço prestado. Quando a avaliação de um serviço é feita de maneira correta este pode ser corrigido ou melhorado. Clientes ou consumidores insatisfeitos são mais propensos a divulgar de forma negativa a imagem da empresa, o que leva a ocasionar problemas de reputação do mesmo. Os satisfeitos tendem a se fidelizar e divulgar de forma positiva a imagem da empresa.

Segundo Fitzsimmons e Fitzsimmons (2010) existem cinco principais dimensões que os clientes utilizam para julgar a qualidade dos serviços: Confiabilidade, responsividade, segurança, empatia e aspectos tangíveis, listadas em ordem decrescente de importância para os clientes.

- **Confiabilidade:** a capacidade de prestar o serviço prometido com confiança e exatidão. O desempenho do serviço confiável é uma expectativa do cliente e significa um serviço cumprido no prazo, da mesma maneira e sem erros. Por exemplo, receber a correspondência em uma hora determinada todos os dias é importante para a maioria das pessoas. A confiabilidade também vale para as atividades de retaguarda, das quais se espera exatidão na elaboração de contas e na manutenção de registro.
- **Responsividade:** a disposição para auxiliar os clientes e fornecer o serviço prontamente. Deixar o cliente esperando, principalmente por razões não aparentes, cria desnecessariamente uma percepção negativa da qualidade. Se ocorrer uma falha em um serviço, a capacidade para recuperá-la rapidamente e com profissionalismo pode gerar muitas percepções positivas da qualidade. Por exemplo, servir bebidas como cortesia durante a espera de um voo que está atrasado pode transformar a má experiência do cliente em algo a ser lembrado favoravelmente.
- **Segurança:** está relacionada ao conhecimento e a cortesia dos funcionários, bem como a sua capacidade de transmitir confiança e confidencialidade. A dimensão da segurança inclui as seguintes características: competência para realizar o serviço, cortesia e respeito ao cliente, comunicação efetiva com cliente e a ideia de que o funcionário está realmente interessado no melhor para o cliente.
- **Empatia:** Demonstrar interesse e atenção personalizada aos clientes. A empatia inclui as seguintes características: Acessibilidade, sensibilidade e esforço para entender as necessidades dos clientes. Um exemplo de empatia é a capacidade de um funcionário de uma empresa aérea de encontrar a solução para um cliente que perdeu sua conexão, como se o problema fosse dele.
- **Aspectos tangíveis:** aparência das instalações físicas, equipamentos, pessoal e materiais para comunicação. A condição do ambiente (por exemplo, limpeza) é uma evidência tangível do cuidado e da atenção aos detalhes exibidos pelo fornecedor do serviço. Essa dimensão de avaliação também pode estender-se a conduta de outros clientes que estejam utilizando o serviço.

## 2.7- CAPACIDADE DE ATENDIMENTO

A capacidade de atendimento pode ser descrita pelo processamento máximo de atividades que podem ser realizadas em determinado período de tempo. Nos restaurantes é necessário analisar a capacidade de atendimento para testar hipóteses e verificar o comportamento do sistema diante de alterações da demanda, mudanças de *layout*, entre outros. Em alguns casos, decidir quando ampliar a capacidade, ou lidar com gargalos resultantes do comportamento variável e aleatório da demanda, torna-se uma questão difícil. De acordo com Slack *et al.*(2009) a tarefa de determinar a capacidade de uma operação de forma que ela responda à demanda é chamada de planejamento e controle da capacidade. Em alguns modelos de filas existe uma limitação física da quantidade de espaço na fila, ou seja, se as filas alcançarem certo comprimento, nenhum novo cliente poderá entrar no sistema. A capacidade de atendimento do sistema contempla os clientes que estão em atendimento e os que estão em espera.

### 2.7.1 – ESTATÍSTICA APLICADA À SIMULAÇÃO

Durante a aplicação da metodologia para a construção do modelo de simulação observou-se que vários conteúdos de estatística são necessários. Law (2007) enfatiza a importância da estatística em um estudo por simulação. A probabilidade e a estatística são necessárias para entender o funcionamento do sistema de filas de espera que é estocástico; validar o modelo de simulação; escolher as distribuições para os dados de entrada; gerar amostras aleatórias das distribuições; fazer análises estatísticas das saídas do sistema e planejar os experimentos para avaliação de novos cenários. Para o uso da estatística na modelagem utilizou-se como referência o conjunto destes três livros: Chwif e Medina (2010), Law (2007), Freitas Filho (2008) e Prado (2010). No caso da simulação de filas de espera utiliza-se exaustivamente a inferência estatística uma vez que os dados coletados representam amostras do sistema a ser simulado para definir as entradas do modelo; e as saídas do modelo representam amostras para a inferência da saída do sistema em estudo.

### 2.7.2 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Os dados das amostras utilizadas em projetos de simulação podem ser resumidos em tabelas, gráficos e através de medidas: médias, medianas, quartis, variância, desvio padrão, correlação. Alguns gráficos são utilizados para avaliar o comportamento das variáveis como: histograma, polígono de frequência, gráfico da frequência acumulada ou ogiva, Ramo-e-Folhas, analisar valores discrepantes *outliers* (*boxplot*), avaliar independência (diagrama de dispersão). Para os estudos de filas são utilizados todos estes elementos para uma boa análise dos dados. Na fase de análise dos dados coletados, segundo Chwif e Medina (2010) a presença de *outliers* pode distorcer os níveis de significância dos testes estatísticos que são aplicados nas fases seguintes, podendo prejudicar as estimativas das distribuições de probabilidade. Assim, geralmente é interessante removê-los da amostra.

### 2.7.3 – VARIÁVEIS ALEATÓRIAS

Variáveis aleatórias são variáveis que apresentam valores que ocorrem com certa probabilidade em conjuntos discretos ou contínuos. As variáveis aleatórias são fundamentais para as aplicações, pois elas representam as características de interesse em uma população. No estudo de filas tem-se a presença das variáveis aleatórias para descrever várias partes do sistema. As variáveis tempo entre as chegadas à fila e o tempo de serviço, são exemplos de variáveis aleatórias presentes em estudos de filas. Uma variável aleatória tem seu comportamento descrito por uma distribuição de probabilidade que é dada por uma fórmula matemática sendo possível associar medidas numéricas tais como: média e variância.

### 2.7.4 – DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE

Cada variável aleatória pode ter seu comportamento descrito por uma distribuição de probabilidade. Em estudos de filas algumas distribuições são mais utilizadas. Em sistemas de fila única a distribuição de *Poisson* é usada para descrever o comportamento das

chegadas numa fila e a distribuição exponencial para descrever o tempo de serviço. Em problemas reais de sistemas de fila são identificados várias outras distribuições.

Segundo Freitas Filho (2008) as distribuições mais comumente empregadas são as do tipo Normal, *Exponencial* e *Poisson*, por serem de fácil identificação e análise, mas não se deve negligenciar as demais distribuições como, a *Beta*, *Gama* e *Weibull*, devido fornecerem uma grande variedade de formas no processo de identificação de um modelo para os dados.

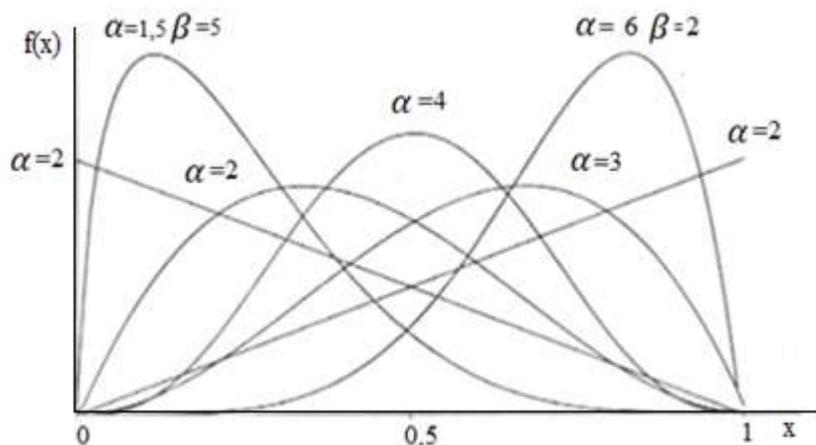
A distribuição normal é especificada por dois parâmetros: ( $\mu$ ) representa a média populacional, e ( $\sigma$ ) representa o desvio-padrão populacional. A curva normal tem forma de sino, ou seja, é unimodal e simétrica, a moda coincide com o valor da média e da mediana. As principais características da distribuição Normal são: para cada média e desvio-padrão existe uma curva diferente, o ponto mais alto da curva está na média, a curva é simétrica em relação a média, o lado esquerdo é igual ao lado direito, a curva é assintótica, o desvio-padrão determina a largura da curva, a área total abaixo da curva é igual a 1 ou 100%. Sua importância se deve a vários fatores, entre eles o teorema central do limite, o qual é um resultado fundamental em aplicações práticas e teóricas, pois ele garante que mesmo que os dados não sejam distribuídos segundo uma normal a média dos dados converge para uma distribuição normal conforme o número de dados aumenta. Muitos fenômenos aleatórios comportam-se de forma próxima a essa distribuição. Exemplos: altura, pressão sanguínea, peso. A distribuição exponencial é extensivamente utilizada para modelar o tempo entre ocorrência de eventos num sistema, onde os eventos ocorrem a uma taxa constante. Tem grande aplicabilidade em estudos de confiabilidade, teoria das filas e simulação, onde todo fenômeno aleatório descrito por essa distribuição se caracteriza pela total imprevisibilidade, tem como parâmetro a média  $\beta$ . A distribuição de Poisson é uma distribuição de probabilidade discreta, utilizada quando se deseja contar o número de eventos de certo tipo, que ocorrem em um intervalo de tempo, superfície ou volume. Exemplos: usuários de computador ligados à Internet, clientes chegando ao caixa de um restaurante. A distribuição *Beta* é usada para caracterizar variáveis aleatórias onde os valores encontram-se dentro do intervalo [0;1], sendo aplicadas na representação de proporções ou frações. Sua versatilidade ocorre pela parametrização que considera um parâmetro de deslocamento, um parâmetro de dispersão e dois parâmetros de formato. Modelam os tempos de conclusão de atividades em redes de planejamento, devido à sua flexibilidade, são utilizadas quando não se dispõe de dados reais coletados.

A distribuição *Gama* é uma distribuição contínua, com dois parâmetros que se assemelha a distribuição normal. Pode confundir-se com a distribuição de *Erlang*, a diferença é no parâmetro  $m$  que pode assumir valores não inteiros, esta distribuição é apropriada para modelar o tempo requerido para o acontecimento de exatamente  $\alpha$  eventos independentes que ocorrem a uma taxa constante  $\lambda$ . Essa característica torna a distribuição gama importante na modelagem estatística de problemas de fila. A distribuição *Weibull* é nomeada devido à *Waloddi Weibull* que em 1951 lançou um artigo descrevendo a distribuição em detalhes e propondo diversas aplicações, é largamente utilizada em modelos que representam o tempo de vida de equipamentos. Utiliza os parâmetros  $\beta$ ,  $\eta$  e  $\lambda$ . As Tabelas 1, 2, 3 e 4 apresentam exemplos de Distribuições de Probabilidade.

Tabela 1– Exemplos de distribuições de probabilidade

Beta ( $\alpha\beta$ )

Representação Gráfica

Parâmetros: de forma  $\beta$  e  $\alpha$ Domínio:  $0 \leq x \leq 1$  (ou  $[a, b]$  através da transformação:

$$y = b + (b-a)x$$

Função densidade de probabilidade

$$f(x) = \begin{cases} \frac{x^{\beta-1}(1-x)^{\alpha-1}}{B(\beta, \alpha)} & \text{para } 0 < x < 1 \\ 0 & \text{para } x \geq 1 \end{cases}$$

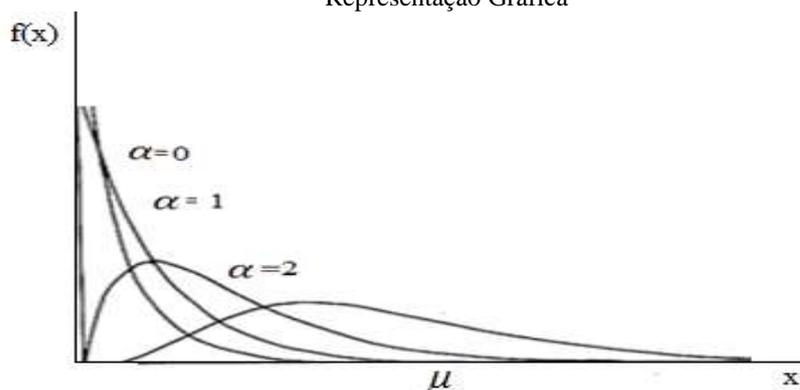
0 para  $x \geq 1$ Onde  $B$  é a função beta completa:  $B(\beta, \alpha) = \int_0^1 t^{\beta-1} (1-t)^{\alpha-1} dt$ 

$$\text{Média: } \frac{\beta}{\alpha + \beta}$$

$$\text{Variância: } \frac{\beta\alpha}{(\beta + \alpha)^2(\beta + \alpha)}$$

Gama ( $\alpha\beta$ )

Representação Gráfica



Parâmetros:

 $\alpha$  : parâmetro de forma e  $\beta$  parâmetro de escalaDomínio:  $0 < x < +\infty$ 

Função densidade de probabilidade

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\beta^{-\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\Gamma(\alpha)} & \text{para } x > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

0 caso contrário

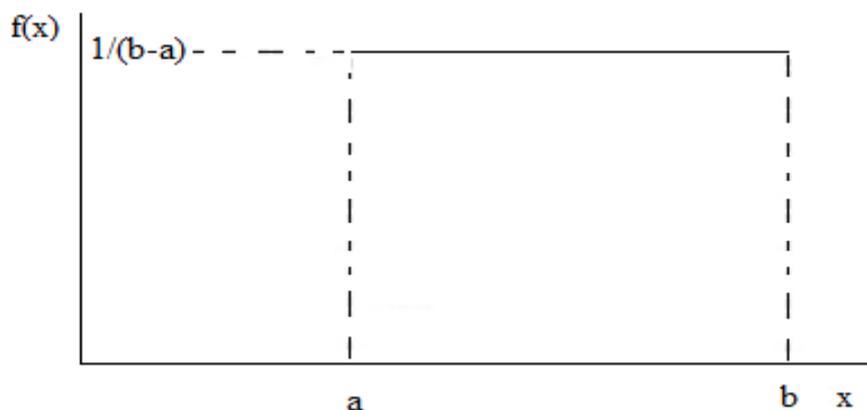
$$\text{Média: } \alpha\beta$$

$$\text{Variância: } \alpha\beta^2$$

Tabela 2 - Exemplos de distribuições de probabilidade

Uniforme ( $a, b$ )

Representação Gráfica



Parâmetros:

a: menor valor e b maior valor são números reais, tais que  $a < b$ .Domínio:  $a \leq x \leq b$ 

Função densidade de probabilidade

$$f(x) = \frac{1}{b-a} \quad \text{Para } a \leq x \leq b$$

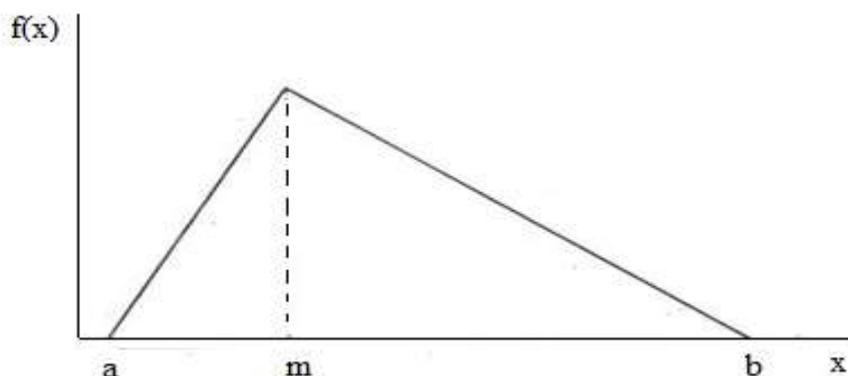
0 caso contrário

$$\text{Média: } \frac{a+b}{2}$$

$$\text{Variância: } \frac{(a-b)^2}{12}$$

Triangular ( $a, m, b$ )

Representação Gráfica



Parâmetros:

a: menor valor, b maior valor e m valor que mais ocorre (moda) são números reais, tais que  $a < m < b$ .Domínio:  $a \leq x \leq b$ 

Função densidade de probabilidade

$$f(x) = \frac{2(x-a)}{(m-a)(b-a)} \quad \text{Para } a \leq x \leq m$$

$$\frac{2(b-x)}{(b-m)(b-a)} \quad \text{Para } m \leq x \leq b$$

0 caso contrário

$$\text{Média: } \frac{a+m+b}{3}$$

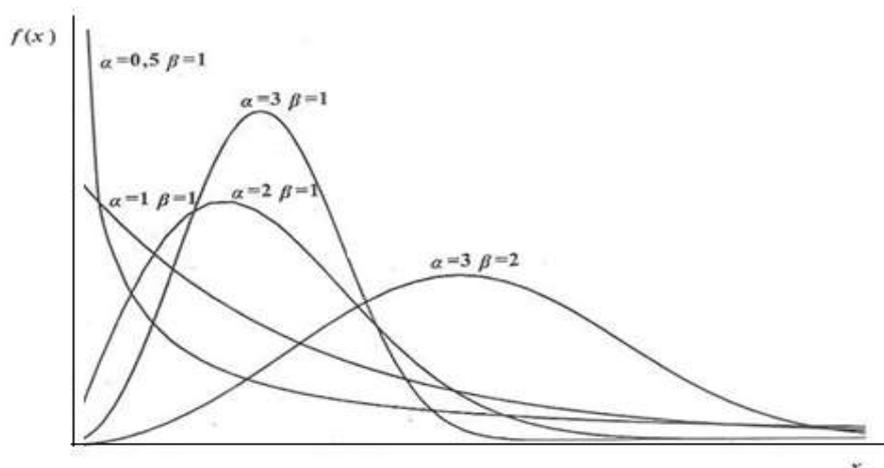
$$\text{Variância: } \frac{a^2 + m^2 + b^2 - ma - ab - mb}{18}$$

Fonte: Adaptado de Chwif e Medina (2010)

Tabela 3- Exemplos de distribuições de probabilidade

Weibull ( $\alpha\beta$ )

Representação Gráfica

Parâmetros:  $\alpha$  parâmetro de forma e  $\beta$  parâmetro de escala.Domínio:  $0 < x < +\infty$ 

Função densidade de probabilidade

$$f(x) = \left\{ \alpha \beta^{-\alpha} x^{\alpha-1} e - \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha} \text{ para } x > 0 \right.$$

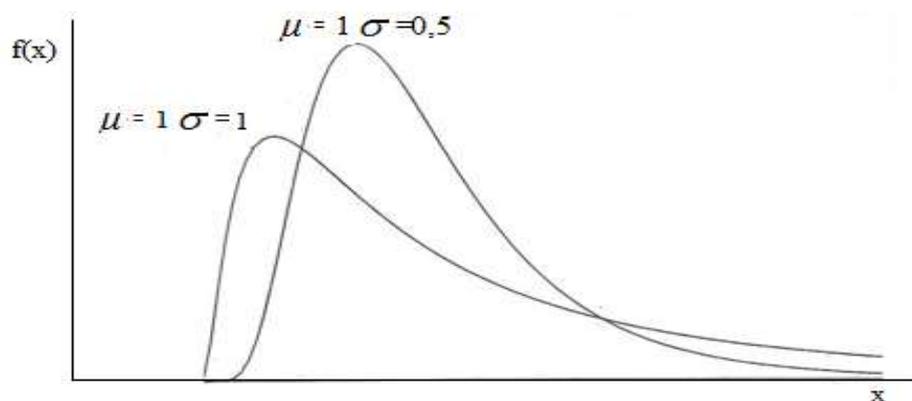
0 caso contrário

Média:  $\frac{\beta}{\alpha} \Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right)$  onde  $\Gamma(\alpha)$  é a função gama completa:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^1 t^{\alpha-1} e^{-t} dt$$

Variância:  $\frac{\beta^2}{\alpha} \left\{ 2 \Gamma\left(\frac{2}{\alpha}\right) - \frac{1}{\alpha} \left[\Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right)\right]^2 \right\}$ Lognormal ( $\mu\sigma^2$ )

Representação Gráfica



Parâmetros:

$\mu$ : parâmetro de escala ou de posição, e  $\sigma$  parâmetro de forma ou de dispersão, números positivos reais.

Domínio:  $0 \leq x < +\infty$ 

Função densidade de probabilidade

$$f(x) = \left\{ \frac{1}{\sigma x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}} \text{ Para } x = 0,1 \dots \right.$$

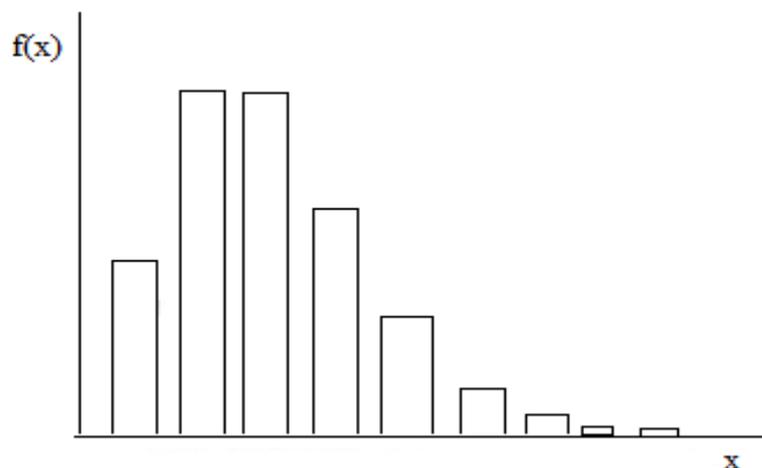
0 caso contrário

Média:  $e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$ Variância:  $e^{2\mu + \alpha^2} (e^{\sigma^2} - 1)$

Tabela 4- Exemplos de distribuições de probabilidade

Poisson ( $\lambda$ )

Representação Gráfica



Parâmetros:

 $\lambda$ : média, número positivo real.Domínio: Distribuição discreta  $x=0,1,2,\dots$ 

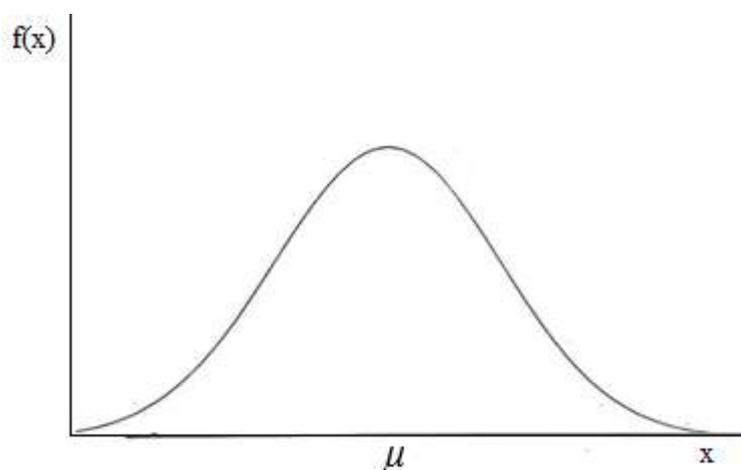
Função densidade de probabilidade

$$f(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$$

0 caso contrário

Média:  $\lambda$ Variância:  $\lambda$ Normal ( $\mu\sigma^2$ )

Representação Gráfica

Parâmetros:  $\sigma^2$ : variância e  $\mu$  média, número positivo real.Domínio:  $0 \leq x < +\infty$ 

Função densidade de probabilidade

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad \text{Para qualquer } x \in \mathbb{R}$$

Média:  $\mu$ Variância:  $\sigma^2$ 

Fonte: Adaptado de Chwif e Medina (2010)

## 2.7.5 – INFERÊNCIA

A Inferência estatística tem como objetivo estudar generalizações sobre uma população através de evidências fornecidas por uma amostra retirada desta população. Aqui a população será representada por uma variável aleatória. A amostra contém os elementos que podem ser observados e é onde as quantidades de interesse podem ser medidas. Nos sistemas de filas as amostras utilizadas são aleatórias e ocorrem para modelagem dos dados de entrada e análise dos dados de saída. Quando a coleta de dados é realizada com o interesse de fazer inferência adota-se a **Amostra aleatória**.

Um **Parâmetro** é uma característica numérica dos elementos de uma população. Geralmente é desconhecido. Exemplos: média populacional ( $\mu$ ), proporção de algum atributo ( $p$ ), variância populacional ( $\sigma^2$ ), etc. Nas filas os parâmetros de interesse são as médias e proporções, geralmente. Para se estimar parâmetros utilizam-se **estatísticas** que são funções de valores da amostra. **Estimador** é uma estatística utilizada com o objetivo de avaliar ou estimar o valor de algum parâmetro. **Estimativa** é o valor calculado com base em uma amostra. **Erro amostral** é a diferença entre o valor do parâmetro e o valor da estatística.

### 2.7.5.1 – INTERVALO DE CONFIANÇA

Um intervalo de confiança (IC) é um intervalo estimado de um parâmetro de interesse de uma população. Em vez de estimar o parâmetro por um único valor, é dado um intervalo de estimativas prováveis. O quanto estas estimativas são prováveis será determinado pelo coeficiente de confiança ( $1 - \alpha$ ), para  $\alpha \in (0,1)$ . Intervalos de confiança são usados para indicar a confiabilidade de uma estimativa. Por exemplo, um IC pode ser usado para descrever o quanto os resultados de uma pesquisa são confiáveis. Sendo todas as estimativas iguais, uma pesquisa que resulte num IC pequeno é mais confiável do que uma que resulte num IC maior. Para interpretar o intervalo de confiança da média, assume-se que os valores foram amostrados de forma independente e aleatória de uma população representada aqui por uma variável aleatória com distribuição normal com média  $\mu$  e

variância  $\sigma^2$ . Dado que estas suposições são válidas, tem-se 95% de "chance" do intervalo conter o verdadeiro valor da média populacional.

Em outras palavras, se forem produzidos diversos intervalos de confiança provenientes de diferentes amostras independentes de mesmo tamanho, pode-se esperar que aproximadamente 95% destes intervalos devem conter o verdadeiro valor da média populacional. Os principais parâmetros sobre os quais se deseja fazer alguma inferência são a média, a variância e a proporção.

### 2.7.5.2 – POPULAÇÃO NORMAL

O Intervalo de Confiança Para a Média Populacional ( $\mu$ ) Quando a Variância ( $\sigma^2$ ) é Conhecida é dado por:

$$P\left(\bar{x} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) = 1 - \alpha \quad (1)$$

ou seja, o intervalo de confiança para a média populacional, quando a variância é conhecida, com um nível de confiança igual a  $1 - \alpha$ , é:

$$\left[ \bar{x} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \bar{x} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right] \quad (2)$$

O Intervalo de Confiança Para a Média Populacional ( $\mu$ ) Quando a Variância.. ( $\sigma^2$ ) é desconhecida. Neste caso usa-se uma estimativa para

$$\frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \quad (3)$$

tem distribuição *t-student* com  $n-1$  graus de liberdade.

$$P\left(\bar{x} - t_{n-1, \frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + t_{n-1, \frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}\right) = 1 - \alpha \quad (4)$$

Ou seja, o intervalo de confiança para a média populacional, quando a variância é desconhecida, com um nível de confiança igual a  $1 - \alpha$ , é:

$$\left[ \bar{x} - t_{n-1, \frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}, \bar{x} + t_{n-1, \frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \right] \quad (5)$$

Obs. Se a amostra for tal que  $n \geq 30$ , mesmo que o desvio padrão populacional ( $\sigma$ ) seja desconhecido, pode-se usar o desvio padrão amostral (S) e usar a distribuição normal, pois a distribuição *t-student* tende para uma normal quando  $n$  tende para infinito. Com  $n \geq 30$  a aproximação já é razoável. Na pesquisa os intervalos de confiança são utilizados na fase de definição do número de simulações para garantir que as saídas do modelo representem a saída do sistema, ainda, para as estimativas das medidas de desempenho.

### 2.7.5.3 – TESTES DE HIPÓTESES

Ao ser feita determinada afirmação sobre uma população descrita por uma variável aleatória, mais especificamente sobre um parâmetro dessa população, é natural desejar saber se os resultados experimentais provenientes de uma amostra contrariam, ou não, tal afirmação. Para isso, faz-se um teste de hipóteses. Tais conjecturas ou suposições são chamadas de hipóteses estatísticas. De maneira genérica, pode-se enunciar que uma *hipótese estatística* é uma afirmação ou conjectura sobre um parâmetro, ou parâmetros; pode também referir-se ao tipo ou natureza da população. Na simulação utilizam-se testes de hipótese para a identificação das distribuições de probabilidade através do que é chamado de teste de adequação do ajustamento. Podem ser necessários outros testes na fase de validação do modelo computacional para comparar, por exemplo, dados reais com as saídas da simulação na fase de validação do modelo computacional e ainda, testes para comparação de cenários na fase de uso do modelo operacional.

### 2.7.5.4 – CÁLCULO DO TAMANHO DA AMOSTRA

O tamanho da amostra depende da distribuição teórica que descreve a variável aleatória para a qual se deseja estimar algum parâmetro. Se o parâmetro for uma média a distribuição teórica envolvida pode ser a distribuição normal ou a distribuição de *student*, o cálculo depende do nível de confiança, da variabilidade presente na população e do erro máximo tolerável para tal estimativa; se o parâmetro for uma proporção o modelo teórico é o modelo normal.

### 2.7.5.5 – MÉDIA

A média ( $Z_{\alpha/2}$ ) é o desvio normal entre a média amostral e a verdadeira média em um nível de confiança  $1 - \alpha$ . ( $1 - \alpha$ ) é o nível de confiança desejado. E é a diferença tolerável entre a média amostral e a verdadeira média (erro padrão de estimativa), então o mínimo de elementos da amostra para populações infinitas é dado por:

$$n = \left( \frac{Z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{e} \right)^2 \quad (6)$$

### 2.7.6 – CÁLCULO DO NÚMERO DE SIMULAÇÕES

As simulações representam amostras da saída do sistema de fila de espera em estudo. Portanto o número de simulações deve ser calculado com base em uma amostra piloto. A partir desta, obtêm-se indicações iniciais para o cálculo do número que deve ser utilizado, para que as saídas do modelo computacional representem de fato as saídas do sistema real.

### 2.7.6.1 – AJUSTAMENTO DE MODELOS PROBABILÍSTICOS TEÓRICOS AOS DADOS

O teste de aderência é uma maneira de averiguar se uma população segue uma distribuição especificada. O teste Qui-Quadrado é utilizado em distribuições discretas e o teste *Kolmogorov-Smirnov* em distribuições contínuas. Neste tipo de teste avaliar uma hipótese preferencial em que os dados podem ser descritos para uma determinada distribuição de probabilidade. Segundo Montgomery e Runger (2008) o *p*-valor, parâmetro usual nos *softwares* de estatística, é o menor nível de significância que conduz à rejeição da hipótese, no caso do *p*-valor ser menor ou igual ao nível de significância estabelecida para o teste ( $\alpha$ ), a hipótese de aderência é rejeitada, caso contrário, ela não será rejeitada. A Tabela 5 apresenta, o Critério do *p*-valor.

Tabela 5- Critério do *p*-valor

Valor	Critério
<b>p-value &lt; 0,01</b>	Evidência forte contra a hipótese de aderência
<b>0,01 ≤ p-value &lt; 0,05</b>	Evidência moderada contra a hipótese de aderência
<b>0,05 ≤ p-value &lt; 0,10</b>	Evidência potencial contra a hipótese de aderência
<b>0,10 ≤ p-value</b>	Evidência fraca ou inexistente contra a hipótese de aderência

Fonte: adaptado de Chwif e Medina (2010)

### 2.7.7 – GERAÇÃO DE VARIÁVEIS ALEATÓRIAS

Os métodos baseiam-se na prévia geração de um número aleatório *R*, uniformemente distribuído sobre o intervalo (0,1). Originalmente os números aleatórios eram gerados manualmente ou mecanicamente. Modernamente computadores são usados para gerar números que na realidade são pseudoaleatórios. As propriedades desejadas em um gerador de números aleatórios são as seguintes: deve ser computacionalmente eficiente, uma vez que

as simulações podem necessitar da geração de, até mesmo, milhões de números aleatórios, o período deve ser muito longo, pois um período curto pode fazer com que haja a reciclagem da sequência de números aleatórios, resultando em uma repetição da sequência de eventos, os sucessivos valores devem ser independentes e uniformemente distribuídos. Existem vários métodos para geração de variáveis aleatórias como: transformação inversa, transformação direta, aceitação ou rejeição e propriedades especiais. No desenvolvimento do trabalho que envolve simulação computacional, serão utilizados os procedimentos computacionais para a geração de variáveis aleatórias com características específicas de alguma das diversas distribuições teóricas de probabilidades disponibilizadas nos *softwares* de simulação. De acordo com Freitas Filho (2008) a necessidade de tais variáveis pode ser atestada nos inúmeros exemplos de sistemas de filas, como: tempos entre chegadas, tempos de serviço, que são elementos muitas vezes de natureza aleatória e que necessitam serem incorporados aos modelos de simulação, mantendo estas características.

## CAPÍTULO 3

### METODOLOGIA DA PESQUISA

#### 3.1 – INTRODUÇÃO

A pesquisa aqui desenvolvida segue o método quantitativo: modelagem e simulação. Esta classificação da modelagem como quantitativa deve-se ao fato que, em um determinado domínio, os modelos de relações causais entre variáveis de controle e de desempenho são desenvolvidas, analisadas e/ou testadas, e podem ser alteradas (BERTRAND E FRANSOO, 2002; LEAL, 2008; MIRANDA, 2012). A pesquisa desenvolvida neste trabalho é do tipo quantitativa, com base em um modelo por simulação. Segundo Bertrand e Fransoo (2002) parte do princípio que um modelo pode ser construído explicando e/ou capturando parte de um comportamento e/ou problema de um processo da vida real que implica em tomadas de decisões pelos gestores. Os autores destacam que este método deve ser usado quando se deseja prever o efeito de mudanças no sistema ou avaliar seu desempenho, sendo utilizado na resolução de problemas reais.

Esta pesquisa tem como objeto um restaurante *self-service* e utiliza a simulação discreta para estudar o comportamento das filas formadas em seu interior. Gonçalves e Oliveira (2006) afirmam que o gerenciamento das filas é fundamental, pois estão relacionadas diretamente à percepção dos clientes a respeito do serviço prestado e da necessidade de esperar por ele. Esta pesquisa utilizou a estrutura proposta por Chwif e Medina (2010) detalhada na Figura 2, do capítulo fundamentação teórica.

#### 3.2 – CONCEPÇÃO

A Figura 4, demonstra que o ponto de partida de qualquer estudo de simulação é desenvolver uma compreensão do problema e ter objetivos claros.

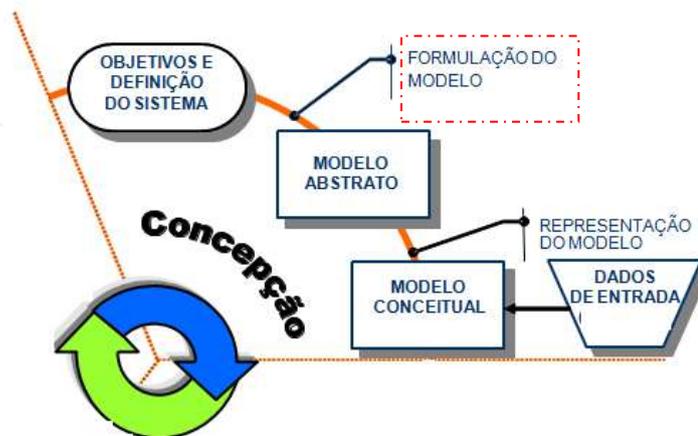


Figura 4 - Fase 1: Concepção  
 Fonte: Adaptado de Chwif e Medina (2010)

Os objetivos nortearam a modelagem, serviram como ponto de referência para a validação do modelo, também será um guia para a experimentação e uma métrica para avaliar o sucesso do estudo. Outro ponto importante é deixar claro as limitações e o nível de detalhe do modelo (ROBINSON, 2008).

Sakurada e Myake (2009) enfatizam a importância da fase de coleta de dados para se ter uma boa representação da realidade, pois isto também influencia na fase posterior de validação. Nesta pesquisa identificou-se como adequado o uso de observações *in loco*, entrevistas com funcionários e gestores, testes para pontos de coletas de dados pelo pesquisador para o uso de cronômetro e realização de filmagens (OLIVEIRA e FAVARETTO, 2013).

Neste estudo justifica-se a escolha do *IDEF-SIM* (*Integrated Definition Methods*) para a elaboração do modelo conceitual porque uma das suas principais características é a identificação de sua lógica de aplicação com a lógica utilizada em simulação de eventos discretos. Segundo Leal (2008) *IDEF-SIM* (*INTEGRATED DEFINITION METHODS*) é uma técnica que apresenta uma metodologia baseada nos modelos desenvolvidos pela força aérea americana, o *IDEF0* (*INTEGRATED DEFINITION METHODS*) e o *IDEF3* incrementada com novas formas e dados que facilitam o desenvolvimento na fase seguinte do modelo computacional, base para a simulação. A Figura 5, apresenta a simbologia utilizada na técnica proposta.

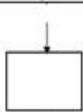
Elementos	Simbologia	Descrição	Técnica de origem
Entidade		São os itens que irão passar por processamento pelo sistema, podendo representar entre outros: matéria-prima, produtos e pessoas.	IDEF3
Locais		Representam os locais onde a entidade irá sofrer uma ação.	IDEF0
Fluxo de Entidade		Refere-se ao direcionamento da entidade no modelo	IDEF0 e IDEF3
Recursos		Elementos responsáveis pela movimentação das entidades e por executar atividades nos locais	IDEF0
Controles		Regras utilizadas nos locais para definir as diretrizes das ações às quais as entidades serão submetidas	IDEF0
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos		REGRA E	IDEF3
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos		REGRA OU	IDEF3
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos		REGRA E/OU	IDEF3
Transporte		Representa uma movimentação de entidade, considerada pelo modelador como relevante dentro do contexto do modelo.	Fluxograma
Informação Explicativa		Objetiva inserir no modelo uma explicação visando facilitar o entendimento	IDEF0 e IDEF3
Fluxo de entrada no sistema		Define a entrada ou criação de entidades dentro do modelo	
Ponto final do sistema		Define o final de um caminho dentro do fluxo de modelagem	
Conexão com outra figura		Utilizada para possibilitar a divisão do modelo em diferentes figuras	

Figura 5 - Simbologia utilizada na técnica proposta *IDEF-SIM*  
 Fonte: Leal *et al.* (2008)

O modelo conceitual em questão contempla a estrutura de fluxograma, símbolos e lógicas que são direcionados aos objetivos da simulação do restaurante *self-service*, fornecendo uma documentação e informações úteis ao modelo computacional.

### 3.3 – IMPLEMENTAÇÃO

A Figura 6, mostra a fase da implementação. Nesta fase proposta por Chwif e Medina (2010) o modelo conceitual deve ser convertido em um modelo computacional.

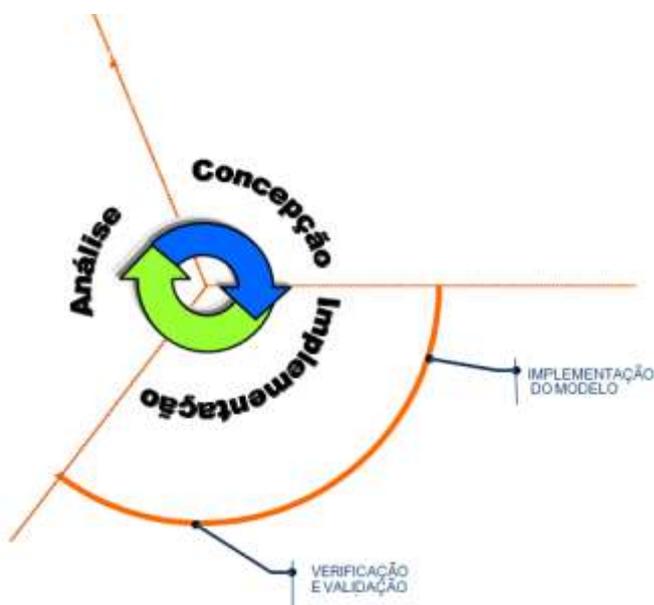


Figura 6 - Fase 2: Implementação  
Fonte: Adaptado de Chwif e Medina (2010)

A simulação computacional atua como uma poderosa ferramenta, facilitando a visualização do processo e o acompanhamento dos seus resultados. Após avaliação de trabalhos correlatos, o *software* escolhido foi o *software* Arena® Full versão 7.1, da *Rockwell Software Corporation*, disponível no laboratório de simulação da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás). Com o propósito de avaliar o potencial de aplicação de simuladores na modelagem e simulação de sistemas de operação de serviços, Sakurada e Miyake (2009) **avaliaram os softwares de simulação**: Arena da *Rockwell Softwares* e ProModel da *ProModel Corporation*. Apresentaram no Quadro 1, o resultado das análises sobre os requisitos da área de serviços e no Quadro 2, para a modelagem.

Elementos ou dimensão	Natureza	Requisitos para a modelagem	Simulador Arena
Serviços oferecidos para o cliente	Único - Diversificado	Permitir modelagem de múltiplas atividades associadas a único/múltiplos recursos ou estações de trabalho	V
Cliente	Presença do cliente no sistema ( <i>in loco</i> - remota)	Possibilitar a movimentação (roteamento) da entidade (pessoas ou coisas) no sistema	V
		Definição de tempos, velocidade, distâncias, sequências de atendimento	V
		Definição do comportamento dos eventos (demanda) no sistema	V
	Influência no processo (baixa influência - alta influência)	Programar atributos nas entidades	V
		Criar serviços padronizados para o cliente	V
		Probabilidade de escolha dos serviços; Roteamento múltiplo	V
Organização dos recursos humanos	Linha de Produção	Recursos dedicados, especialização de tarefas	V
		Definição de critérios para atendimento do cliente	V
		Definição de ritmo de trabalho, paradas, turnos de trabalho dos recursos	V
	Organização baseada em times	Compartilhamento dos recursos em diferentes atividades	V
Ênfase das operações	<i>Back office/Front office</i>	Permitir modelagem de atividades no <i>front office</i> e no <i>back office</i>	V
Volume de clientes	Unidades - milhares	Definição dos eventos gerados (demanda) no sistema	V
Intangibilidade	Objetiva		
	Perceptiva		
Simultaneidade/ percebibilidade	Ocorrência de filas/ espera	Programação e definição de locais de formação de filas; Geração de relatórios relacionados à fila	V
Variabilidade	Sistema estocástico	Utilizar tempos estocásticos ou de acordo com funções que consideram os atributos das entidades ou variáveis do sistema	V
V = Verificado			

Quadro 1: Requisitos de um *software* de simulação  
Fonte: Adaptado de Sakurada, Miyake (2009)

		Simulador
		Arena
<b>Funções de suporte ao processo de modelagem</b>	Modelagem gráfica	<i>Drag-and-drop</i> ; módulo
	Verificação de modelos	<i>Debugger</i> com levantamento de possíveis causas do problema
	Ajuste estatístico de dados de entrada	<i>Input analyser</i>
	Análise estatística de dados de saída	<i>Output analyser</i>
	Templates reutilizáveis	<i>Submodels</i> ; <i>Copy-paste</i>
	Recursos de animação	Edição de imagem; importação
	Visualização em tempo real	<i>Real-time simulation</i> ; comunicação com sistemas externos

Quadro 2: Requisitos atendidos na fase de modelagem  
 Fonte: Adaptado de Sakurada, Miyake (2009)

O *software* foi escolhido, ainda, devido à facilidade de utilização e por este conter relatórios que mostram as principais particularidades do sistema como: tempo médio de espera nas filas, média de utilização dos recursos, tempo total gasto no sistema, quantidade de entidades que entraram e saíram do sistema, etc.

O *software* Arena® pode ser utilizado na simulação de diferentes processos, podendo auxiliar na avaliação de filas identificando gargalos dos sistemas. Considerando que o objetivo principal do modelo desenvolvido na pesquisa é avaliar o nível de serviço oferecido aos clientes (em termos de rapidez no atendimento, verificar a eficiência na utilização de recursos ou prever o impacto da variação da demanda nas filas), preocupações típicas dos gestores de operações de lojas de serviço.

No caso de um restaurante, os elementos disponíveis para a modelagem de serviços são satisfatórios. Sakurada e Miyake (2009) evidenciaram que existem aspectos que não são representados satisfatoriamente pelo *Software* Arena, em especial, os elementos perceptivos (intangíveis) que compõem o conceito de serviço. Apesar disso, não se pode concluir que os simuladores de eventos discretos avaliados não são adequados para modelagem de serviços, pois a adequação do *software* de simulação depende principalmente dos objetivos da simulação. **Análise.** A Figura 7, apresenta a etapa de análise.

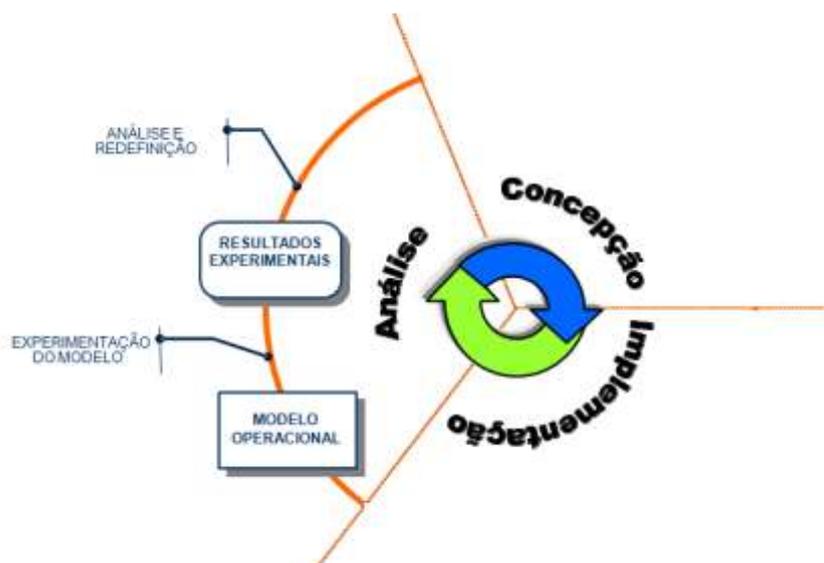


Figura 7 - Fase 4: Análise  
Fonte: Adaptado de Chwif e Medina (2010)

Nesta etapa o modelo está pronto para os experimentos dando origem ao modelo operacional. Várias rodadas são efetuadas e os resultados são analisados e documentados (CHWIF E MEDINA, 2010).

## CAPÍTULO 4

### ESTUDO DE CASO – O RESTAURANTE *SELF-SERVICE*

#### DESCRIÇÃO DO SISTEMA A SER SIMULADO (FASE DE CONCEPÇÃO)

##### 4.1 – INTRODUÇÃO

O Restaurante possui 400 lugares e serve aproximadamente 1500 refeições diárias, isto determina a posição das filas, e a localização do pesquisador para a coleta de dados, seja utilizando cronômetro ou equipamentos para a filmagem. Nesta pesquisa identificou-se como adequado o uso de observações *in loco*, entrevistas com funcionários e gestores, testes para pontos de coletas de dados pelo pesquisador para o uso de cronômetro e realização de filmagens (OLIVEIRA e FAVARETTO, 2013).

Este modelo não abrange a área de produção de alimentos (o interior da cozinha) e também a área de banheiros, depósitos e estacionamentos.

A Figura 8, apresenta o *layout* do restaurante *self-service* com os principais fluxos indicados.

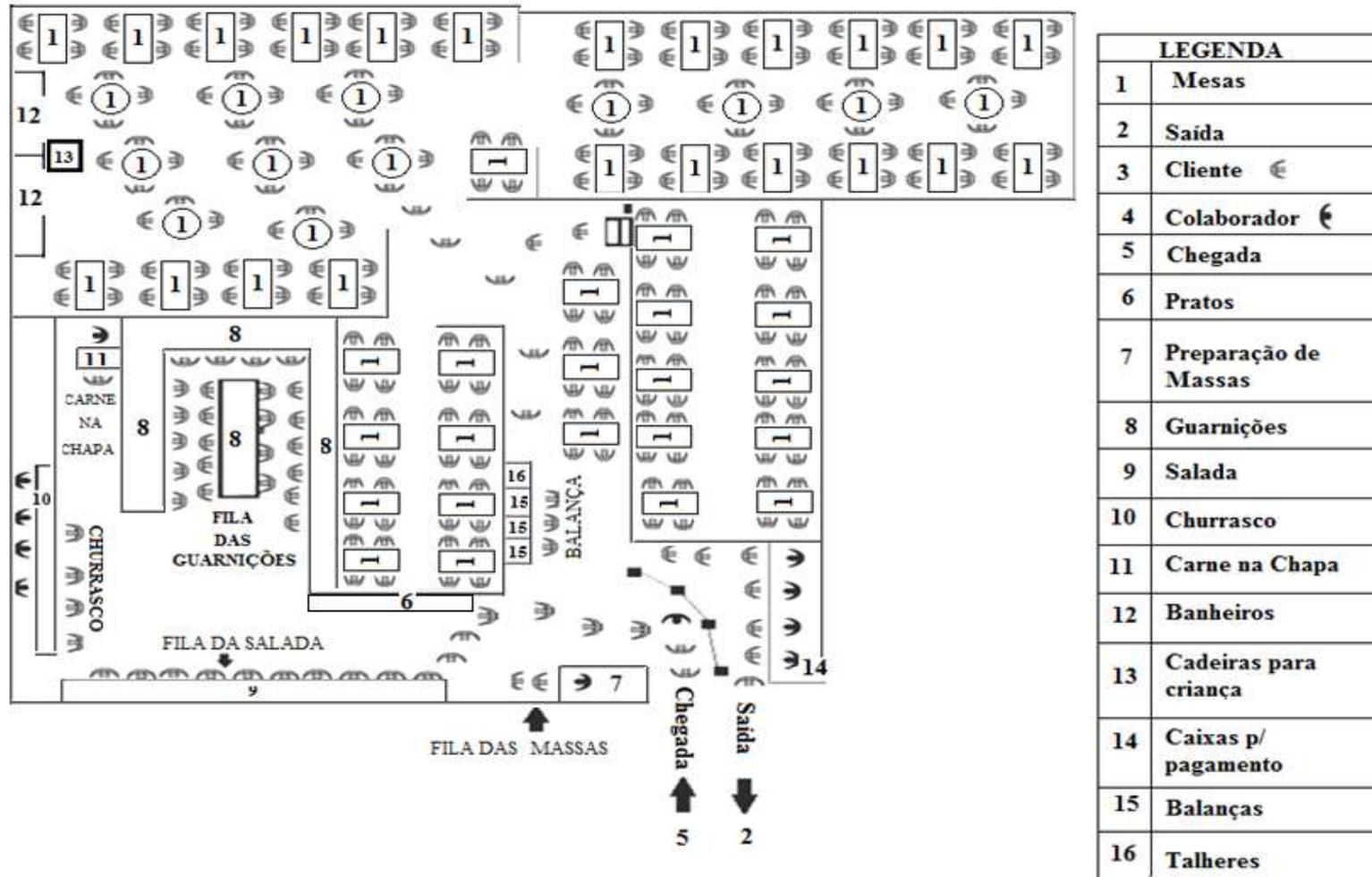


Figura 8 - *Layout* do restaurante com os principais fluxos indicados  
 Fonte: Próprio Autor



A partir do modelo *IDEF-SIM* Figura 9, foram estabelecidos quais os dados de entrada seriam necessários para alimentar o modelo computacional.

#### 4.2.1 – MODELAGEM E COLETA DOS DADOS DE ENTRADA

A modelagem dos dados de entrada envolve a análise de dados para retirada de *outliers* e o processo de escolha dos modelos probabilísticos que melhor representam as variáveis em estudo. Os *outliers* podem ser descritos como anormalidades do conjunto de dados que envolvem erros de medição, erros humanos, na coleta de dados. Segundo Chwif e Medina (2010) a presença de *outliers* pode distorcer os níveis de significância dos testes estatísticos podendo prejudicar a estimativa da distribuição de probabilidade. Assim, geralmente é interessante removê-los da amostra. No desenvolvimento do trabalho, ainda, detectou-se a presença de atributos irrelevantes ou difíceis de serem levantados e analisados, os quais, após serem localizados foram eliminados da base de dados, ou simplificados. A decisão, por exemplo, por um dos espaços para almoçar foi retirada da modelagem. É considerada apenas uma área para almoço com 400 recursos. A tabela 6, apresenta os valores críticos associados ao grau de confiança na amostra.

Tabela 6 - Valores críticos associados ao grau de confiança na amostra

Grau de Confiança	$\alpha$	Valor Crítico $Z_{\alpha/2}$
<b>90%</b>	0,10	1,645
95%	<b>0,05</b>	<b>1,96</b>
<b>99%</b>	0,01	2,575

Fonte: Próprio autor com base em Montgomery (2010)

Iniciou com os estudos com amostras pilotos de tamanho pequenos ( $n_o = 30$  valores), para todas as variáveis. Em seguida determinou-se uma estimativa para o desvio padrão populacional e calculou o tamanho da amostra necessária ( $n$ ). Caso o valor seja maior que o da amostra piloto completa-se a mostra com mais observações da variável em estudo. A coleta de dados foi realizada durante algumas semanas, em vários dias da semana, com autorização dos gestores. Ao todo foram registrados 120 períodos descritos no Quadro 3. Foram feitas visitas para observação; para entrevistas com funcionários e gestores; para testes com os instrumentos a serem utilizados para a coleta dos dados, e para a realização efetiva da coleta. Ainda, após análise dos dados, por vezes, foram necessárias coletas complementares.

Item	Descrição
01	Mês Fevereiro 2014 (Foram realizadas entrevistas com os gestores) Dias 17, 24, segunda, Dias 5, 19, (quarta feira);
02	Mês Março 2014 <b>(Foram realizadas observações in loco)</b> Dias 4 e 18, (terça feira) e Dias 20, 27, (quinta feira);
03	Mês Abril 2014 <b>(Foram realizadas observações in loco)</b> Dias 4, 11 e 25 (sexta feira);
04	Mês Maio 2014 <b>(Foram realizados testes e definição de instrumentos de coletas in loco)</b> Dias 5 e 19, (segunda feira); Dias 7 e 14, (quarta feira);
05	Mês Junho 2014 <b>(Foram realizadas coletas e revisões in loco)</b> Dias 19, (quinta feira); Dias 6 e 20 (sexta feira);
06	Mês Julho 2014 <b>(Foram realizadas coletas e revisões in loco)</b> Dias 7 e 14, (segunda feira);
07	Mês Agosto 2014 <b>(Foram realizadas coletas e revisões in loco)</b> Dias 04 e 18, (segunda feira); Dia 19, (terça feira);
08	Mês Setembro 2014 <b>(Foram realizadas coletas e revisões in loco)</b> Dias 05 e 19, (sexta feira);
09	Mês Outubro 2014 <b>(Foram realizados revisões in loco)</b> Dias 7 e 14 (terça feira);
10	Mês Novembro 2014 <b>(Foram realizados revisões in loco)</b> Dias 5 e 12 (quarta feira); Dias 06, (quinta feira);
11	Mês Maio 2015 <b>(Foram realizados revisões in loco)</b> Dias 12 (terça feira); Dias 13 (quarta feira);

Quadro 3: Coleta de dados no restaurante *self-service*

Fonte: próprio autor

As variáveis do sistema e suas respectivas distribuições de probabilidade estão descritas na Tabela 7. A escolha das distribuições representativas de cada variável foi feita com base no teste de *Kolmogorov-Smirnov*, considerando a análise do p-valor e o teste do Qui-quadrado. Utilizando o *Input Analyzer* do *software* Arena®, verificou-se uma distribuição satisfatória para cada variável, os relatórios estão no Apêndice II. Os erros amostrais foram obtidos para cada tamanho de amostra analisada no estudo. Os dados de entrada e cálculo do erro amostral estão no Apêndice VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII e XIII.

Tabela 7- Variáveis do sistema e suas respectivas distribuições de probabilidade

Variável	Qtd de dados utilizados	Distribuição de probabilidade (parâmetros em segundos)	Teste <i>Kolmogorov-Smirnov</i> p-value	Teste Qui-quadrado			
				p-value	Valor encontrado	Grau De liberdade	Valor Tabelado
Taxa de Chegada 11h00min ás 11h30min	30	POIS (4.2)	-	0.0146	8.65	2	5.99
Taxa de Chegada 11h30min ás 12h00min	30	POIS (5.27)	-	0.0709	3.37	1	3.84
Taxa de Chegada 12h00min ás 12h30min	30	POIS (6.23)	-	0.177	3.67	2	5.99
Taxa de Chegada 12h30min ás 13h00min	30	POIS (10.5)	-	0.629	1.77	3	7.81
Taxa de Chegada 13h00min ás 13h30min	30	POIS (6.23)	-	0.0358	4.51	1	3.84
Taxa de Chegada 13h30min ás 14h00min	30	POIS (4.9)	-	0.0323	6.97	2	5.99
Taxa de Chegada 14h00min ás 14h30min	30	POIS (4.43)	-	0.178	5.13	3	7.81
Tempo servir Salada	120	NORM (16.6, 3.42)	-	0.75	0.532	5	11.07
Tempo de Servir Churrasco	212	20.5 + 132 * BETA (0.617, 2.25)	0.0525	0.18	7.85	5	11.07
Tempo de Servir Carne na Chapa	213	100 + 200 * BETA (0.673, 1.03)	0.0605	0.117	15.6	10	18.31
Tempo de Servir Guarnições	212	NORM (216, 68)	> 0.15	0.11	6.09	3	7.81
Tempo de servir massas	212	100 + 167 * BETA (0.91, 1.48)	> 0.15	0.224	12	9	16.92
Tempo das Balanças	99	1.5 + LOGN (4.66, 2.23)	-	0.18	3.63	2	5.99
Tempo para almoçar	31	TRIA (600, 960, 1.32e+003)	> 0.15	0.219	1.61	1	3.84
Tempo de atendimento dos caixas	212	14 + EXPO (35.2)	< 0.01	< 0.005	21.2	7	14.07
Tempo para localizar mesa	49	NORM (62.3, 22.7)	0.0904	0.0072	7.33	1	3.84
%massas com molho			5.5%				
%guarnição			98%				
%churrasco			80%				
%carne na chapa			5%				
%salada/sobremesa			93%				

Fonte: Próprio Autor

Para levantamento das informações do sistema a seguir são apresentadas as movimentações do restaurante *self-service*:

- **Movimentação Massas, Salada e Sobremesa:** refere-se ao tempo que o cliente leva para se movimentar ao longo do balcão para se servir com opção de Massas, Salada e Sobremesa no final do balcão deixa o mesmo;
- **Movimentação Salada, Sobremesa e Guarnicao:** refere-se ao tempo que o cliente leva para se movimentar ao longo do balcão para se servir com opção de Salada, Sobremesa e Guarnicao no final do balcão deixa o mesmo;
- **Movimentação Salada e Churrasco:** refere-se ao tempo que o cliente leva para se movimentar ao longo do balcão para se servir com opção de SaladaChurrasco no final do balcão deixa o mesmo;
- **Movimentação Balanças e Mesas:** refere-se ao tempo que o cliente leva para se movimentar para pesar o prato com alimento e dirigir-se até as mesas;
- **Movimentação Chegada:** refere-se ao tempo que o cliente leva para pegar a comanda com o colaborador e se dirigir até os pratos;
- **Movimentação Guarnição:** refere-se ao tempo que o cliente leva para se movimentar ao longo do balcão para se servir com opção de guarnição no final do balcão deixa o mesmo;
- **Movimentação Salada e Carne na Chapa:** refere-se ao tempo que o cliente leva para se movimentar ao longo do balcão para se servir com opção de Salada e Carne na Chapa no final do balcão deixa o mesmo.

As variáveis de movimentação estão descritas na Tabela 8, a qual contém a quantidade de dados coletados e a distribuição gerada pelo *Input Analyzer*. Vale ressaltar que para as movimentações só foram coletados trinta tempos de cada porque são tempos pequenos e com pouca influência no modelo.

Tabela 8 – Tempos de movimentações

Variável	Qtd de dados utilizados	Distribuição
Massas,Salada e Sobremesa	30	2.5 + WEIB(2.28, 2.76)
Salada Sobremesa e Guarnicao	30	TRIA(3.5, 5.5, 7.5)
Salada e Churrasco	30	TRIA(4.5, 6, 8.5)
Balanças Mesas	30	TRIA(9.5, 12, 12.5)
Chegada	30	TRIA(3.5, 4.5, 5.5)
Guarnição	30	9.5 + 7 * BETA(0.389, 0.355)

Fonte: cronômetro observação e filmagens

## 4.2.2 – MODELO COMPUTACIONAL

Neste estudo os processos que compõem o sistema simulado são estocásticos. Os sistemas apresentam variações aleatórias no seu estado ao longo do tempo, são sistemas dinâmicos e com mudanças aleatórias em suas variáveis (FREITAS FILHO, 2008). Para realizar uma análise mais precisa dos resultados da simulação foi necessário classificar o sistema modelado como sendo terminal ou não terminal.

Os sistemas terminais utilizam condições iniciais fixas que são reinicializadas, tem-se um sistema vazio e totalmente disponível no início de suas execuções, ou seja, considera que todos os recursos estão à disposição, e não há nenhuma entidade no sistema. Exemplos de sistemas terminais restaurantes, bancos e lojas comerciais.

Os sistemas não terminais trabalham de forma diferente, pois não possuem condições iniciais fixas, ou seja, nenhum evento determina o final de um processo de simulação. Exemplos: indústrias, hospitais e postos de gasolina, supermercados e serviços 24horas.

No estudo será utilizada a simulação de sistema terminal por se tratar de um restaurante *self-service* que inicia as atividades às 11h30min e termina as 15h00min.

A modelagem foi desenvolvida no *software* Arena® sendo utilizados as ferramentas *create, process, delay, decide, dispose, station, leave, release, record*. No desenvolvimento do estudo foram realizadas simplificações como: a retirada da entrega da comanda que não apresenta formação de filas. O restaurante *self-service* possui uma pequena placa acima dos caixas indicando fila preferencial (idosos e gestantes) mais infelizmente não é suficiente para os clientes visualizarem, como consequência considerou-se a existência de apenas uma fila e não duas (normal e preferencial).

A máquina automática de preparar café se trata de um processo muito rápido não apresenta formação de filas.

A Figura 10, apresenta Diagrama de Blocos do restaurante *self-service* implementado no *software* Arena®. A Figura 11, mostra a animação do modelo e alguns gráficos para análise.

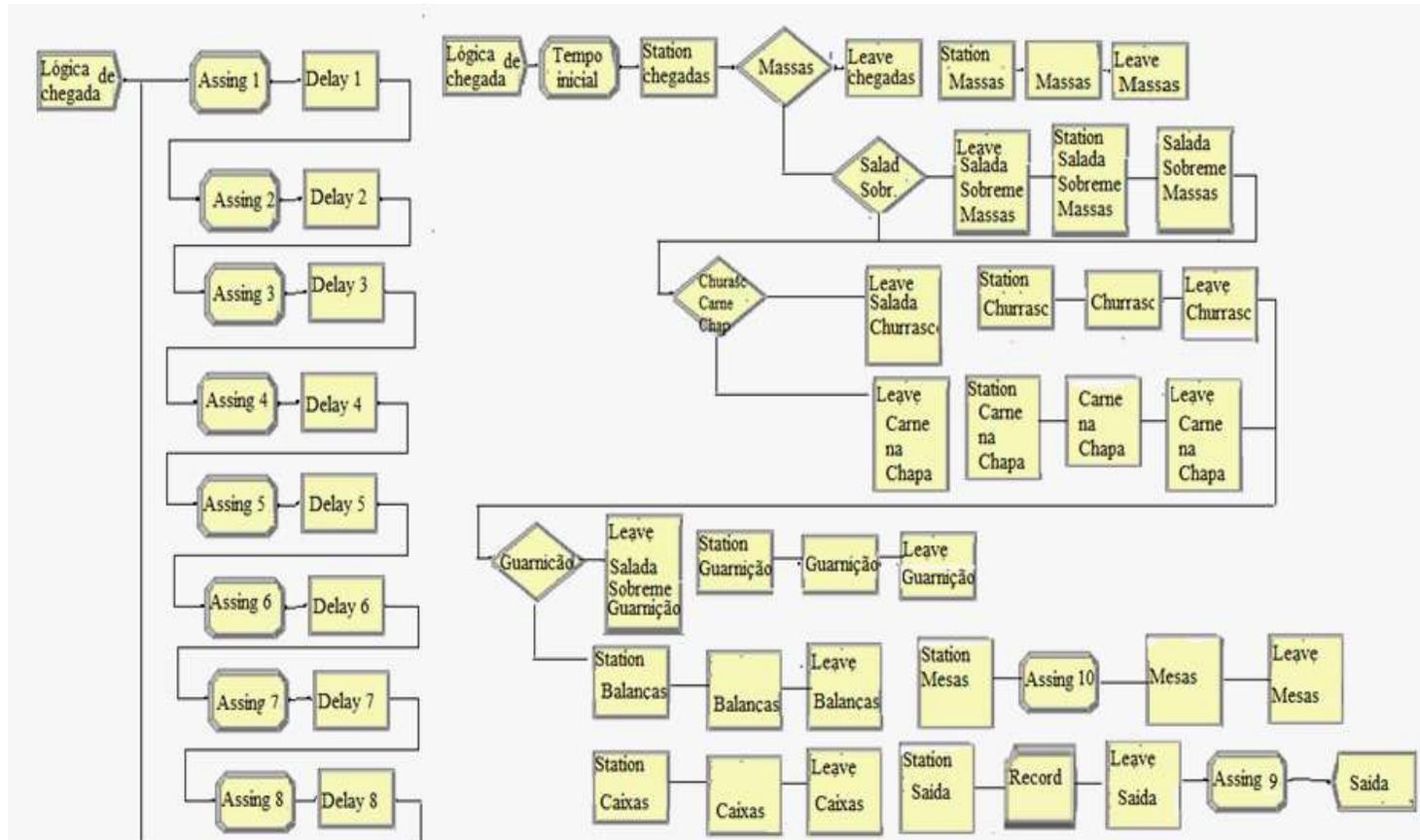


Figura 10 – Diagrama de Blocos do restaurante self-service implementado no software Arena®  
Fonte: Próprio Autor

No diagrama de blocos do restaurante *self-service* foram utilizados:

- bloco *create*, onde são inseridas duas informações importantes relativas ao modelo: os intervalos de tempo em que são criadas as entidades e o tipo das entidades.
- bloco *process*, usado quando uma entidade passa por alguma ação envolvendo um intervalo de tempo e/ou recursos.
- bloco *dispose*, onde as entidades desaparecem do sistema, sendo tão obrigatório quanto o bloco *create*.
- bloco *assign*, que é utilizado quando se quer trocar o valor de uma variável, “etiquetar” alguma entidade com um atributo específico, trocar a figura representativa da entidade que percorre o fluxo de informações.
- bloco *Batch*, que é utilizado como um mecanismo de agrupamento de entidades que podem posteriormente ser separadas ou não.
- bloco *Decide*, que permite a modelagem de processos de tomada de decisão no sistema.
- bloco *Record*, utilizado para se conseguir informações estatísticas que vão além daquelas que são mostradas no relatório padrão que surge depois da simulação.
- bloco *Separate*, utilizado para “desfazer” o que foi feito no bloco *Batch*.
- bloco *Entity*, utilizado para alterar todas as informações relevantes acerca das entidades que foram criadas para o seu sistema.
- bloco *Queue* que permite o controle das filas existentes no modelo.
- bloco *Delay*, que atrasa uma entidade em uma quantidade de tempo especificada.
- bloco *Release*, usado para liberar unidades de um recurso do qual uma entidade tenha previamente se apoderado.
- bloco *Seize*, que aloca unidades de um ou mais recursos para uma entidade. Pode ser usado para alocar unidades de um recurso particular, um membro de um conjunto de recursos.

Na animação foi construído um modelo lógico-matemático que representa a dinâmica do restaurante *self-service*. O modelo incorpora valores para tempos de filas, distâncias e recursos disponíveis. A animação no *software* Arena é muito similar a de um filme, no qual são criados vários “quadros, em que cada um deles representa uma vista levemente alterada

do sistema. A velocidade de animação depende então do tamanho do intervalo de tempo simulado que existe entre a “captação” de um quadro e a taxa (em tempo real) com que os quadros são exibidos.

A modelagem do objeto de estudo (restaurante *self-service*) foi feita visualmente, conforme Figura 11, com objetos orientados a simulação e comandos inseridos na lógica de programação.

Nesta animação foram inseridos os elementos essenciais:

- animação do processo de chegada;
- colocação de contadores para contar o número de usuários presentes durante a simulação em cada ponto do roteamento;
- identificação de todos os recursos com um desenho disponível na galeria do Arena;
- gráficos para a visualização do tempo de sistema e quantidade de clientes que ficam no sistema;

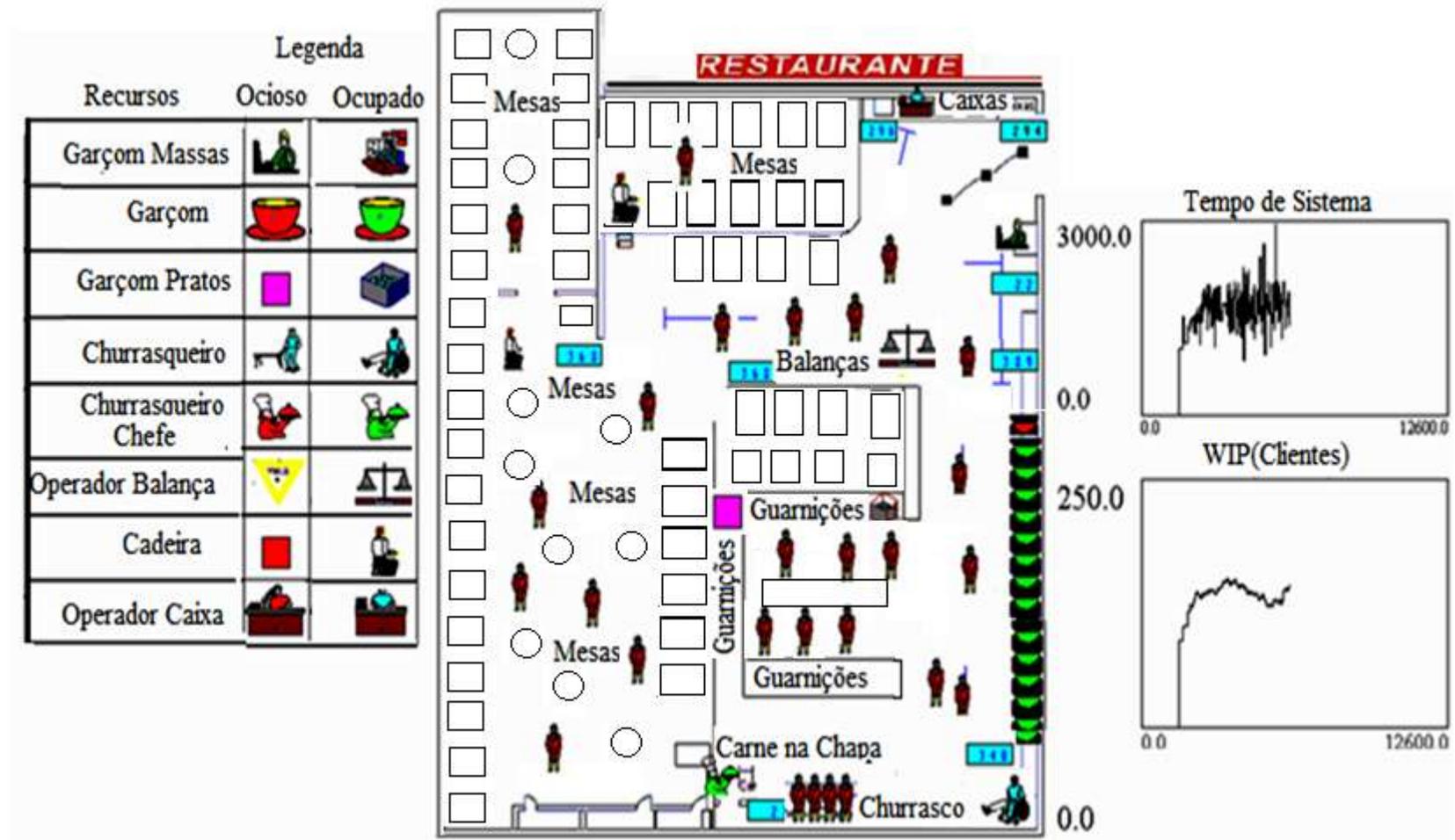


Figura 11 - Animação do modelo e alguns gráficos para análise  
 Fonte: Próprio Autor

### 4.2.3 – VALIDAÇÃO

Os autores Freitas Filho (2008) e Law (2007) recomendam alguns procedimentos a serem utilizados para a validação de um modelo de simulação. Neste trabalho a validação do modelo do restaurante *self-service* ocorreu em diversas etapas:

- Animação gráfica: No modelo foi utilizado animação para representar graficamente de forma dinâmica o processo que está sendo simulado. No desenvolvimento do modelo de simulação a animação gráfica foi desenvolvida no *software* Arena. Através desta animação foi possível observar se o que está acontecendo na simulação é realmente o que está acontecendo no sistema real, além disso, nesta animação gráfica foi possível colocar blocos contadores e gráficos que apresentam o valor instantâneo, isto é o valor naquele momento da simulação de uma variável ou expressão, acrescentando uma representação visual do funcionamento do sistema e das estatísticas coletadas, verificando quantas pessoas entram em cada recurso (carne na chapa, mesas, churrasco, caixas, salada, sobremesa e balança) podendo visualizar o deslocamento das entidades de um processo para outro;
- Utilização do “Debugger” (Trace) Rotinas de Rastreamento: Na execução do modelo de simulação realizado no *software* Arena foram utilizados rotinas de rastreamento, para acompanhar o caminho percorrido pela entidade nos submodelos e no modelo global, estes caminhos foram definidos através de especificação de rotas e conexões dos recursos (carne na chapa, mesas, churrasco, caixas, salada, sobremesa e balança) sendo possível visualizar os eventos ocorridos ordenados pelo tempo de sua ocorrência, verificando se o modelo computacional implementado está de acordo com o sistema real e se está válido para utilização;
- Atribuição de valores determinístico-simplificados nos vários módulos do programa para verificar a previsão de resposta do sistema, este método foi utilizado no desenvolvimento do sistema modelado, atribuindo valores esperados mais prováveis certificando o impacto sobre os valores das variáveis de saída do sistema modelado, para tanto foi

necessário proceder várias rodadas com o modelo e em sequência realizar análises estatísticas dos resultados gerados;

- Variação dos dados de entrada do modelo verificando se as respostas obtidas são adequadas e consistentes com as variações realizadas, durante o desenvolvimento da simulação foram realizadas variações nos dados de entrada verificando se as respostas eram adequadas, no modelo foi atribuído o número de clientes igual zero, com esta variação os resultados apresentaram utilização dos recursos e tempos de filas de espera iguais à zero;
- Procedimentos estatísticos utilizados durante o desenvolvimento do sistema modelado comparando o sistema real e dados de entrada da simulação, utilizando distribuições de probabilidade (Normal, Triangular, Exponencial, Beta, Poisson) realizando os testes Qui-Quadrado e *Kolmogorov-Smirnov*;
- Testes de degenerescência ou robustez, realizada durante o desenvolvimento do sistema modelado, nesta etapa foi feita uma checagem dos dados do modelo, verificando o funcionamento do modelo e aplicando valores extremos em vários módulos, o objetivo deste teste foi de garantir que o *software* não apresente problemas ou indisponibilidade em condições de insuficiência dos recursos computacionais, quando trabalhando em alta concorrência ou sofrendo algum ataque de negação de serviço.

A Figura 12, apresenta a validação dos dados de entrada do modelo no horário de maior movimento (12h30min às 13h30min, HMM) e no período total 11h30min às 14h30min. Os valores médios das variáveis aleatórias geradas no modelo computacional (calculados com base nos apêndices III e IV) foram comparados com os valores médios do modelo teórico identificado (apêndice II).

sistema	nin	nout				Modelo teórico Ident.		
(HMM)	320	387				n	média (seg)	media (min)
TOTAL	1730	985,07				119	1730	28,83333
MESAS								
	acumulado		Média (seg)	Média (min)	Modelo teórico Ident.			
	nin	nout	serviço	serviço	serviço	n	média (seg)	media (min)
HMM	358,79	340,24	20885	61,38314131	1,023052355	49	62,3	1,038333
TOTAL	984,47	957,69	59.883	62,52858441	1,042143073			
massas								
	acumulado		Média (seg)	Média (min)	Modelo teórico Ident.			
	nin	nout	serviço	serviço	serviço	n	média (seg)	media (min)
HMM	20,89	19,77	3000,6	151,7754173	2,529590288	212	164	2,733333
TOTAL	55,63	55,55	8700,2	156,6192619	2,610321032			
HMM								
salada/sobre mesa	acumulado		Média (seg)	Média (min)	Modelo teórico Ident.			
	nin	nout	serviço	serviço	serviço	n	média (seg)	media (min)
HMM	335	329,58	5471,3	16,60082529	0,276680422	120	16,6	0,276667
TOTAL	864,64	864,64	14350	16,59650259	0,276608377			
HMM								
guarnição	acumulado		Média (seg)	Média (min)	Modelo teórico Ident.			
	nin	nout	serviço	serviço	serviço	n	média (seg)	media (min)
HMM	336	332,61	71820	215,928565	3,598809416	99	216	3,6
TOTAL	910,57	910,42	196660	216,0101931	3,600169885			
do grafico								
HMM								
churrasco	acumulado		Média (seg)	Média (min)	Modelo teórico Ident.			
	nin	nout	serviço	serviço	serviço	n	média (seg)	media (min)
HMM	282	272,51	13383	49,1101244	0,818502073	212	46,4	0,773333
TOTAL	743,07	743,07	36466	49,07478434	0,817913072			
HMM								
carne chapa	acumulado		Média (seg)	Média (min)	Modelo teórico Ident.			
	nin	nout	serviço	serviço	serviço	n	média (seg)	media (min)
HMM	17,75	16,17	2878	177,9839208	2,966398681	213	179	2,983333
TOTAL	46,19	45,88	8149	177,6155187	2,960258646			
Modelo Ident.								
balança	acumulado		Média (seg)	Média (min)	Modelo Ident.			
	nin	nout	serviço	serviço	serviço	n	média (seg)	media (min)
HMM	359,19	358,9	2208,5	6,153524659	0,102558744	99	6,11	0,101833
TOTAL	984,49	984,48	6062,8	6,158378027	0,102639634			
Modelo Ident.								
caixas	acumulado		Média (seg)	Média (min)	Modelo Ident.			
	nin	nout	serviço	serviço	serviço	n	média (seg)	media (min)
HMM	340,23	312,95	13800	44,09650104	0,734941684	212	49,2	0,82
TOTAL	957,61	887,73	39093	44,03703829	0,73350638			

Figura 12 - Checagem dos dados do modelo no período total 11h30min às 14h30min e horário de maior movimento 12h30min às 13h30min

Fonte: Próprio Autor

Na comparação dos dados de saída com os dados do sistema real. Nesta fase foi realizada uma checagem dos dados das variáveis: tempo de sistema, taxa de ocupação das mesas e quantidade de pessoas que chegam ao sistema e saem do mesmo.

Observou-se que o comportamento é bastante similar durante os dias da semana. O número de chegadas em um dia de observação foi de 1261. Este número foi obtido registrando-se o número de chegadas a cada 5 minutos. A taxa de ocupação das mesas foi obtida registrando-se o número de cadeiras disponíveis a cada 5 minutos, no período de 11h30min às 14h30min. Os dados variaram de 11% a 81% com média de 69% e desvio padrão de 13%. O tempo de permanência no sistema foi obtido através de uma amostra de 119 clientes. Os dados variaram de 25,3min a 33,3min com média de 29,9min e desvio padrão de 2,2min. A tabela 9, apresenta os dados simulados para fins de comparação.

Tabela 9 - Análise das variáveis de controle no sistema simulado no período total 11h30min às 14h30min

	Média	Erro Padrão com 95% de confiança	Mínimo	Máximo	Replicações
<b>Qtd Clientes entram no sistema</b>	985,07	9,08	442	1180	300
<b>Taxa ocupação mesas</b>	72%	0,7%	32%	83%	300
<b>Tempo de Sistema</b>	1730,79s 28,84min	53,57 0,89 min	842,52s 14,04min	3114,3s 51,9min	300

Fonte: Apêndice III

Pode se observar aproximação entre os valores reais e simulados, exceto para a quantidade de clientes que entram no sistema. Observou-se que o modelo desenvolvido imita o funcionamento do sistema real do restaurante *self-service*. O tempo médio de permanência no sistema real foi de 29,9min e no modelo simulado o valor foi de 28,84 min, com erro padrão de estimativa de 0,89 min, com 95% de confiança. Outra variável foi a taxa de ocupação das mesas, que no sistema real foi de 69% e no sistema simulado foi de 70%.

## Experimentos

Após validação do modelo e considerando que as variáveis escolhidas para análise foram: tempo da fila do caixa, tempo da fila da carne na chapa e taxa de ocupação do recurso da carne na chapa, foi calculado o número de replicações necessárias para o modelo.

Para se chegar ao número de replicações calculou-se o intervalo de confiança para as variáveis de estudo, através do *Output Analyzer*, tendo como objetivo atingir uma confiança 95% e um valor de *h*- metade da amplitude do intervalo de confiança, menor ou igual a 10% da média amostral, considerando procedimento indicado por Freitas Filho (2008). O modelo foi replicado por 300 vezes, isso para atender simultaneamente às três variáveis em estudo. Os relatórios de saída estão nos Apêndices I, III, IV e V. As tabelas 10,11 e 12 apresentam os resultados dos processos com tempo de espera em filas. O tempo de espera nas filas da balança e fila para localizar mesa foram inferiores 30 segundos. Nos processos em que o cliente se serve, as filas foram insignificantes, conforme Apêndice V.

Tabela 10 - Valores obtidos no *software* Arena no horário de maior movimento 12h30min às 13h30min – Fila do Processo Massa

	Média Simulado	Erro Padrão com 95% de confiança	Min. Simulado	Máx. Simulado	Replicações
<b>Tempo fila Massa (TFM)</b>	187s	15,1s	44.7s	912s	300
	3.11min	0,25min	0,74min	15,2min	
<b>Taxa Ocupação na massa (%) (TOM)</b>	61%	1%	31.8%	89.5%	300

Fonte: Próprio Autor

Tabela 11 - Valores obtidos no *software* Arena no horário de maior movimento 12h30min às 13h30min – Fila do Processo Carne na Chapa

	Média Simulado	Erro Padrão com 95% de confiança	Min. Simulado	Máx. Simulado	Replicações
<b>Tempo fila carne na chapa (TFCC)</b>	283s	24,67s	15.2s	1.260s	300
	4.71min	0,41min	0,25min	35min	
<b>Taxa Ocupação carne na chapa (%) (TOCC)</b>	80%	12%	53%	100%	300

Fonte: Próprio Autor

Tabela 12 – Tempo de fila no caixa valores obtidos no *software* Arena no horário de maior movimento 12h45min às 13h45min

	Média Simulado	Erro Padrão com 95% de confiança	Min. Simulado	Máx. Simulado	Replicações
<b>Tempo da fila no caixa (TFCX)</b>	218s	12.6s	34.3s	585s	300
	3.63min	0,21min	0,57min	9.75min	

Fonte: Próprio Autor

Em complementação aos dados apresentadas nas Tabelas 7-9 foram registrados os números de pessoas nas filas. Na fila das massas o número de pessoas variou de 0,14 a 5,34 com média de 0,87 (aproximadamente uma pessoa). Na fila da carne na chapa o número de pessoas variou de 0 a 5,39 com média de 1,11. Na fila do churrasco o número de pessoas variou de 0 a 24 com média de 4,53. Na fila dos caixas o número de pessoas variou de 4,3 a 46 com a média de 19 pessoas.

Observa-se, com base nas tabelas 7 e 9 que o tempo de fila para um cliente que prefere massas é maciçamente a soma do tempo de fila para o preparo da massa (3,11 minutos) e o tempo de fila do caixa (3,63 min). Avalia-se aqui que para diminuir o tempo de fila deste cliente o que pode ser feito é o aumento de recursos nos caixas, uma vez que o restaurante não tem estrutura para aumentar o número de recursos no preparo das massas.

No caso de um cliente que prefere carnes especiais (na chapa) o tempo médio de fila é maciçamente a soma do tempo de fila para o preparo da carne (4,71 min) e o tempo de fila do caixa (3,63 min). Assim, como o tempo de serviço é de aproximadamente 28,84 min, este tipo de cliente fica aproximadamente 30% do tempo que permanece no sistema, em filas de espera. Avalia-se aqui que para diminuir o tempo de fila deste cliente o que pode ser feito é o aumento de recursos nos caixas e no preparo das carnes. Deve-se avaliar o custo do tempo de fila e o aumento de um recurso especializado na chapa (um chefe).

Um cliente que prefere churrasco o tempo médio de fila é a soma do tempo de fila do churrasco (4,54 min) e o tempo de fila do caixa (3,63 min). Avalia-se aqui que para diminuir o tempo de fila deste cliente o que pode ser feito é o aumento de recursos nos caixas e no preparo do churrasco.

#### **4.3.1 – IDENTIFICAÇÃO DOS CENÁRIOS A SEREM SIMULADOS**

Observou-se que o restaurante possui um bom espaço físico para a área dos **processos servir**, o que permite um *layout* diferenciado do *layout* tradicional dos restaurantes *self-service*, que é em série. Os processos são apresentados para o cliente e este escolhe, com a opção de serviços que exigem um maior tempo de processamento que é o preparo de massas e carnes especiais. Os processos com filas em que é possível atuar são os processos do caixa, atualmente com quatro recursos, e o processo servir

carne na chapa, atualmente com um recurso. O processo do preparo da massa exigiria aumento de recurso especializado.

O primeiro cenário proposto consistiu em aumentar um recurso no processo caixa, passar de quatro para cinco atendentes, uma vez que o tempo de espera é de 3,63 min. O sistema de filas é formado por uma única fila, em que o cliente é atendido assim que o primeiro atendente fica livre, e a disciplina do sistema é FIFO, ou seja, o atendimento é feito de acordo com a ordem de chegada. Conforme Tabela 13.

Tabela 13- Resultado da simulação aumentando o número de caixas, valores obtidos no *software* Arena no Horário de maior movimento 12h45min às 13h45min

	<b>Média</b>	<b>Erro Padrão com 95% de confiança</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Replicações</b>
<b>Caixas Atual (4 Atendentes)</b>	218s 3.63min	12.6s 0,21min	34.3s 0,57min	585s 9.75min	300
<b>Cenário proposto (5 Atendentes)</b>	19.9s 0,33min	1.63s 0,02min	4.54s 0,07min	65.33s 1.08min	160

Fonte: Próprio Autor

Observa-se que com apenas a contratação de mais um atendente no caixa o tempo de espera seria praticamente 20 segundos, o que é bastante razoável para este tipo de serviço.

O segundo cenário seria aumentar um recurso no processo carne na chapa passar de um para dois atendentes, lembrando que é um tipo de recurso especializado e que requer uma estrutura para a operacionalização do processo, conforme Tabela 14.

Tabela 14- Resultado da simulação aumentando o número de atendentes na carne na chapa, valores obtidos no *software* Arena no Horário de maior movimento 12h30min às 13h30min

	<b>Média</b>	<b>Erro Padrão com 95% de confiança</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Replicações</b>
<b>Carne na Chapa Atual (1 Atendente)</b>	283s 4.71min	24,67s 0,41min	15.2s 0,25min	1260s 21min	300
<b>Cenário proposto (2 Atendentes)</b>	21.3s 0,35min	2s 0,03min	13s 0,21min	152s 2.53min	550

Fonte: Próprio Autor

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSÃO

Os resultados obtidos apontam para o cumprimento dos objetivos propostos na dissertação. Avaliou-se um sistema real com aspectos de modelagem de média complexidade (o restaurante *self-service*) numa área de interesse atual; procedeu-se a coleta dos dados e validação; o modelo conceitual foi produzido utilizando o *IDEF-SIM*; identificou-se a necessidade de roteamento para a construção do modelo computacional, o que foi possível utilizando o *software* Arena; e chegou-se em um modelo operacional para os estudos da gestão das filas. Na fase de elaboração do modelo computacional foi possível reafirmar a importância da Estatística para a análise dos dados de entrada e de saída da simulação, e do papel do analista. A produção de um bom modelo de simulação requer o entendimento da natureza da simulação, que é experimental. Não se pode achar que o *software* de simulação, mesmo tendo valiosos recursos de modelagem como é o caso do *software* Arena, esteja acima do elemento humano responsável pela criação do modelo. Um modelo por simulação não pode ser reduzido ao simples uso do *software*.

Dentre as dificuldades encontradas durante o desenvolvimento deste estudo algumas podem ser destacadas: coleta de dados manuais que tomou uma grande parte do tempo e, ainda, os gestores solicitaram empenho para que os clientes não se sentissem constrangidos com o processo de coleta de dados adotado; alteração do *software* de simulação durante a pesquisa, e o uso em dias específicos do laboratório de simulação da PUC Goiás. Outra dificuldade foi o fato dos gestores quererem modificar o sistema real pela ansiedade em fazer mudanças antes da conclusão do trabalho. Algumas modificações foram introduzidas no *layout* na fase de desenvolvimento que gerou alterações no trabalho.

No estudo conduzido nesta dissertação o custo da fila está relacionado ao comprometimento da satisfação do cliente. Por ser um serviço, dentre os serviços do segmento de alimentação, com características mais vantajosas para o cliente do ponto de vista financeiro, a tolerância à fila, por hipótese, pode ser maior do que em outros serviços. O restaurante estudado possui um *layout* diferenciado. Com o estudo foi possível identificar valores para uma série de variáveis importantes para os gestores (tempo de espera na fila e a

taxa de ocupação dos recursos carne na chapa, massas e mesas), identificação da hora de maior movimento (12h30min às 13h30min), e os principais processos com filas (massas, carne na chapa, churrasco e caixa.). Observou-se um bom dimensionamento de forma geral. Para a diminuição do tempo em filas dentro do restaurante, pequenas modificações podem ser realizadas e estas foram avaliadas pelo modelo operacional: aumento de um recurso no caixa e aumento de um recurso no serviço especializado carne na chapa.

Além disto, na fase de avaliação das filmagens para a coleta de dados, observou-se que o tempo do processo almoçar poderia ser diminuído aumentando a capacidade de atendimento, caso fosse criada uma sala de descanso. Muitas pessoas ficam conversando após terminarem de almoçar, outras utilizam o celular. Não foi possível extrair das filmagens este tempo, em função dos prazos de finalização do trabalho. Como trabalho futuro o modelo pode ser adaptado para esta avaliação e dimensionamento desta sala de espera, que já existe em alguns restaurantes diferenciados, mesmo com perfil de *self-service*.

Este trabalho pode contribuir para um maior conhecimento sobre o assunto de modelagem e simulação para gestão de filas na área de serviços. Além disso, pode-se considerar a modelagem e simulação em novos estudos que venham a examinar outras situações em que altos tempos de espera em filas têm consequências sérias, como é o caso dos serviços da área da saúde

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, REZENDE, PIRES, BOIKO, MORAIS. **Teoria das Filas: Conceitos e Aplicações.** Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial. De 11 a 13 de Novembro 2013.

ANDERSON, J.R. *Managing Employees in the Service Sector: a Literature Review and Conceptual Development.* **Journal of Business and Psychology.** Volume 20, No. 4, 501 – 523, 2006.

ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. **Pesquisa operacional.** 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

BAHADORI M, MOHAMMADNEJHAD SM, RAVANGARD R, TEYMOURZADEH E. *Using Queuing Theory and Simulation Model to Optimize Hospital Pharmacy Performance.* Iran Red Crescent Med J. 2014 March; 16(3):e16807. DOI: 10.5812/ircmj.16807.

BECKER, J.; BEVERUNGEN, D.; KNACKSTEDT, R. *The challenge of conceptual modeling for product–service systems: status-quo and perspectives for reference models and modeling languages.* **Information Systems and E-Business Management**, v. 8, n. 1, p. 33-66, Jan. 2010.

CARDOSO, O. N. P.; MACHADO, R. T. M. **Gestão do Conhecimento usando data mining: estudo de caso na Universidade Federal de Lavras.** Revista de Administração Pública, vol. 42, nº 3, p. 495-528, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rap/v42n3/a04v42n3.pdf>> Acesso em: 13 jan. 2014. 15:00:10.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e de operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica.** 1. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2009.

CHWIF, LEONARDO; MEDINA, Afonso C. **Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria & aplicações.** 3.ed. São Paulo. 2010.

MIYAKE, DARIO; IKUO, NELSON SAKURADA. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 16, n. 1, p. 25-43, jan.-mar. 2009.

DINIZ, S. V.; ROSADAS, L. A. S., MACEDO, M. A. S. Análise da percepção dos clientes em filas de espera em restaurantes *self-service*. **Revista Universidade Rural: Série Ciências Humanas, Seropédica**, RJ: EDUR, v.26, n.1-2, p. 47-53, jan.- dez., 2004.

ERICKSSON, HENRIK; BERGBRANT, ING-MARIE; BERRUM, INGELA & MORCK, BOEL. *Reducing queues: demand and capacity variations.* **International Journal of Health Care Quality Assurance**, Vol 24, nº 8, 2011.

FITZSIMMONS, James A.; FITZSIMMONS, Mona J. **Administração de serviços: Operações, estratégias e tecnologia da informação.** 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

FOGLIATTI, M. C.; MATTOS, N. M. C. **Teoria de filas. Rio de Janeiro: Interciência, 2007.**

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas com aplicações em arena.** Florianópolis: Visual Book, 2008.

GIANNAKIS, Mihalis. *Management of service supply chains with a service-oriented reference model: the case of management consulting.* **Supply Chain Management: an International Journal** Vol. 16. Nº 5, 2011, pp. 346-361.

GRÖNROOS, Christian; RAVALD, Annika. Service as business logic: implications for value creation and marketing. **Journal of Service Management.** Vol. 22. Nº 1, 2011, pp. 5 – 22.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introduction to operations research.** Ed. Holden-Day, Inc. San Francisco, CA. 2010. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>> Acesso em: 04 jun. 2014, 16:20:30.

LAW, A. M. **Simulation Modeling and Analysis.** McGrawHill. 4 ed. 2007.

LEAL, F.; ALMEIDA, D.A. E MONTEVECHI, J.A.B. **Uma Proposta de Técnica de Modelagem Conceitual para a Simulação através de Elementos do IDEF.** Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – XL-SBPO, João Pessoa - Pb, 1-12, 2008.

LOVELOCK, C.; WIRTZ, J.; HEMZO, M.A. **Marketing de services: pessoas, tecnologias e estratégias.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

LUIZ PAULO DA CRUZ SCARP, ÁLVARO AUGUSTO VIANA BRAGA TORRES, ALEXANDRE NAVARRO DA SILVA. **Simulação como ferramenta de tomada de decisão do processo de atendimento em empresa de varejo.** RACE, Unoesc, v. 12, n. 2, p. 395-430, jul./dez. 2013.

MIRANDA, R.C. **Algoritmo genético adaptativo para otimização de modelos de simulação a eventos discretos.** 2012. 149 p. Dissertação (Mestrado) - Engenharia de Produção. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012.

MITROFF, I. I.; BETZ, F.; PONDY, L. R.; SAGASTI, F. On managing science in the system age: two schemas for the study of science as a whole system phenomenon. *Interfaces*, v.4, n.3, p.46-58, 1974.

MONTEVECHI, J. A. B.; PINHO, COSTA, R. F. S.; OLIVEIRA, M.L; SILVA, A.L.F. **Conceptual Modeling in Simulation Projects by Mean Adapted IDEF: an Application a Brazilian Tech Company.** In: *WINTER SIMULATION CONFERENCE*, Baltimore, MD, USA, 2010.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para Engenheiros.** 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 463 p.

OLIVEIRA, N. M. C.; FAVARETTO, F. **Análise das Filas de um Sistema de Serviços utilizando Simulação a Eventos Discretos.** XXXIII ENEGEP, Salvador, Bahia, 2013.

Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013\\_TN\\_STO\\_177\\_014\\_23117.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_177_014_23117.pdf)> Acesso em: 16 Jan. 2014, 20:30:10.

OLIVEIRA, N. M. C.; FAVARETTO, F. **Coleta de dados para construção de modelo de simulação a eventos discretos de um restaurante**. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional de 16 a 19 de setembro 2013. Natal/RN.

FILHO, Clovis Perin. **Introdução à simulação de sistemas**. 1995. 159f. Campinas, SP: Editora da UNICAMP.

PÉREZ, J. F.; RIAÑO, G. *Análisis de colas para el diseño de una cafetería mediante simulación de eventos discretos*. **Revista de Ingeniería**, v. 25, n. 1, p. 12-21, 2007.

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.

REBELATO, G. M. Uma análise sobre a estratégia competitiva e operacional dos restaurantes *self-service*. **gestão & produção** v.4, n.3, p. 321-322, dez. 1997.

ROBINSON; S. *Conceptual Modeling for Simulation Part II: a Framework for Conceptual Modeling*. **Journal of the Operational Research Society**. Vol.59, pp. 291-304, 2008.

Secretária de Comércio e Serviços (2014). Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/index.php?area=4>> Acesso em: 10 de abril. 2014, 13h30min: 30.

SANTOS, J. A. A.; ALVES, R.; POSSAN, E.; SCHMIDT, C. A. P. Simulação da dinâmica operacional de um pequeno restaurante universitário: um estudo de caso. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.14, n.2, 2012.

SILVESTRO, R. *Positioning services along the volume-variety diagonal: The contingencies of service design, control and improvement*. **International Journal of Operations e Production Management**, v. 19, n. 4, p. 399-420, 1999.

SCHALTER. **Gerenciamento de Filas**. Disponível em: <<http://www.schalter.com.br/software/gerenciamento-de-filas>>. Acesso em: 10 de abril. 2014, 13h30min: 40.

SHAMBLIN, James E. STEVENS Jr., G.T., **Pesquisa Operacional – uma abordagem básica**. São Paulo: Atlas, 1979.

SOUZA, R. M. **Análise da configuração de SAMU utilizando modelo hipercubo com prioridade na fila e múltiplas alternativas de localização de ambulâncias**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

SLACK, NIGEL; CHAMBERS, STUART; JOHNSTON, ROBERT. **Administração da Produção**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SHONS, CLAUDIO HENRIQUE; RADOS, GREGÓRIO VARVAKIS. A importância da gestão de filas na prestação de serviço: um estudo na BU/UFSC. **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, Campinas, v.6, n. 2, p. 116-135, jan./jun. 2009.

SHAFER, S. M.; SMUNT, T. L. *Empirical simulation studies in operations management: context, trends and research opportunities*. **Journal of Operations Management**, v. 22, n. 4, p. 345-354, 2004.

WAGNER, HARVEY M., **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro: Prentice-Hall, 1985.

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.

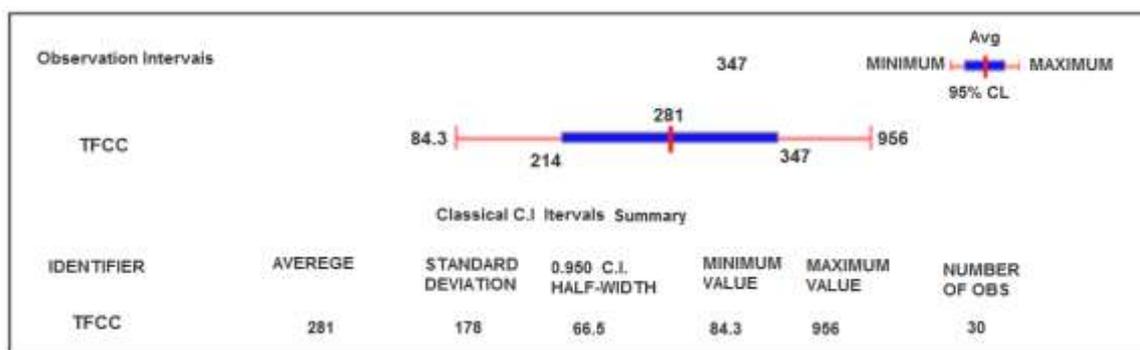
WILL, J. BERTRAND, M. FRANSOO, J. C. *Operations management research methodologies using quantitative modeling*. **International Journal of Operations and Production Management**. Vol. 22, No. 2, p.241-264,2002.

XIAO, H.; ZHANG, G.. *The Queuing Theory Application in Bank Service Optimization*. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON LOGISTICS SYSTEMS AND INTELLIGENT MANAGEMENT**, 24., 2010, Harbin. **Anais... Harbin: ICLSIM, 2010. p. 1097-1100.**

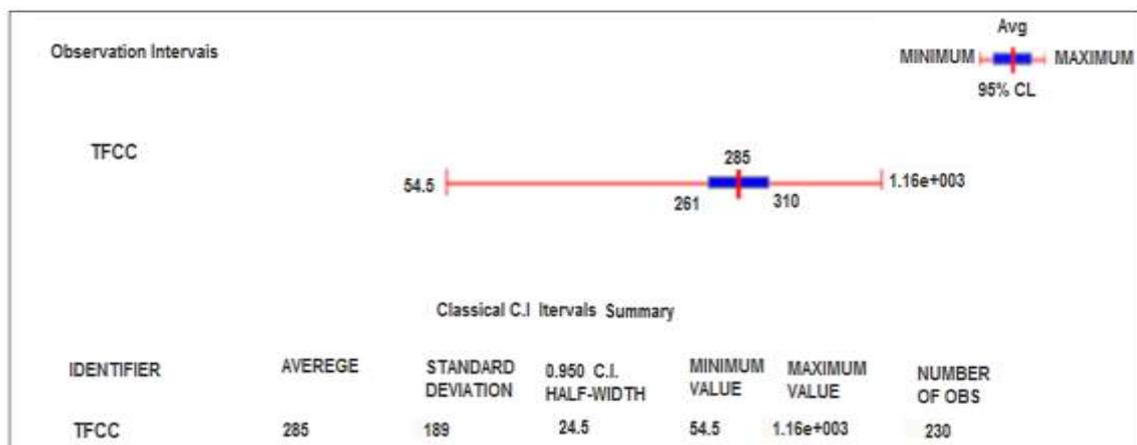
## APÊNDICES

### APÊNDICE I – Valores obtidos no *software* Arena através do *output Analyzer*

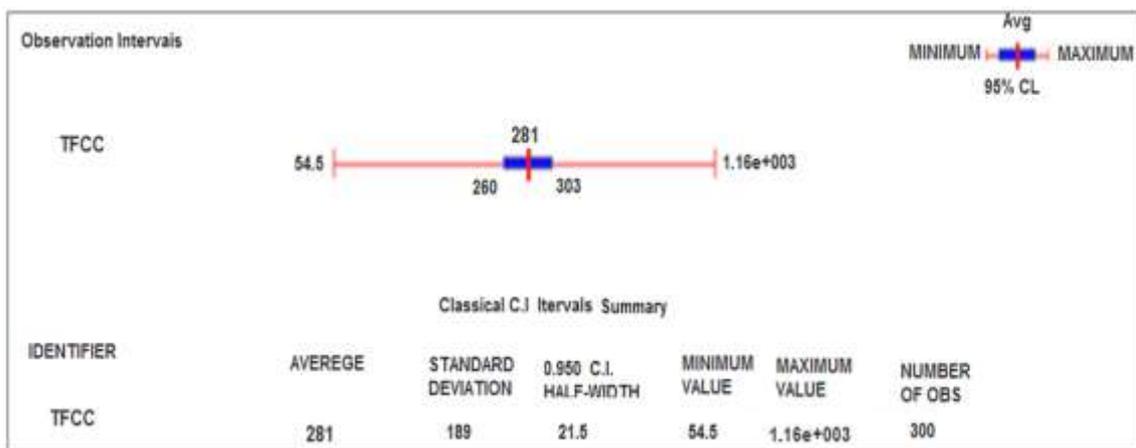
A seguir são apresentados os valores obtidos no *software* Arena através do *output Analyzer* no período total 11h30min às 14h30min e 12h30min às 13h30min.



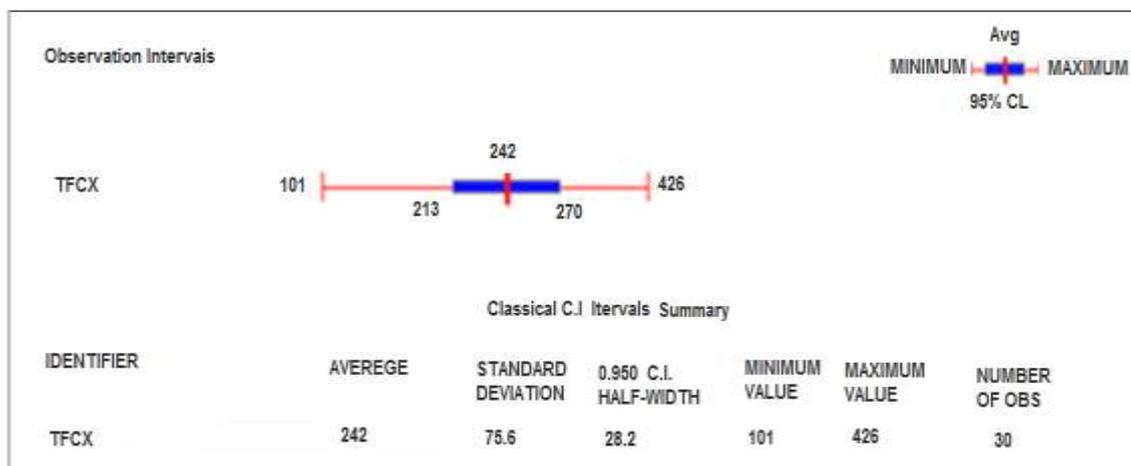
Tempo de fila carne na chapa com 30 replicações, no período total 11h30min às 14h30min, valores obtidos no *software* Arena  
Fonte: Próprio Autor



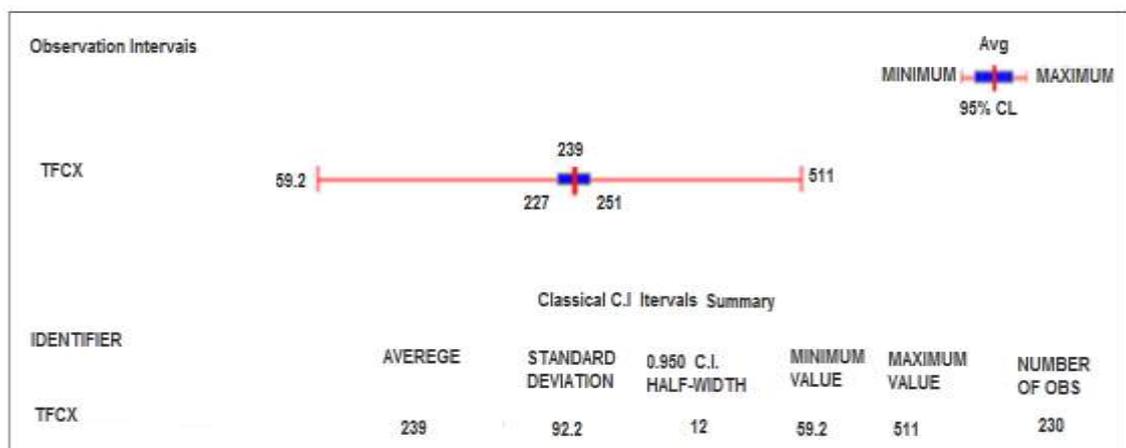
Tempo de fila carne na chapa com 230 replicações, no período total 11h30min às 14h30min, valores obtidos no *software* Arena  
Fonte: Próprio Autor



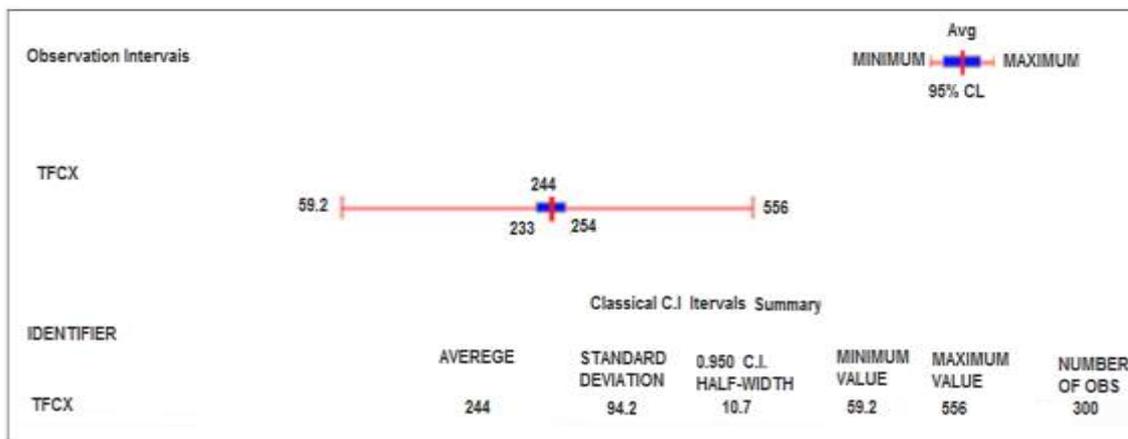
Tempo de fila carne na chapa com 300 replicações, no período total 11h30min às 14h30min, valores obtidos no *software* Arena  
Fonte: Próprio Autor



Tempo de fila no caixa com 30 replicações, no período total 11h30min às 14h30min, valores obtidos no *software* Arena  
Fonte: Próprio Autor

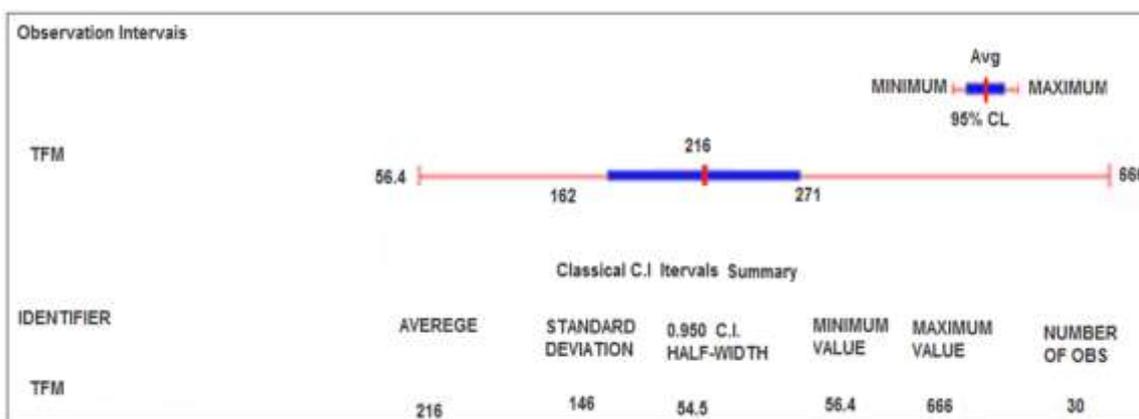


Tempo de fila no caixa com 230 replicações, no período total 11h30min às 14h30min, valores obtidos no *software* Arena  
Fonte: Próprio Autor



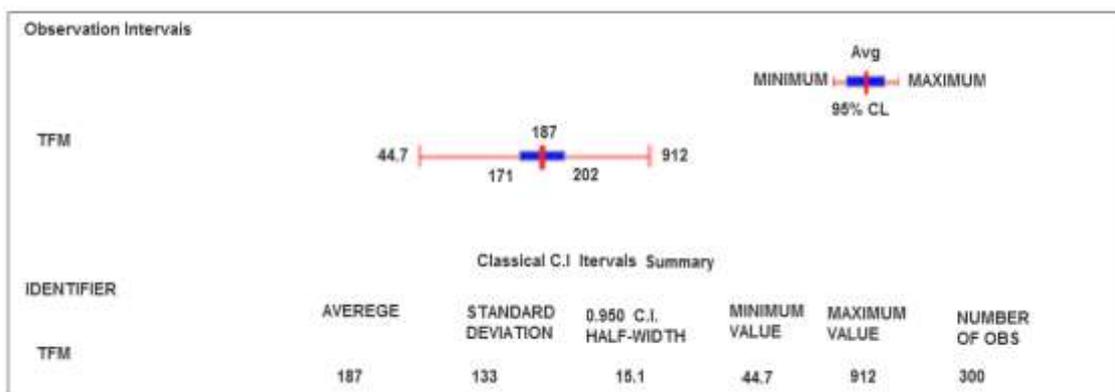
Tempo de fila caixa com 300 replicações, no período total 11h30min às 14h30min, valores obtidos no *software* Arena

Fonte: Próprio Autor



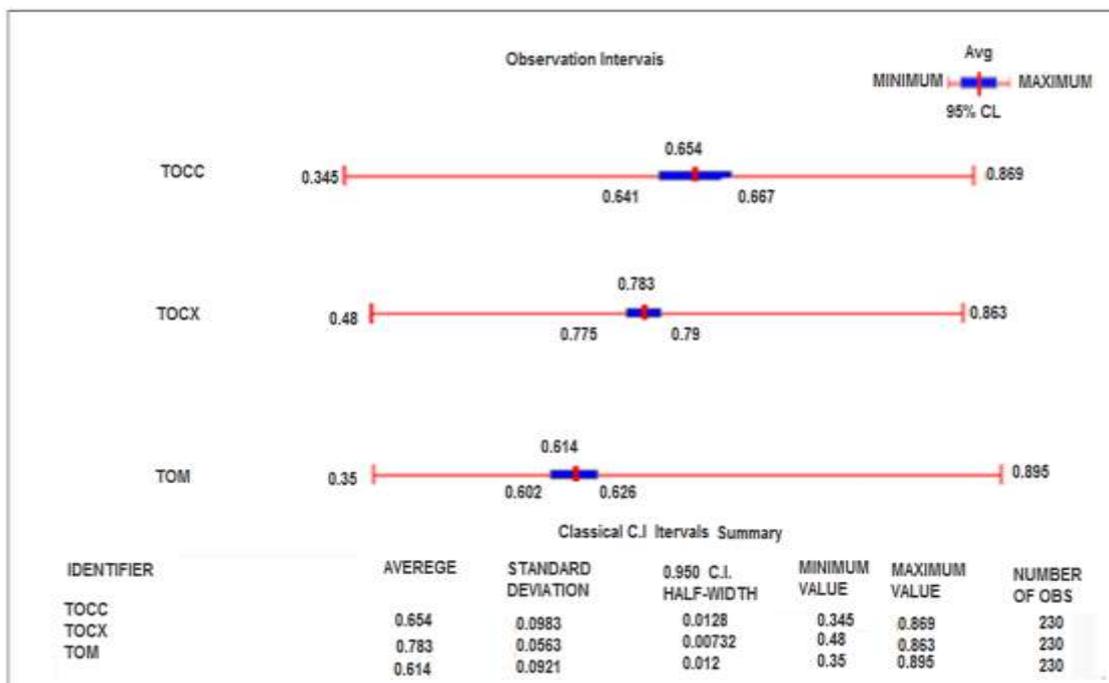
Tempo de fila na massa com 30 replicações, no período total 11h30min às 14h30min, valores obtidos no *software* Arena

Fonte: Próprio Autor



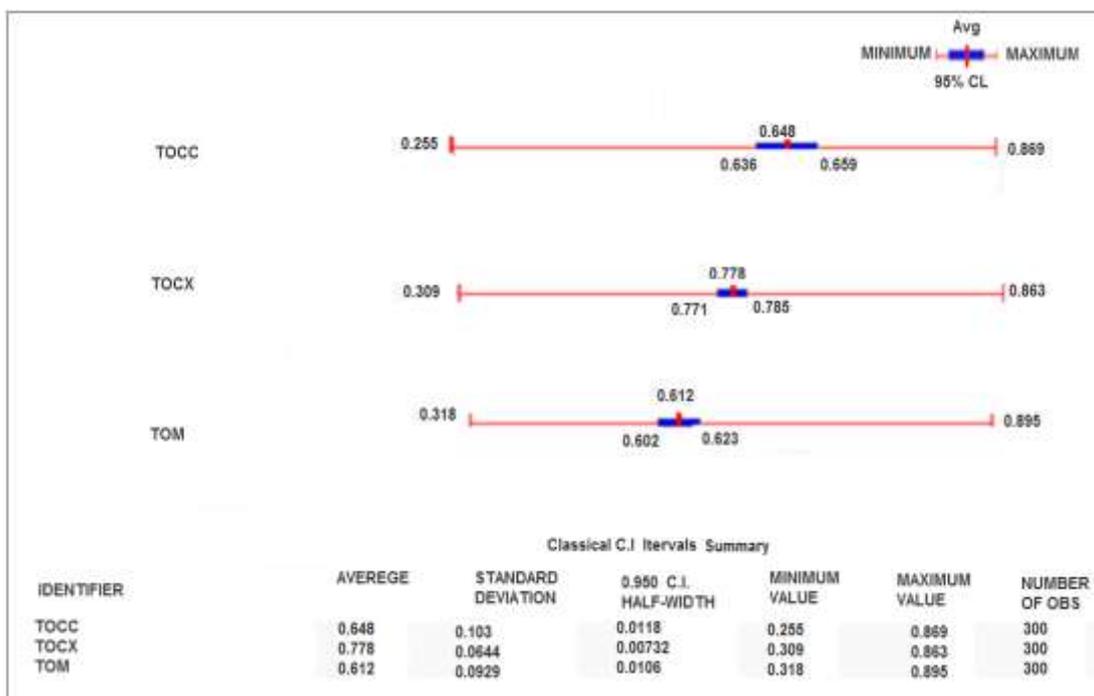
Tempo de fila massas com 300 replicações, no período total 11h30min às 14h30min, valores obtidos no *software* Arena

Fonte: Próprio Autor



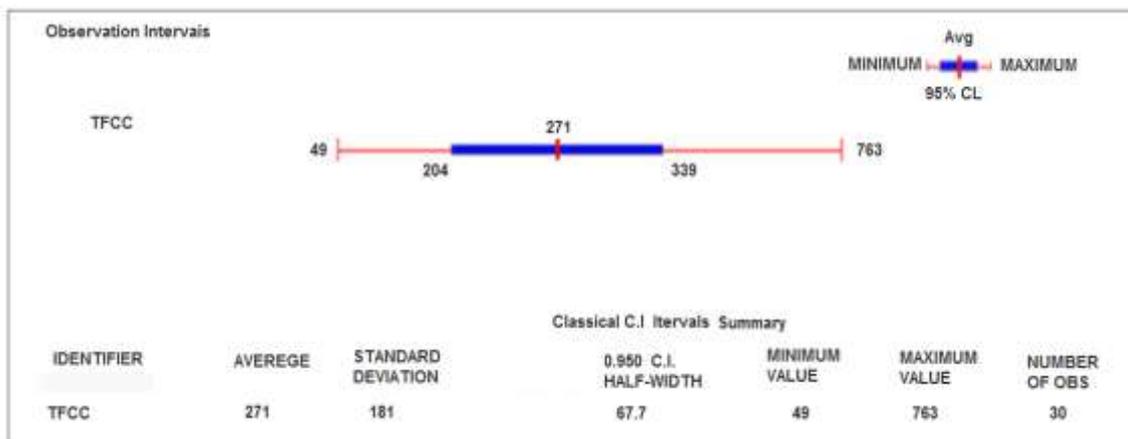
TOCC- Taxa de ocupação carne na chapa, TOCX - Taxa de ocupação caixa e TOM –Taxa de ocupação Massas- 230 replicações, no período total 11h30min às 14h30min, valores obtidos no *software* Arena

Fonte: Próprio Autor

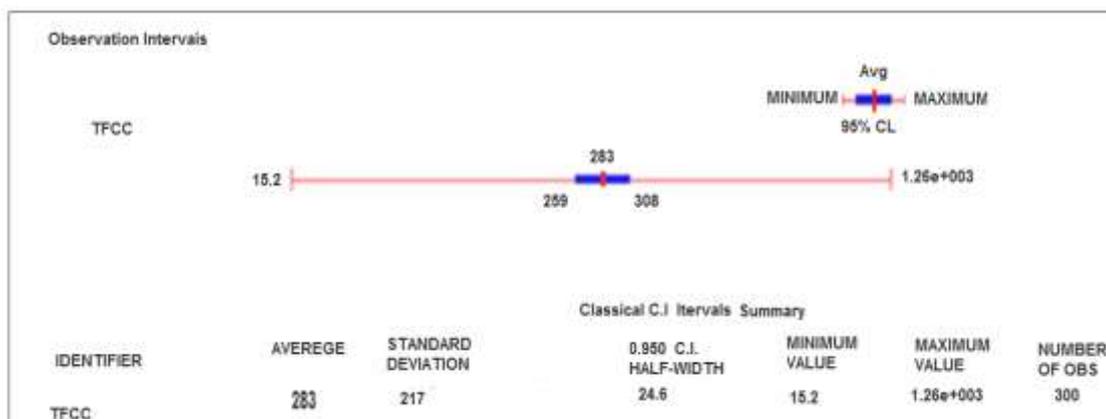


TOCC- Taxa de ocupação carne na chapa, TOCX - Taxa de ocupação caixa e TOM - Taxa de ocupação Massas 300 replicações, no período total 11h30min às 14h30min, valores obtidos no *software* Arena

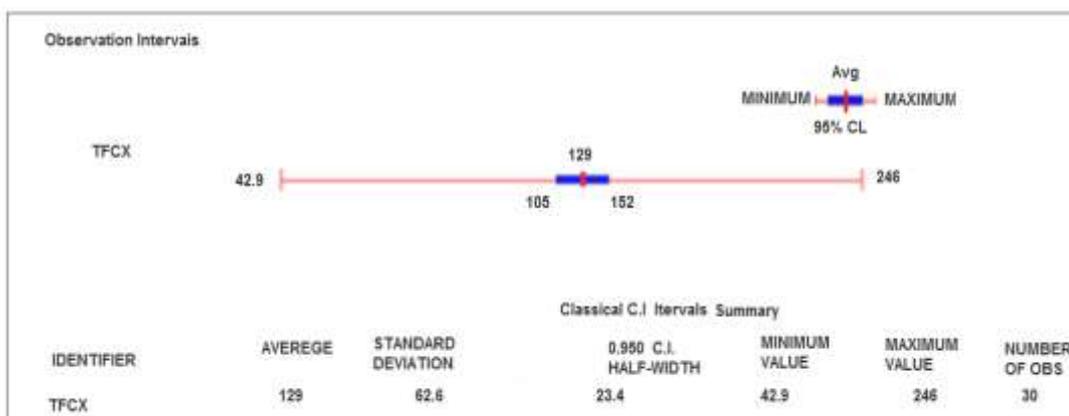
Fonte: Próprio Autor



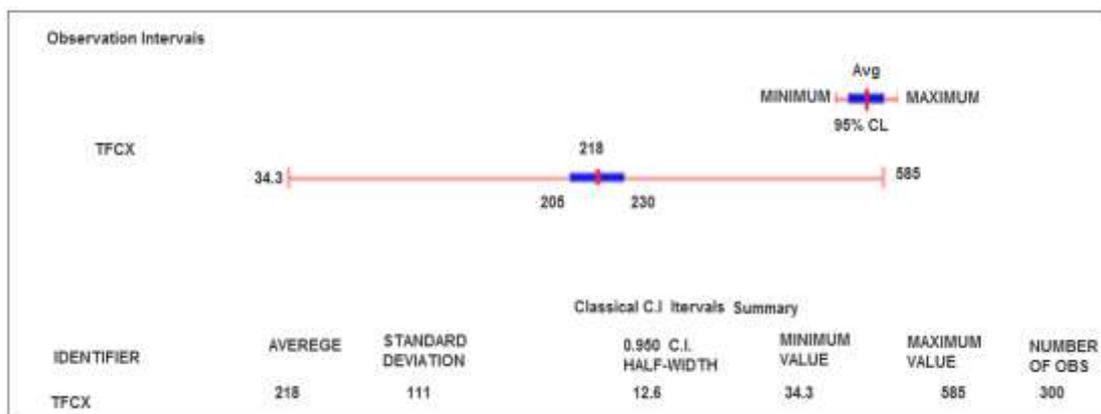
Tempo de fila carne na chapa com 30 replicações, no horário de maior movimento 12h30min às 13h30min, valores obtidos no *software* Arena  
Fonte: Próprio Autor



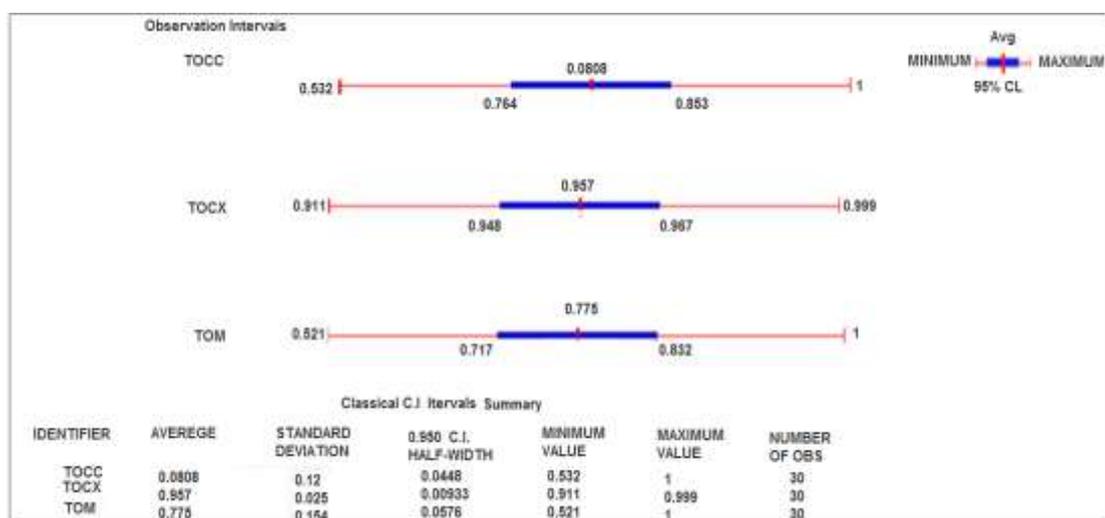
Tempo de fila carne na chapa com 300 replicações, no horário de maior movimento 12h30min às 13h30min, valores obtidos no *software* Arena  
Fonte: Próprio Autor



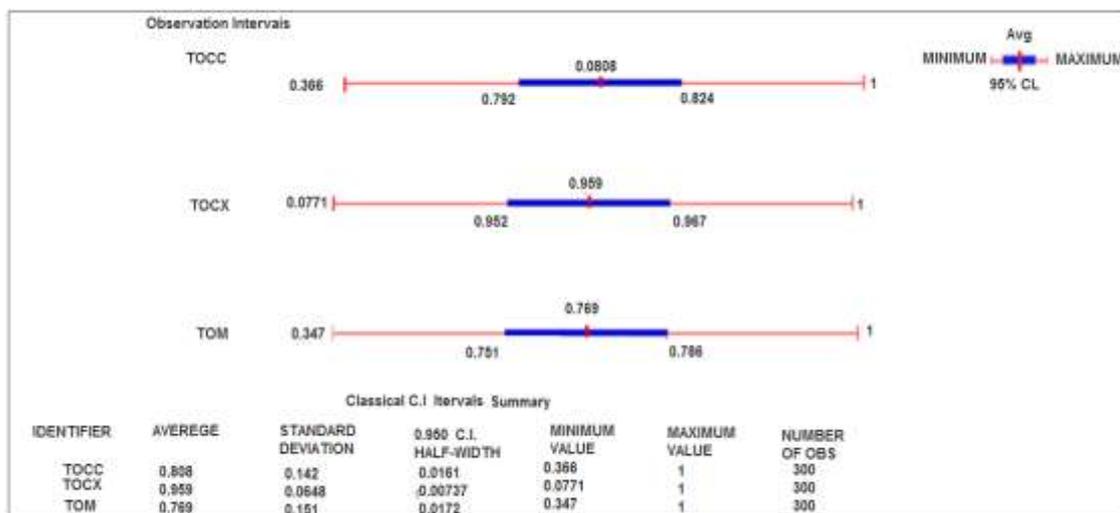
Tempo de fila caixa com 30 replicações, no horário de maior movimento 12h30min às 13h30min, valores obtidos no *software* Arena  
Fonte: Próprio Autor



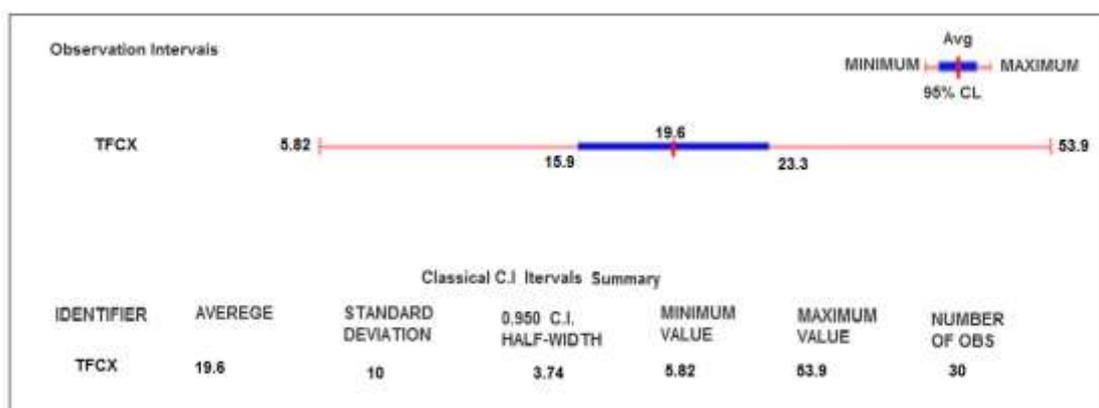
Tempo de fila caixa com 300 replicações, no período total 12h30min às 13h30min, valores obtidos no *software* Arena  
 Fonte: Próprio Autor



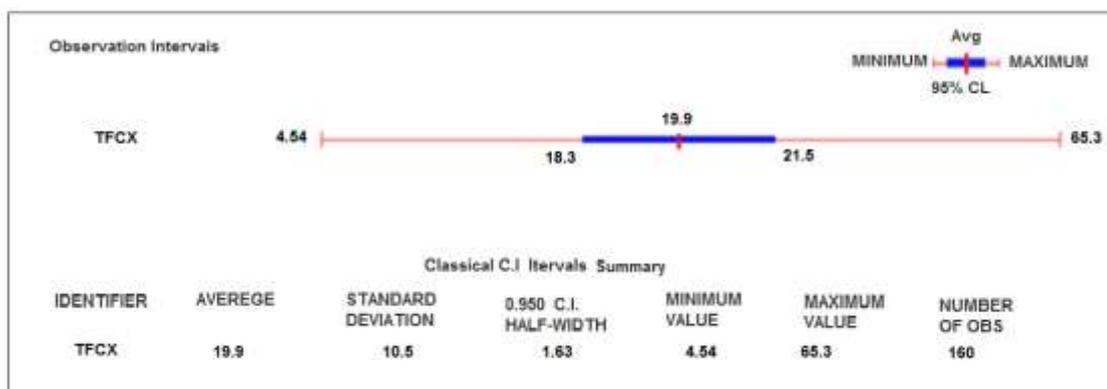
TOCC- Taxa de ocupação carne na chapa, TOCX - Taxa de ocupação caixa e TOM - Taxa de ocupação Massas  
 30 replicações, no período total 12h30min às 13h30min, valores obtidos no *software* Arena  
 Fonte: Próprio Autor



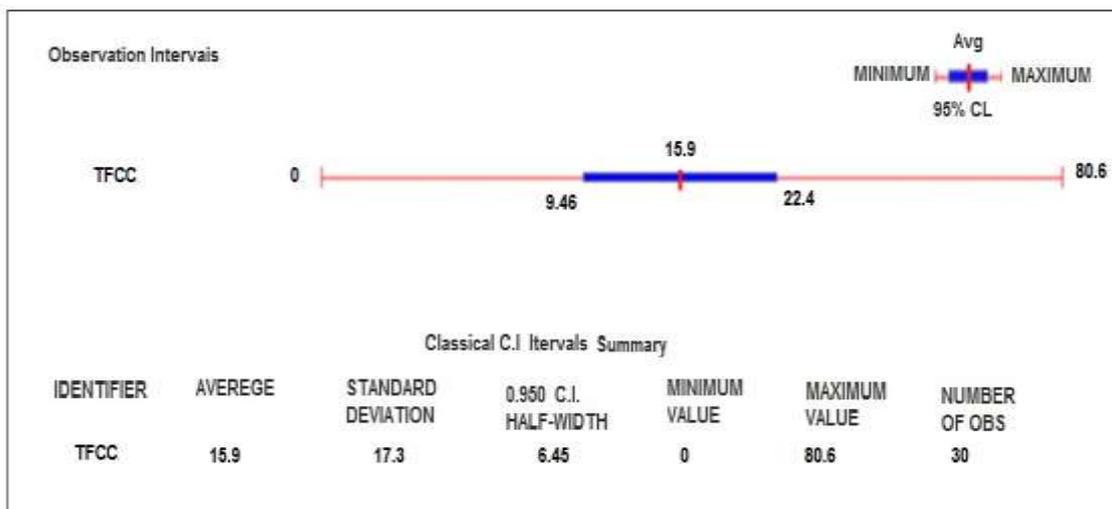
TOCC- Taxa de ocupação carne na chapa, TOCX - Taxa de ocupação caixa e TOM - Taxa de ocupação Massas 300 replicações no horário de maior movimento 12h30min às 13h30min, valores obtidos no *software* Arena  
Fonte: Próprio Autor



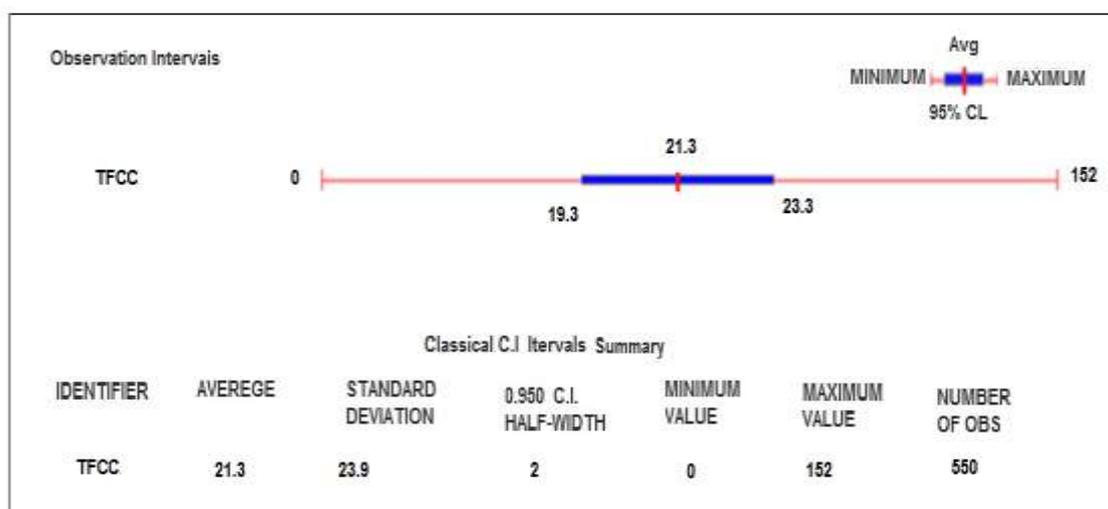
Tempo de fila no caixa, *Output analyzer*, valores obtidos no *software* Arena 30 replicações com cinco atendentes, Horário de maior movimento 12h45min às 13h45min  
Fonte: Próprio Autor



Tempo de fila no caixa, *Output analyzer*, valores obtidos no *software* Arena 160 replicações com cinco atendentes, Horário de maior movimento 12h45min às 13h45min  
Fonte: Próprio Autor

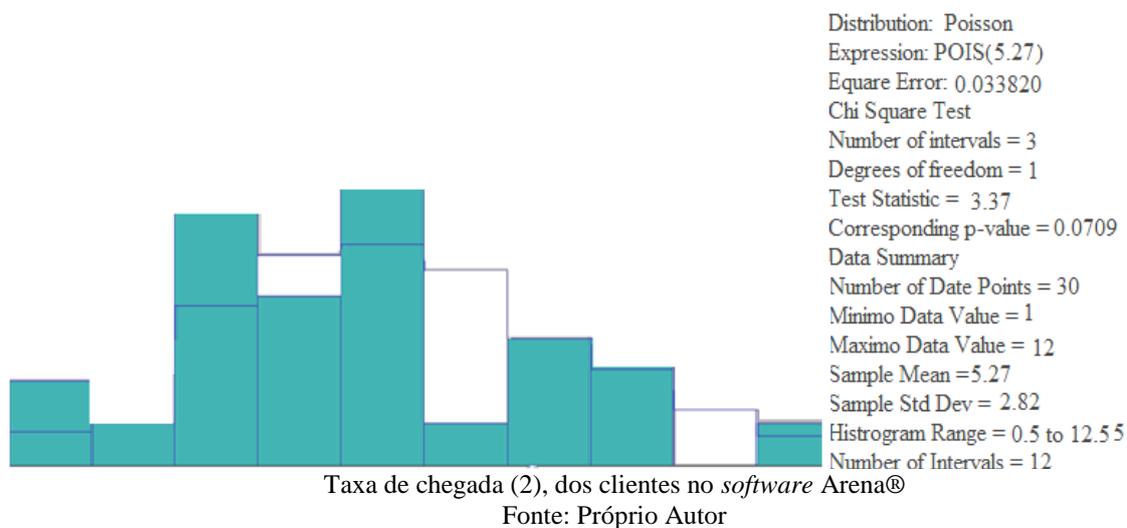
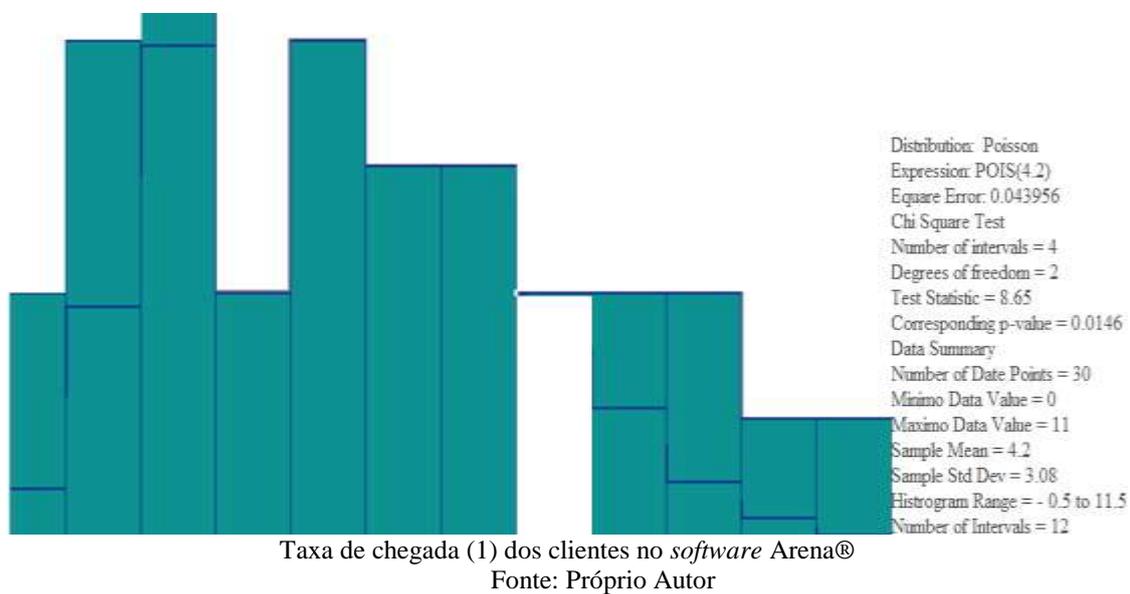


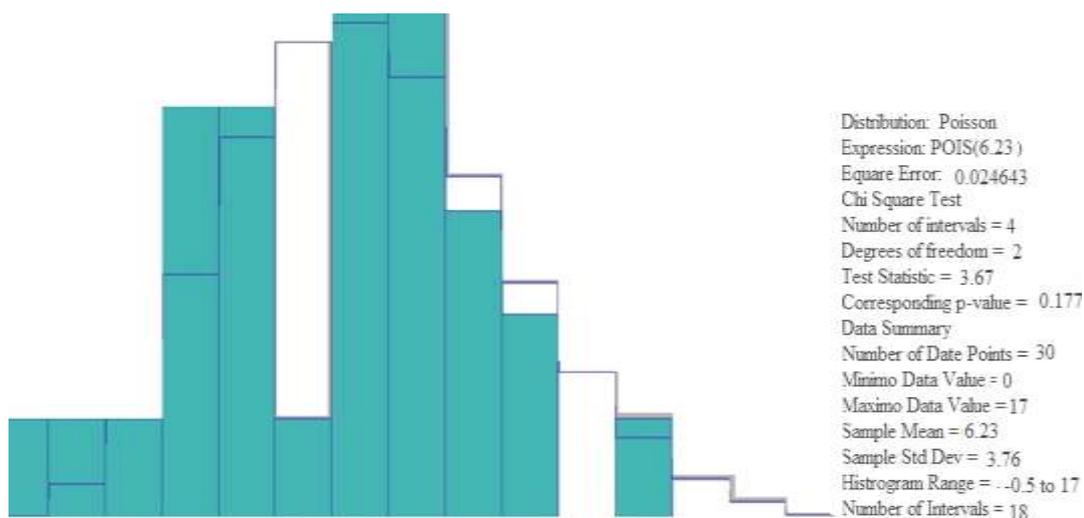
Cenário 2, tempo de fila na carne na chapa 30 replicações com dois atendentes, *Output analyzer*, valores obtidos no *software* Arena, Horário de maior movimento 12h30min às 13h30min  
Fonte: Próprio Autor



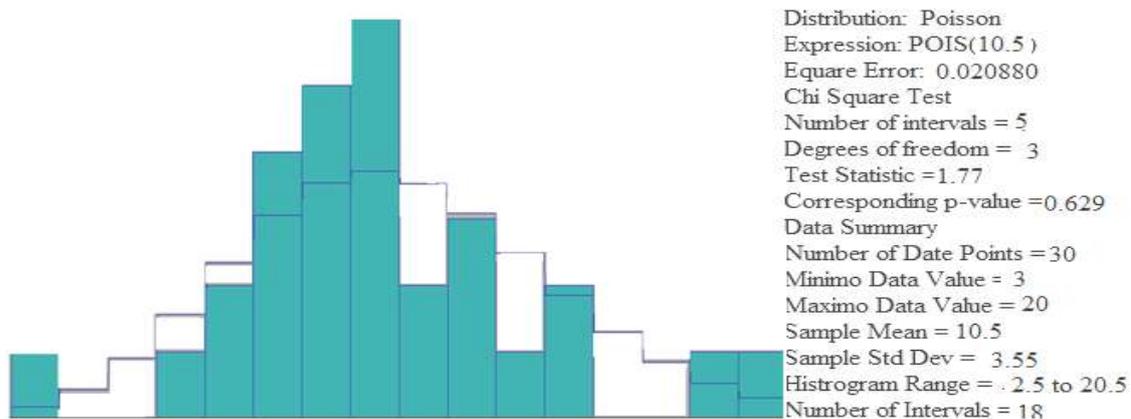
Cenário 2, tempo de fila na carne na chapa 550 replicações com dois atendentes, *Output analyzer*, valores obtidos no *software* Arena, Horário de maior movimento 12h30min às 13h30min  
Fonte: Próprio Autor

## APÊNDICE II – Resultados obtidos através do *software* ARENA, *Input Analyzer*

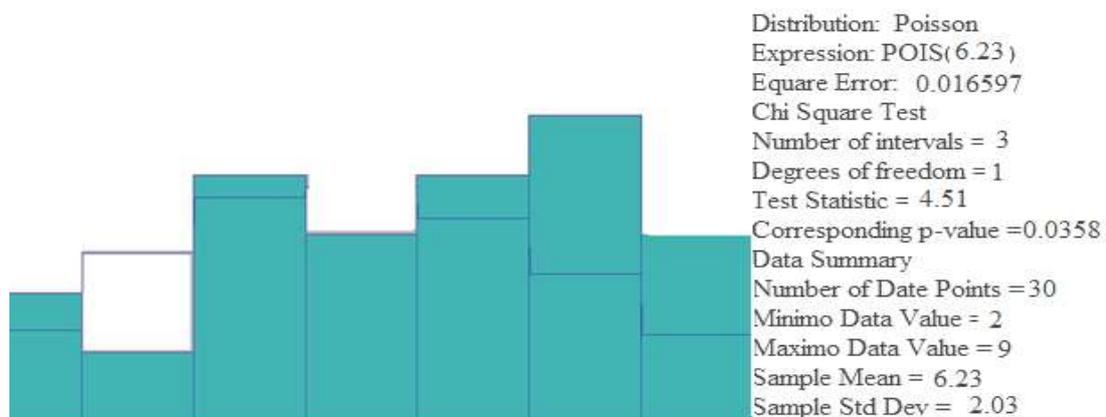


Taxa de chegada (3), dos clientes no *software* Arena®

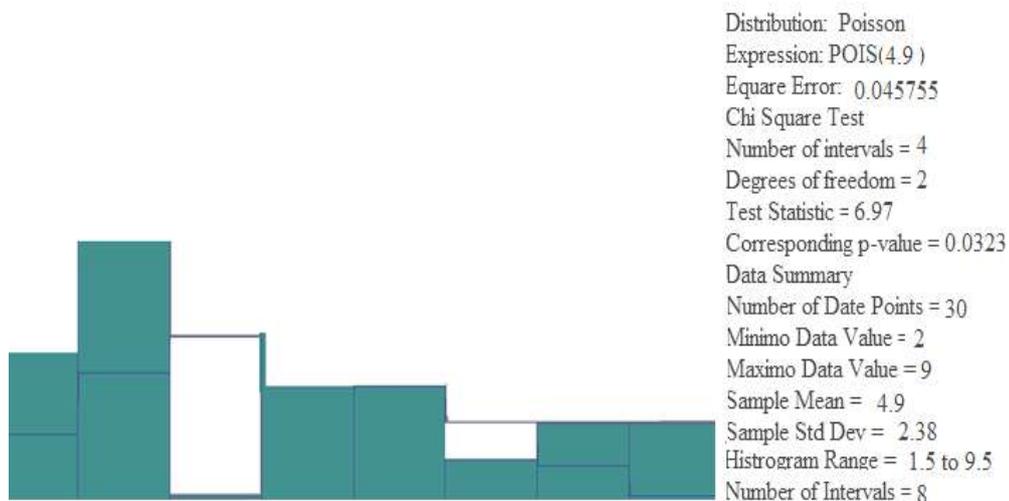
Fonte: Próprio Autor

Taxa de chegada (4), dos clientes no *software* Arena®

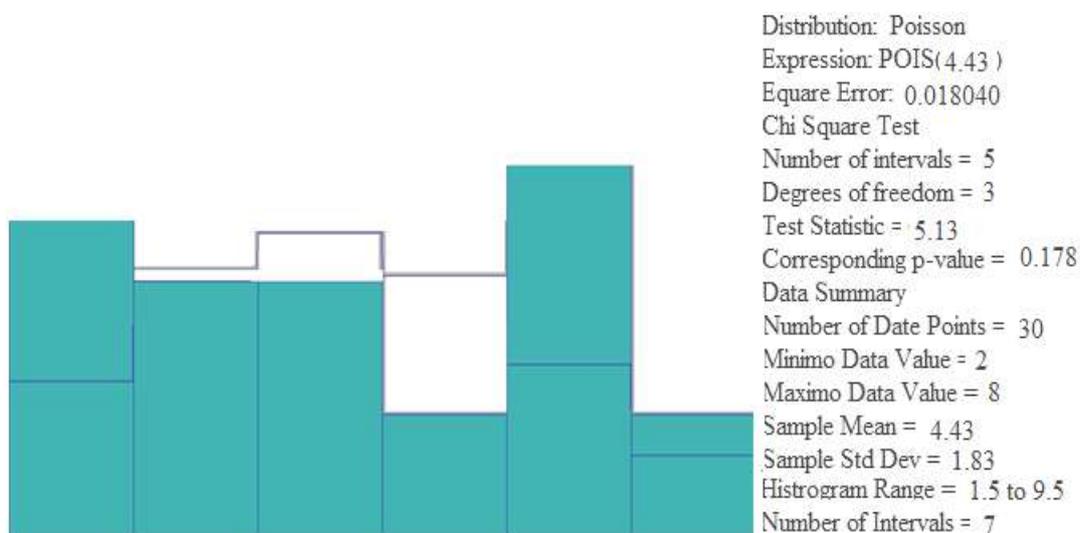
Fonte: Próprio Autor

Taxa de chegada (5), dos clientes no *software* Arena®

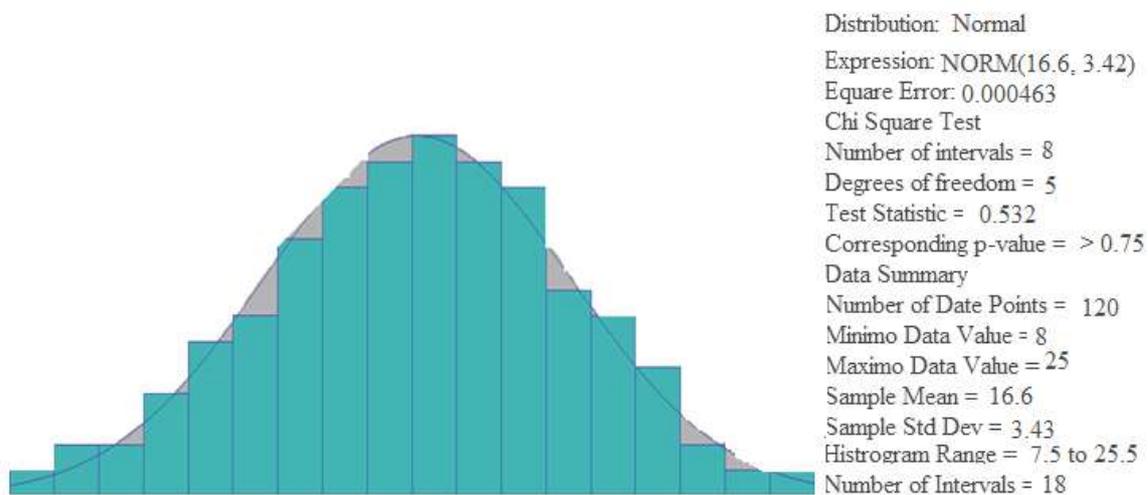
Fonte: Próprio Autor

Taxa de chegada (6), dos clientes no *software* Arena®

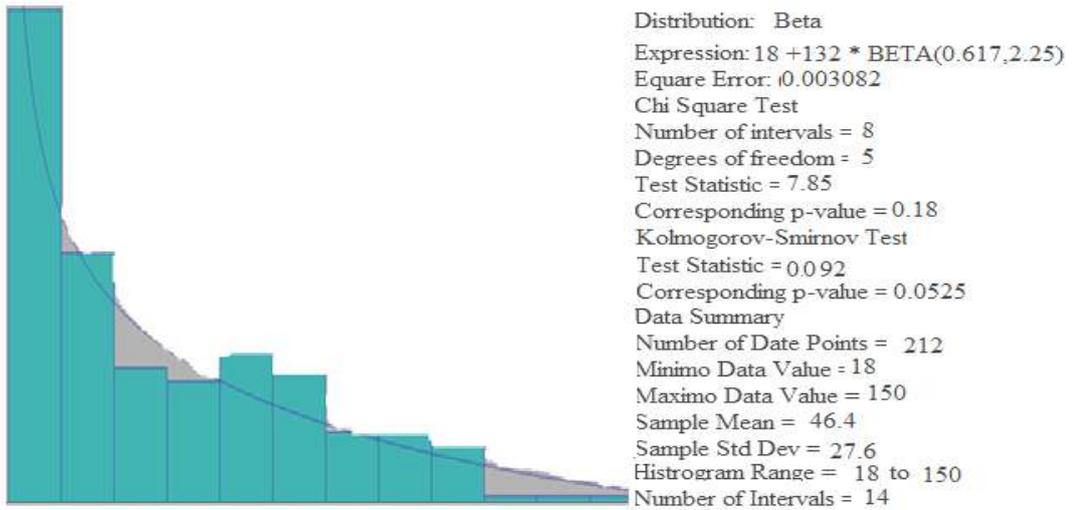
Fonte: Próprio Autor

Taxa de chegada (7), dos clientes no *software* Arena®

Fonte: Próprio Autor

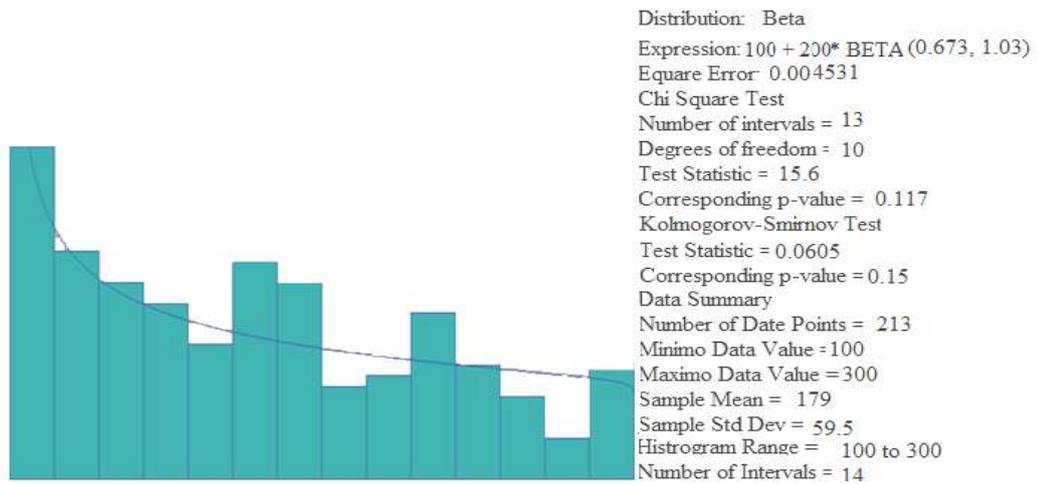
Tempo de servir salada no *software* Arena®

Fonte: Próprio Autor



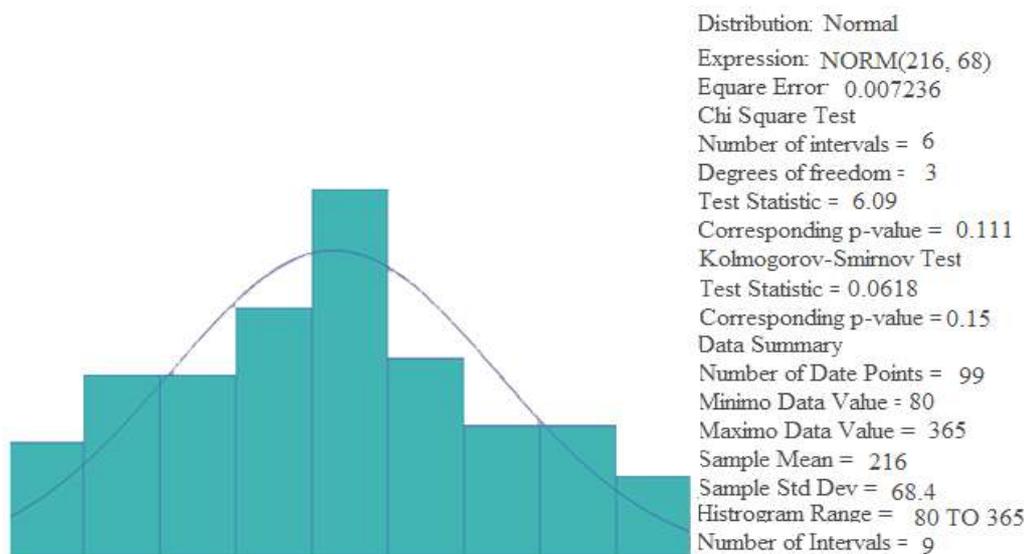
Tempo de servir churrasco no *software* Arena®

Fonte: Próprio Autor



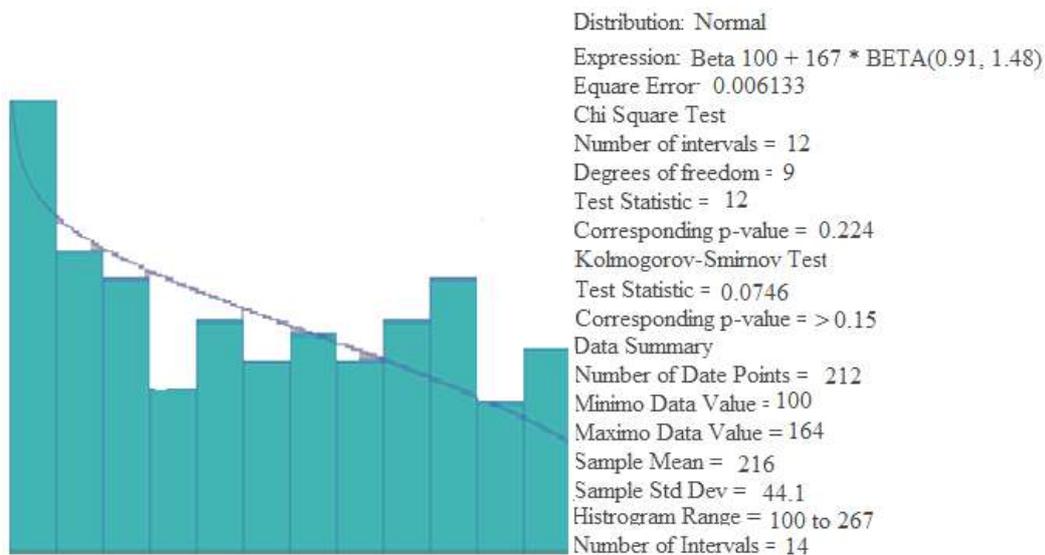
Tempo de servir carne na chapa no *software* Arena®

Fonte: Próprio Autor



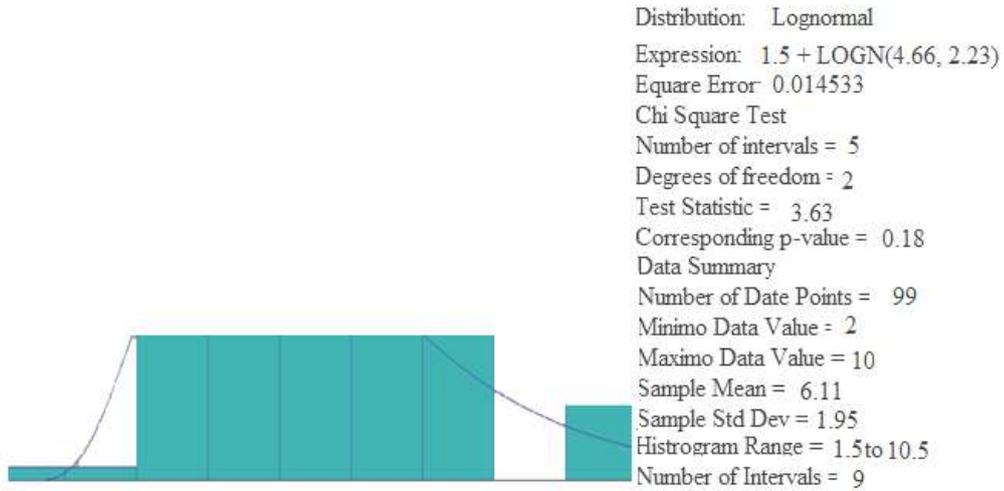
Tempo de servir guarnições no *software* Arena®

Fonte: Próprio Autor

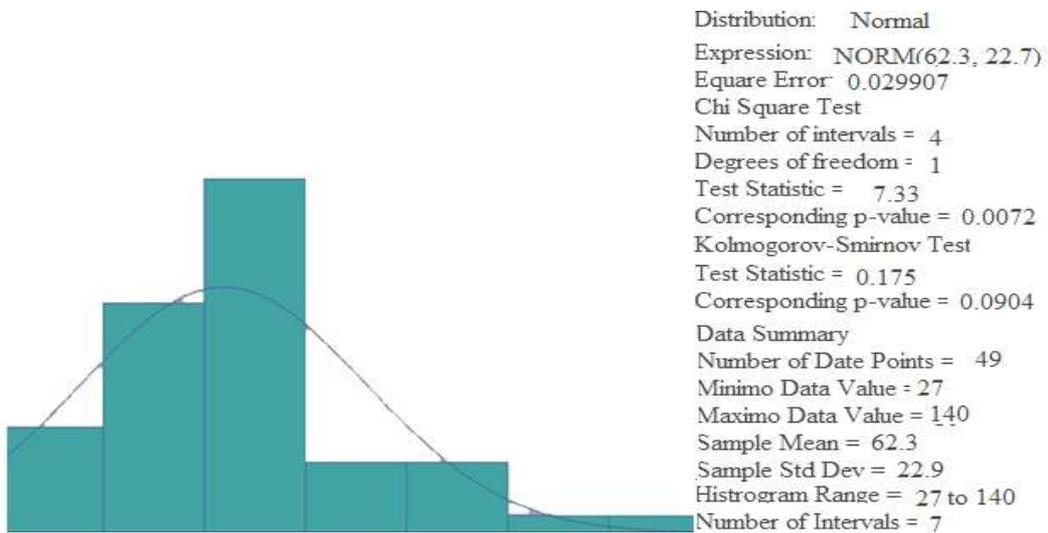


Tempo de servir massas com molho no *software* Arena®

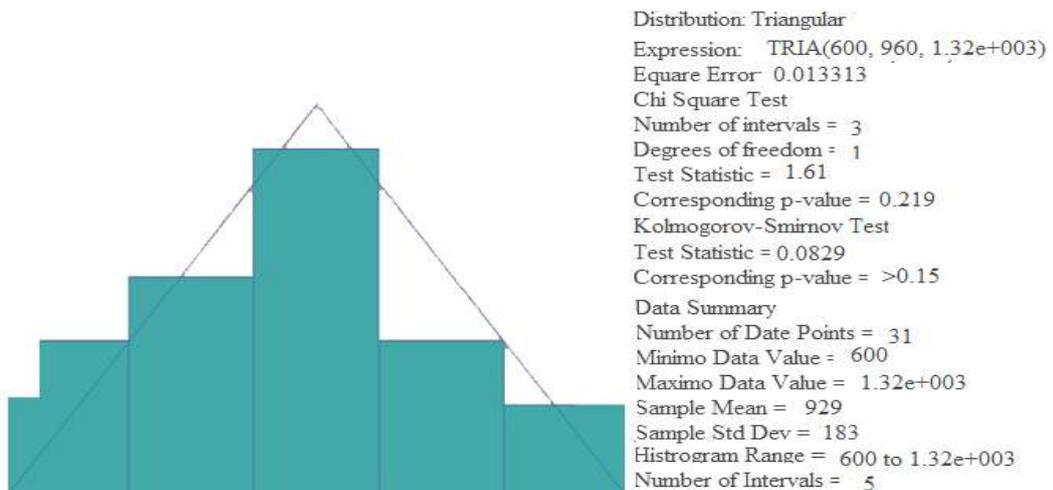
Fonte: Próprio Autor

Tempo das balanças no *software* Arena@

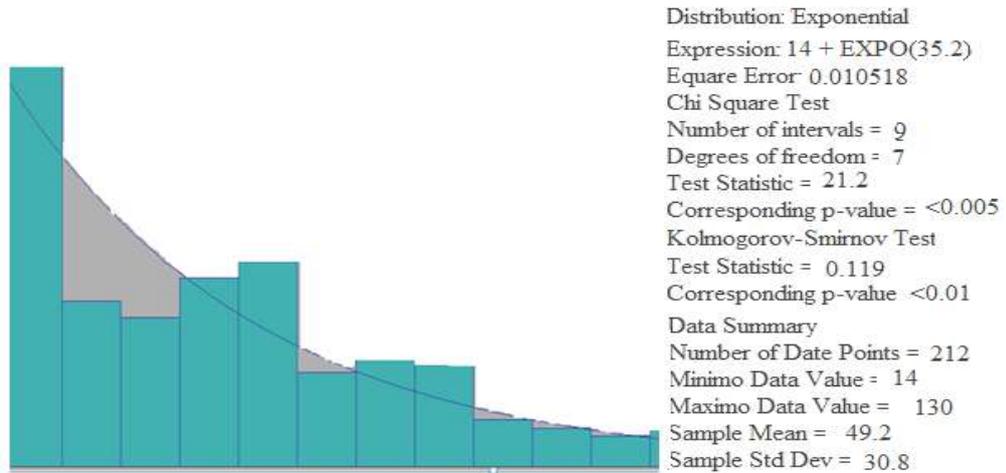
Fonte: Próprio Autor

Tempo para localizar as mesas no *software* Arena@

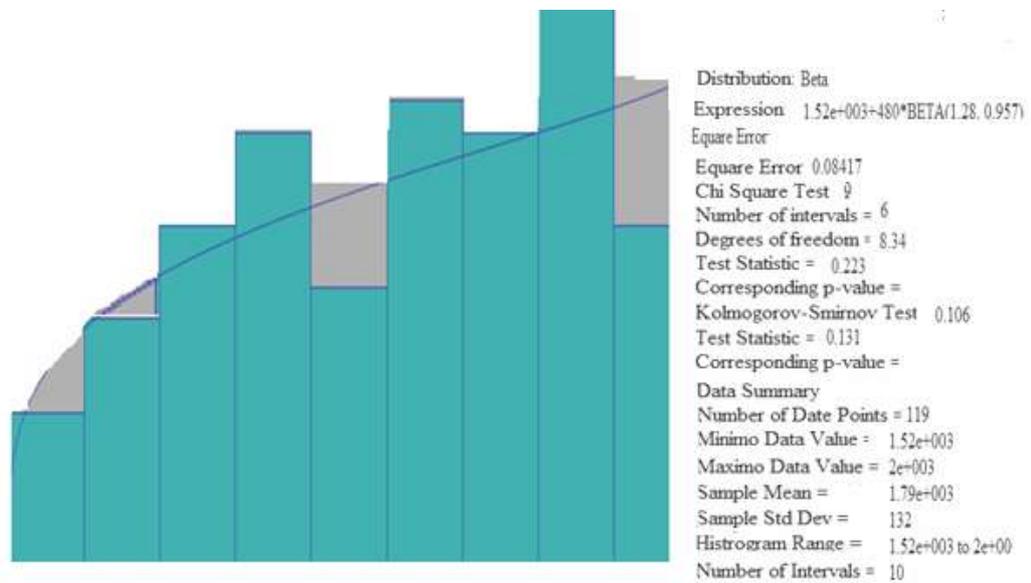
Fonte: Próprio Autor

Tempo para almoçar no *software* Arena@

Fonte: Próprio Autor



Tempo de atendimento dos caixas no *software* Arena®  
 Fonte: Próprio Autor



Tempo no sistema no *software* Arena®  
 Fonte: Próprio Autor

**APÊNDICE III – Resultados obtidos através do *software* ARENA, no período total  
11h30min às 14h30min**

Identifier	OUTPUTS				# Replications
	Average	Half-width	Minimum	Maximum	
Carne na Chapa Accum VA Time	8149.0	147.05	3213.5	10943.	300
Balancas Number In	984.49	9.0894	442.00	1178.0	300
Caixas Accum VA Time	39093.	368.76	15491.	43317.	300
QPM	.87497	.08754	.14534	5.3441	300
Guarnicao Accum Wait Time	.00000	.00000	.00000	.00000	300
Mesas Accum VA Time	8.8563E+05	8131.8	3.7883E+05	1.0058E+06	300
Mesas Number In	984.47	9.0869	442.00	1178.0	300
Guarnicao Number Out	910.42	8.5255	410.00	1089.0	300
Caixas Number In	957.61	8.8003	415.00	1094.0	300
Balancas Accum Wait Time	4261.1	74.099	2220.3	6082.0	300
Mesas Accum Wait Time	9454.0	1350.7	.00000	77049.	300
TOCC	.64764	.01177	.25504	.86948	300
TOM	.61210	.01057	.31800	.89488	300
Balancas Accum VA Time	6062.8	56.814	2717.5	7280.2	300
Caixas Accum wait Time	2.1335E+05	9210.0	49578.	4.8091E+05	300
SaladaSobremesa Accum VA Time	14350.	134.45	6624.1	17219.	300
Carne na Chapa Number Out	45.886	.81383	17.000	66.000	300
Caixas Number Out	887.73	8.4901	384.00	1002.0	300
Guarnicao Accum VA Time	1.9666E+05	1870.1	85380.	2.3995E+05	300
TFCX	243.78	10.718	59.176	555.83	300
TFCC	281.24	21.497	54.529	1164.1	300
Massas Number Out	55.550	.94687	27.000	79.000	300
Churrasco Number Out	743.07	7.0273	333.00	905.00	300
Mesas Number Out	957.69	8.7996	415.00	1094.0	300
SaladaSobremesa Number Out	864.64	8.0903	396.00	1038.0	300
Churrasco Number In	743.07	7.0273	333.00	905.00	300
Massas Accum VA Time	7710.9	132.83	4006.7	11174.	300
Carne na Chapa Number In	46.190	.85515	17.000	76.000	300
Massas Number In	55.636	.96800	27.000	83.000	300
SaladaSobremesa Number In	864.64	8.0903	396.00	1038.0	300
Churrasco Accum VA Time	36466.	357.07	16298.	44977.	300
Churrasco Accum wait Time	57121.	4924.3	10498.	2.6443E+05	300
Carne na Chapa Accum wait Time	13515.	1189.3	1308.7	74157.	300
TFM	186.55	15.117	44.672	912.47	300
TOCX	.77810	.00733	.30880	.86340	300
Massas Accum wait Time	10906.	1047.7	1831.2	61916.	300
Guarnicao Number In	910.57	8.5290	410.00	1091.0	300
QPCX	19.202	.87605	4.2924	45.962	300
SaladaSobremesa Accum wait Time	81.524	5.0522	2.5260	264.95	300
Balancas Number Out	984.48	9.0879	442.00	1178.0	300
Cliente.NumberIn	985.07	9.0871	442.00	1180.0	300
Cliente.NumberOut	887.62	8.4904	384.00	1002.0	300
Entity 1.NumberIn	210.55	1.6466	167.00	249.00	300
Entity 1.NumberOut	.00000	.00000	.00000	.00000	300
OperadorBalanca1.NumberSeized	984.49	9.0889	442.00	1178.0	300
OperadorBalanca1.ScheduledUtilization	.48118	.00451	.21568	.57779	300
OperadorBalanca2.NumberSeized	984.49	9.0889	442.00	1178.0	300
OperadorBalanca2.ScheduledUtilization	.48118	.00451	.21568	.57779	300
OperadorBalanca3.NumberSeized	984.49	9.0889	442.00	1178.0	300
OperadorBalanca3.ScheduledUtilization	.48118	.00451	.21568	.57779	300
Garcom1.NumberSeized	864.64	8.0903	396.00	1038.0	300
Garcom1.ScheduledUtilization	.22778	.00213	.10515	.27332	300
Garcom2.NumberSeized	864.64	8.0903	396.00	1038.0	300
Garcom2.ScheduledUtilization	.22778	.00213	.10515	.27332	300
Garcom3.NumberSeized	864.64	8.0903	396.00	1038.0	300
Garcom3.ScheduledUtilization	.22778	.00213	.10515	.27332	300
Garcom4.NumberSeized	864.64	8.0903	396.00	1038.0	300
Garcom4.ScheduledUtilization	.22778	.00213	.10515	.27332	300
Garcom5.NumberSeized	864.64	8.0903	396.00	1038.0	300
Garcom5.ScheduledUtilization	.22778	.00213	.10515	.27332	300
Garcom6.NumberSeized	864.64	8.0903	396.00	1038.0	300
Garcom6.ScheduledUtilization	.22778	.00213	.10515	.27332	300
Garcom7.NumberSeized	864.64	8.0903	396.00	1038.0	300
Garcom7.ScheduledUtilization	.22778	.00213	.10515	.27332	300
Garcom8.NumberSeized	864.64	8.0903	396.00	1038.0	300
Garcom8.ScheduledUtilization	.22778	.00213	.10515	.27332	300
Garcom9.NumberSeized	864.64	8.0903	396.00	1038.0	300
Garcom9.ScheduledUtilization	.22778	.00213	.10515	.27332	300
ChurrasqueiroChefe.NumberSeized	45.993	.82454	17.000	67.000	300
ChurrasqueiroChefe.ScheduledUtilization	.64764	.01177	.25504	.86948	300
GarcomMassas.NumberSeized	55.580	.95208	27.000	80.000	300
GarcomMassas.ScheduledUtilization	.61210	.01057	.31800	.89488	300
Cadeira.NumberSeized	984.47	9.0869	442.00	1178.0	300
Cadeira.ScheduledUtilization	.71881	.00653	.31862	.83329	300
GarcomPratos1.NumberSeized	910.57	8.5290	410.00	1091.0	300
GarcomPratos1.ScheduledUtilization	.26016	.00247	.11294	.31823	300
OperadorCaixa2.NumberSeized	891.73	8.4901	388.00	1006.0	300
OperadorCaixa2.ScheduledUtilization	.77810	.00733	.30880	.86340	300
Cadeira 2.NumberSeized	984.47	9.0869	442.00	1178.0	300
Cadeira 2.ScheduledUtilization	.71881	.00653	.31862	.83329	300
Cadeira 3.NumberSeized	984.47	9.0869	442.00	1178.0	300
Cadeira 3.ScheduledUtilization	.35940	.00327	.15931	.41665	300
Garcom10.NumberSeized	864.64	8.0903	396.00	1038.0	300
Garcom10.ScheduledUtilization	.22778	.00213	.10515	.27332	300
Churrasqueiro1.NumberSeized	743.07	7.0273	333.00	905.00	300
Churrasqueiro1.ScheduledUtilization	.72355	.00708	.32339	.89242	300
System.NumberOut	887.62	8.4904	384.00	1002.0	300

APÊNDICE IV– Resultados obtidos através do *software* ARENA, no horário de maior movimento 12h30min às 13h30min

OUTPUTS					
Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Carne na Chapa Accum VA Time	2878.0	59.895	1266.4	3815.0	300
Balancas Number In	359.19	2.5583	129.00	399.00	300
Caixas Accum VA Time	13800.	107.67	1043.6	14542.	300
QPM	1.3157	.16094	.00869	8.2296	300
Guarnicao Accum wait Time	.00000	.00000	.00000	.00000	300
Mesas Accum VA Time	3.1494E+05	2807.6	23058.	3.5786E+05	300
Mesas Number In	358.79	2.5662	126.00	399.00	300
Guarnicao Number Out	332.61	2.3929	120.00	371.00	300
Caixas Number In	340.23	3.0130	27.000	388.00	300
Balancas Accum Wait Time	1811.0	49.312	369.06	3683.3	300
Mesas Accum wait Time	2087.5	395.89	.00000	19483.	300
TOCC	.80777	.01612	.36590	1.0000	300
TOM	.76855	.01718	.34745	1.0000	300
Balancas Accum VA Time	2208.5	16.605	791.24	2519.2	300
Caixas Accum Wait Time	44377.	2839.1	25.776	1.2860E+05	300
SaladaSobremesa Accum VA Time	5471.3	42.529	2723.1	6475.8	300
Carne na Chapa Number Out	16.176	.34416	6.0000	22.000	300
Caixas Number Out	312.95	2.5787	25.000	348.00	300
Guarnicao Accum VA Time	71820.	537.95	24780.	80959.	300
TFCX	144.40	9.1799	.95467	406.70	300
T FCC	283.38	24.673	15.172	1258.9	300
Massas Number Out	19.776	.43740	8.0000	28.000	300
Churrasco Number Out	272.51	1.9144	113.00	309.00	300
Mesas Number Out	340.24	3.0144	27.000	388.00	300
SaladaSobremesa Number Out	329.58	2.5621	162.00	389.00	300
Churrasco Number In	282.00	2.3441	139.00	336.00	300
Massas Accum VA Time	2757.8	62.187	1223.6	3700.0	300
Carne na Chapa Number In	17.753	.46500	6.0000	30.000	300
Massas Number In	20.890	.57355	8.0000	37.000	300
SaladaSobremesa Number In	329.60	2.5698	162.00	390.00	300
Churrasco Accum VA Time	13383.	94.758	5541.2	14508.	300
Churrasco Accum Wait Time	27154.	2317.9	2738.3	1.2102E+05	300
Carne na Chapa Accum wait Time	4790.3	486.76	212.40	25006.	300
TFM	198.69	19.081	2.6952	1095.9	300
TOCX	.95929	.00738	.07707	1.0000	300
Massas Accum Wait Time	4215.0	465.75	46.948	25528.	300
Guarnicao Number In	336.00	2.2603	142.00	374.00	300
QPCX	14.207	.95399	.00716	43.490	300
SaladaSobremesa Accum wait Time	52.561	4.3484	.63494	250.40	300
Balancas Number Out	358.90	2.5584	127.00	398.00	300
Cliente.NumberIn	375.02	2.8854	182.00	447.00	300
Cliente.NumberOut	312.98	2.5805	25.000	348.00	300
Entity 1.NumberIn	60.226	.92027	33.000	82.000	300
Entity 1.NumberOut	.00000	.00000	.00000	.00000	300
OperadorBalanca1.NumberSeized	358.98	2.5567	128.00	398.00	300
OperadorBalanca1.ScheduledUtilization	.61361	.00461	.22103	.70052	300
OperadorBalanca2.NumberSeized	358.98	2.5567	128.00	398.00	300
OperadorBalanca2.ScheduledUtilization	.61361	.00461	.22103	.70052	300
OperadorBalanca3.NumberSeized	358.98	2.5567	128.00	398.00	300
OperadorBalanca3.ScheduledUtilization	.61361	.00461	.22103	.70052	300
Garcom1.NumberSeized	329.60	2.5696	162.00	390.00	300
Garcom1.ScheduledUtilization	.30397	.00237	.15129	.35864	300
Garcom2.NumberSeized	329.60	2.5696	162.00	390.00	300
Garcom2.ScheduledUtilization	.30397	.00237	.15129	.35864	300
Garcom3.NumberSeized	329.60	2.5696	162.00	390.00	300
Garcom3.ScheduledUtilization	.30397	.00237	.15129	.35864	300
Garcom4.NumberSeized	329.60	2.5696	162.00	390.00	300
Garcom4.ScheduledUtilization	.30397	.00237	.15129	.35864	300
Garcom5.NumberSeized	329.60	2.5696	162.00	390.00	300
Garcom5.ScheduledUtilization	.30397	.00237	.15129	.35864	300
Garcom6.NumberSeized	329.60	2.5696	162.00	390.00	300
Garcom6.ScheduledUtilization	.30397	.00237	.15129	.35864	300
Garcom7.NumberSeized	329.60	2.5696	162.00	390.00	300
Garcom7.ScheduledUtilization	.30397	.00237	.15129	.35864	300
Garcom8.NumberSeized	329.60	2.5696	162.00	390.00	300
Garcom8.ScheduledUtilization	.30397	.00237	.15129	.35864	300
Garcom9.NumberSeized	329.60	2.5696	162.00	390.00	300
Garcom9.ScheduledUtilization	.30397	.00237	.15129	.35864	300
ChurrasqueiroChefe.NumberSeized	16.356	.33712	6.0000	22.000	300
ChurrasqueiroChefe.ScheduledUtilization	.80777	.01612	.36590	1.0000	300
GarcomMassas.NumberSeized	19.906	.44003	8.0000	28.000	300
GarcomMassas.ScheduledUtilization	.76855	.01718	.34745	1.0000	300
Cadeira.NumberSeized	356.70	2.3946	126.00	391.00	300
Cadeira.ScheduledUtilization	.89686	.00676	.19617	.99878	300
GarcomPratos1.NumberSeized	336.00	2.2603	142.00	374.00	300
GarcomPratos1.ScheduledUtilization	.33438	.00238	.12740	.37421	300
OperadorCaixa2.NumberSeized	313.41	2.5435	27.000	348.00	300
OperadorCaixa2.ScheduledUtilization	.95929	.00738	.07707	1.0000	300
Cadeira 2.NumberSeized	356.70	2.3946	126.00	391.00	300
Cadeira 2.ScheduledUtilization	.89686	.00676	.19617	.99878	300
Cadeira 3.NumberSeized	356.70	2.3946	126.00	391.00	300
Cadeira 3.ScheduledUtilization	.44843	.00338	.09809	.49939	300
Garcom10.NumberSeized	329.60	2.5696	162.00	390.00	300
Garcom10.ScheduledUtilization	.30397	.00237	.15129	.35864	300
Churrasqueiro1.NumberSeized	273.20	1.8855	117.00	310.00	300
Churrasqueiro1.ScheduledUtilization	.93100	.00648	.39523	1.0000	300
System.NumberOut	312.98	2.5805	25.000	348.00	300

## APÊNDICE V – Resultados obtidos através do *software* ARENA, Tempos das filas e quantidade de pessoas nas filas

A seguir são apresentados os Resultados obtidos através do *software* ARENA, Tempos das filas.

	Média	Desvio Padrão	Minimo	Máximo	Replicações
Tempo de fila no caixa (Segundos)	218s	12.6s	34.3s	585s	300
Tempo de fila no caixa (Minutos)	3.63min	0,21min	0,57min	5min	300
Tempo de fila da carne na chapa (Segundos)	283s	24,67s	15.2s	1.260s	300
Tempo de fila da carne na chapa (Minutos)	4.71min	0,41min	0,25min	35min	300
Tempo de fila no churrasco (Segundos)	272,51s	1,91s	113s	309s	300
Tempo de fila no churrasco (Minutos)	4,54min	0,03min	1,88min	5,15min	300
Tempo de fila na Guarnição (Segundos)	0s	0s	0s	0s	300
Tempo de fila na Guarnição (Minutos)	0min	0min	0min	0min	300
Tempo de fila das balanças (Segundos)	4,31s	1,01s	0s	49,22s	300
Tempo de fila das balanças (Minutos)	0,07min	0,016min	0min	0,82min	300
Tempo de fila salada e sobremesa (Segundos)	16,6s	0,29s	6,67s	29,1s	300
Tempo de fila salada e sobremesa (Minutos)	0,27min	0,0048min	0,11min	0,48min	300
Tempo de fila massa (Segundos)	187s	15,1s	44.7s	912s	300
Tempo de fila massa (Minutos)	3.11min	0,25min	0,74min	15,2min	300

Resultados obtidos através do *software* ARENA, Tempos das filas

A seguir são apresentados os Resultados obtidos através do *software* ARENA, quantidade de pessoas nas filas do churrasco.

	Média	Desvio Padrão	Minimo	Máximo	Replicações
Qtd de Pessoas no churrasco	4,53	0,98	0	24,54	300

Resultados obtidos através do *software* ARENA, quantidade de pessoas nas filas do churrasco

A seguir são apresentados os Resultados obtidos através do *software* ARENA, quantidade de pessoas nas filas da guarnição.

	Média	Desvio Padrão	Minimo	Máximo	Replicações
Qtd de Pessoas na guarnição	0	0	0	0	300

Resultados obtidos através do *software* ARENA, quantidade de pessoas nas filas da guarnição

A seguir são apresentados os Resultados obtidos através do *software* ARENA, quantidade de pessoas nas filas da balança.

	Média	Desvio Padrão	Minimo	Máximo	Replicações
Qtd de Pessoas na balança	0,34	0,12	0	6,33	300

Resultados obtidos através do *software* ARENA, quantidade de pessoas nas filas da balança

A seguir são apresentados os Resultados obtidos através do *software* ARENA, quantidade de pessoas nas filas do caixa.

	Média	Desvio Padrão	Minimo	Máximo	Replicações
Qtd de Pessoas no caixa	19	0,87605	4,3	46	300

Resultados obtidos através do *software* ARENA, quantidade de pessoas nas filas do caixa

A seguir são apresentados os Resultados obtidos através do *software* ARENA, quantidade de pessoas nas filas da massa.

	Média	Desvio Padrão	Minimo	Máximo	Replicações
Qtd de Pessoas na massa	0,87497	0,08754	0,14534	5,3441	300

Resultados obtidos através do *software* ARENA, quantidade de pessoas nas filas da massa

A seguir são apresentados os Resultados obtidos através do *software* ARENA, quantidade de pessoas nas filas na carne na chapa.

	Média	Desvio Padrão	Minimo	Máximo	Replicações
Qtd de Pessoas na carne na chapa	1,1126	0,925	0	5,3946	300

Resultados obtidos através do *software* ARENA, quantidade de pessoas nas filas da carne na chapa

A seguir são apresentados os Resultados obtidos através do *software* ARENA, quantidade de pessoas nas filas da salada sobremesa.

	Média	Desvio Padrão	Minimo	Máximo	Replicações
Qtd de Pessoas na carne na chapa	0,0954	0,8365	0	3	300

Resultados obtidos através do *software* ARENA, quantidade de pessoas nas filas da salada sobremesa

## APÊNDICE VI – Tempos de movimentação do restaurante *self-service*

A seguir são apresentados os tempos de movimentação do restaurante *self-service*.

Tempo de Movimentação pratos para massas, saladas ou sobremesas (segundos)	
4	
5	
5	
4	
4	
4	
5	
4	
5	
5	
4	
3	
5	
4	
6	
6	
5	
3	
5	
5	
4	
3	
5	
6	
4	
4	
5	
4	
5	
5	
5	

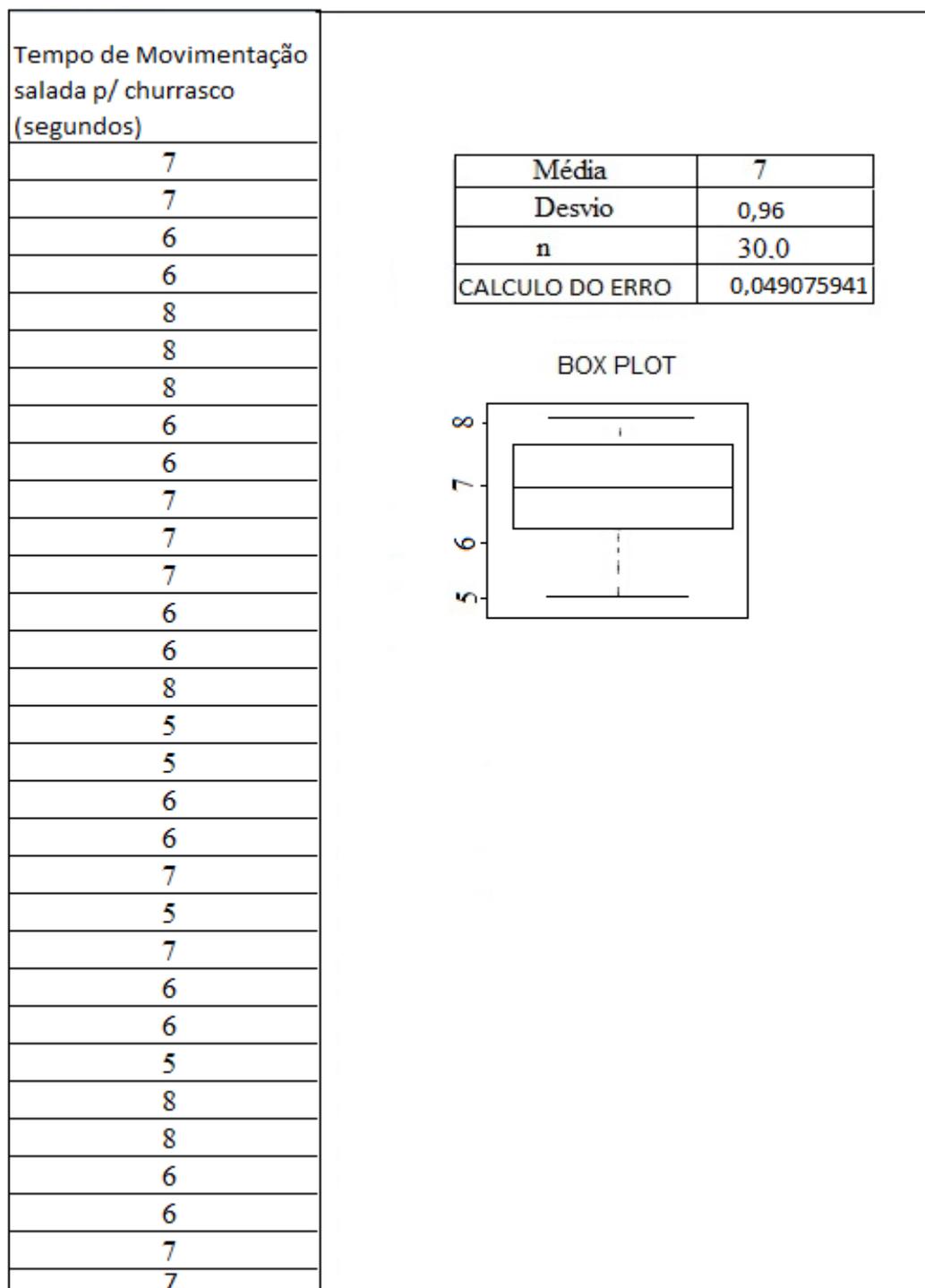
Média	5
Desvio padrão	0,8
n	30
CALCULO DO ERRO	0,057255265

BOX PLOT

The box plot displays the distribution of movement times. The vertical axis is labeled from 3 to 6. The box represents the interquartile range (IQR) from approximately 4.2 to 5.6. A horizontal line inside the box indicates the median at 5. Whiskers extend from the box to the minimum value of 3 and the maximum value of 6. A single outlier is plotted at the value 6.

Tempos de movimentação do restaurante *self-service*

Tempos de movimentação do restaurante *self-service*

Tempo de Movimentação salada p/ Carne na Chapa (segundos)
9
9
9
8
8
9
8
10
8
9
7
7
9
8
8
10
8
9
9
7
9
10
9
8
8
10
8
9
8
9
9

CALCULO DO ERRO	0,033398904
Média	9
Desvio	0,84
n	30,0

BOX PLOT

Tempos de movimentação do restaurante *self-service*

Tempo de Movimentação Churrasco p guarnições (segundos)	
6	
7	
7	
6	
6	
7	
6	
7	
7	
6	
6	
7	
8	
6	
6	
8	
6	
8	
7	
5	
5	
7	
7	
5	
6	
7	
6	
7	
7	
6	
7	

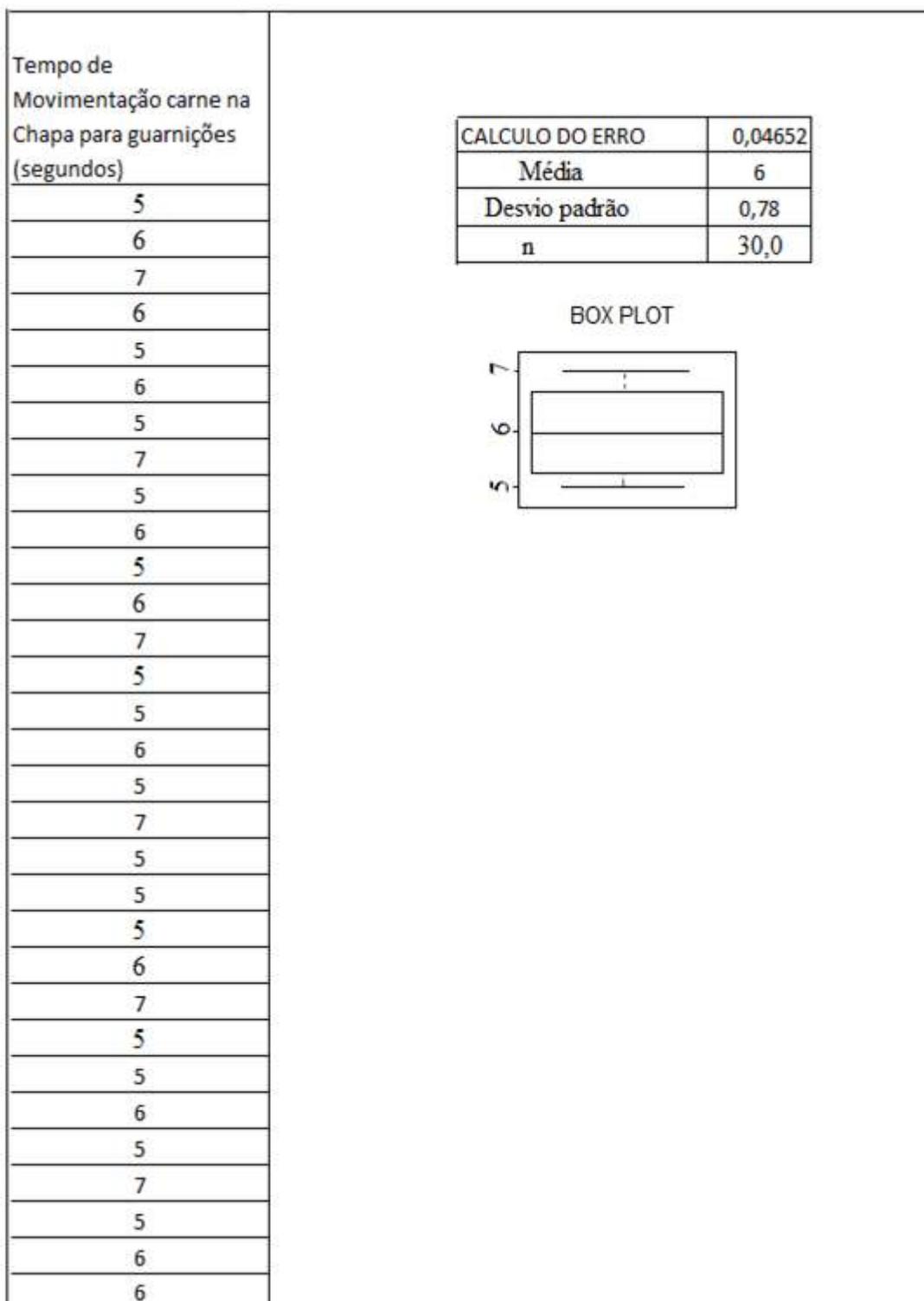
CALCULO DO ERRO	0,041407825
Média	7
Desvio	0,81
n	30,0

BOX PLOT

The box plot displays the distribution of movement times. The vertical axis is labeled from 5 to 8. The box represents the interquartile range (IQR) from approximately 6.2 to 7.6. A horizontal line inside the box at 7.0 indicates the median. Whiskers extend from the box to the minimum value of 5 and the maximum value of 8. Dashed vertical lines extend from the box edges to the whisker ends, showing the full range of the data.

Tempos de movimentação do restaurante *self-service*

Tempos de movimentação do restaurante *self-service*

Tempo de Movimentação guarnições para balança (segundos)	
10	
15	
10	
16	
15	
16	
16	
10	
15	
10	
10	
15	
10	
16	
14	
16	
14	
10	
15	
10	
10	
14	
10	
16	
15	
16	
16	
10	
15	
10	
13	

CALCULO DO ERRO	0,072945
Média	13
Desvio padrão	2,65
n	30,0

The box plot displays the distribution of movement times. The vertical axis is labeled from 10 to 16 in increments of 1. The box represents the interquartile range (IQR) from approximately 10 to 16. A horizontal line inside the box indicates the median at approximately 13. Whiskers extend from the box to the minimum value of 10 and the maximum value of 16. A single outlier is plotted at the value 13.

Tempos de movimentação do restaurante *self-service*



Tempo de Movimentação Churrasco para balança (segundos)	
12	
14	
12	
14	
14	
12	
14	
12	
14	
14	
12	
13	
12	
13	
14	
12	
13	
12	
13	
14	
12	
14	
12	
14	
14	
12	
13	
12	
14	
14	
13	

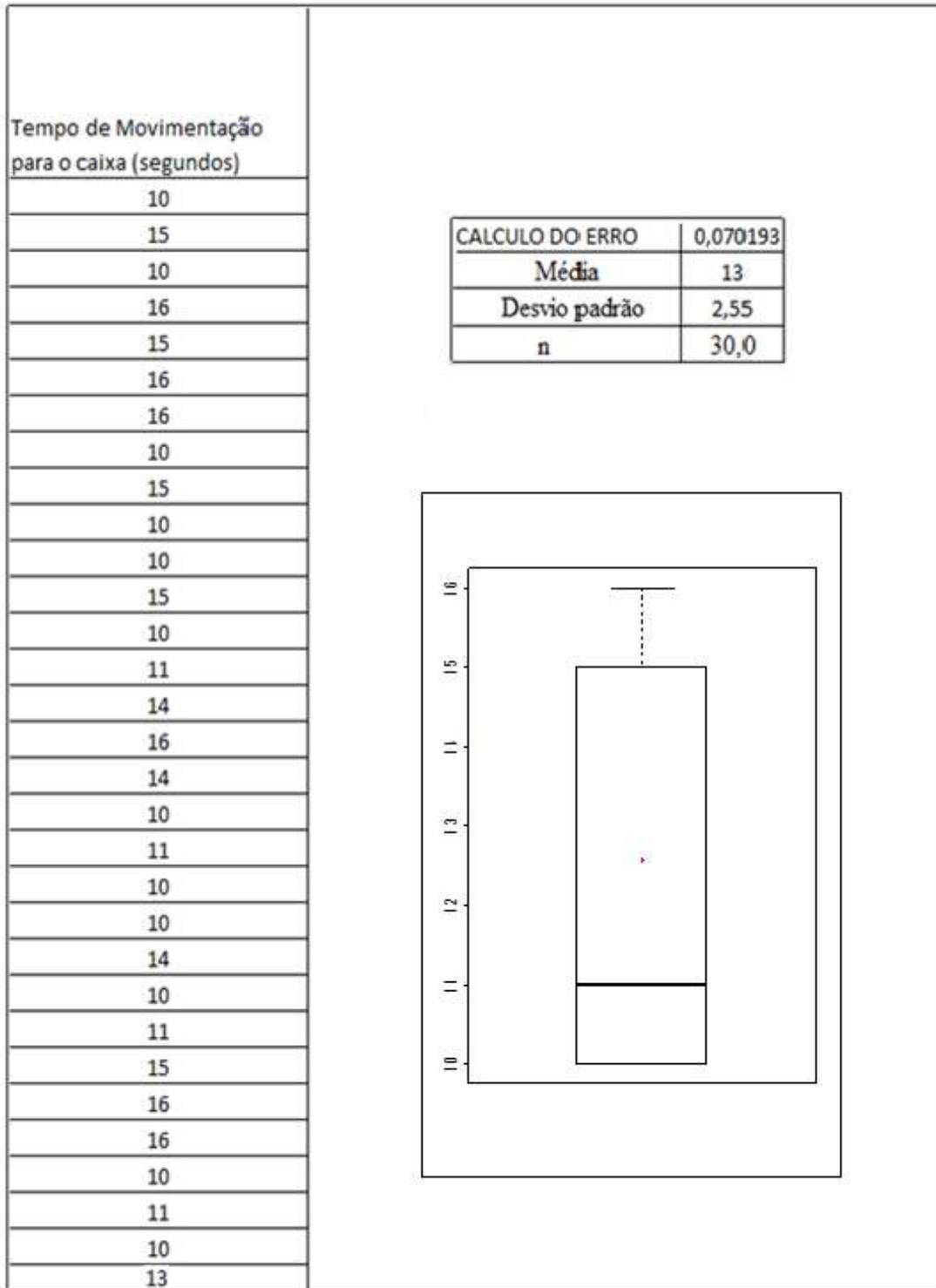
CALCULO DO ERRO	0,025049
Média	13
Desvio padrão	0,91
n	30,0

BOX PLOT

The box plot displays the distribution of movement times. The vertical axis is marked with values 12, 13, and 14. The box represents the interquartile range (IQR) from approximately 12.5 to 13.5, with a horizontal line indicating the median at 13. Whiskers extend from the box to the minimum value of 12 and the maximum value of 14.

Tempos de movimentação do restaurante *self-service*

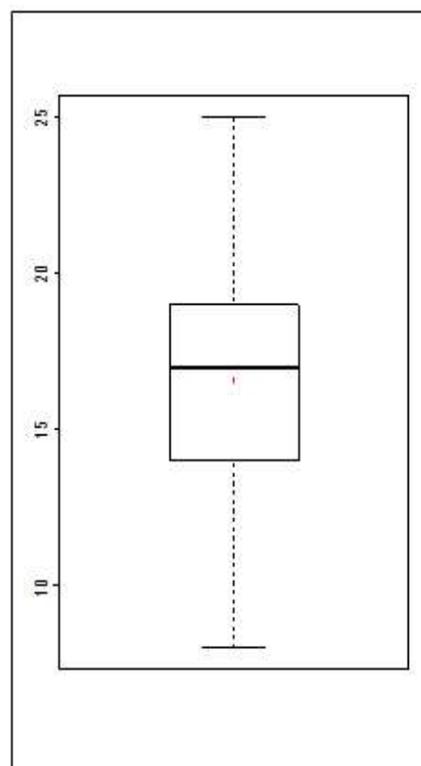
Tempos de movimentação do restaurante *self-service*

### APÊNDICE VII – Tempos de servir salada do restaurante *self-service*

A seguir são apresentados os tempos de servir salada do restaurante *self-service*.

Tempo de servir salada em segundos	
18	14
17	13
21	23
14	14
21	17
8	13
17	25
14	13
18	16
20	18
17	15
23	22
12	22
21	16
18	18
17	21
17	11
21	14
16	20
22	17
16	14
15	10
18	10
9	16
21	17
15	15
17	11
19	19
17	15
16	9
15	18
13	16
18	18
22	15
20	10
18	16
19	19
18	13
14	11
19	14
21	17
12	12
17	19
16	20
19	16
19	15
12	16
18	15
12	25
19	19
20	17
12	11
17	15
19	20
16	22
24	13
20	16
15	20
13	18
14	15

Média	16,6
Desvio padrão	3,4
n	120
CALCULO DO ERRO	0,03696



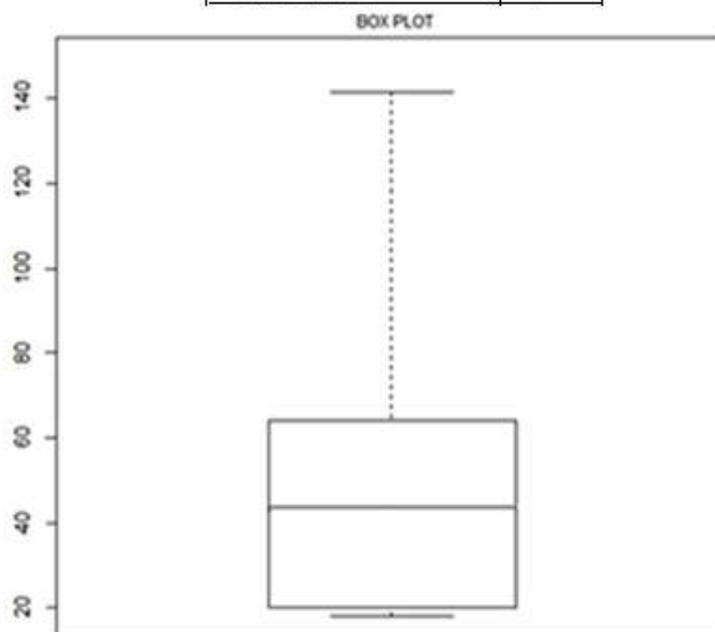
Tempos de servir salada do restaurante *self-service*

### APÊNDICE VIII – Tempos de servir churrasco do restaurante *self-service*

A seguir são apresentados os tempos de servir churrasco do restaurante *self-service*.

70	140	20	50
40	46	58	20
130	89	18	36
25	65	50	63
29	30	20	20
20	93	50	63
66	60	18	18
20	98	59	27
78	20	64	32
110	74	60	20
66	30	46	64
18	120	88	80
77	30	98	46
20	46	18	19
18	64	16	46
66	30	50	61
18	74	18	50
26	88	66	20
60	98	18	30
22	27	20	46
46	46	30	18
27	18	93	20
28	30	18	50
97	50	36	80
18	93	93	20
20	80	29	18
46	50	18	80
50	20	66	63
18	30	30	30
46	82	20	18
18	18	18	27
20	30	66	31
150	94	18	20
74	18	77	18
46	30	90	30
30	80	74	95
18	30	46	20
30	59	50	63
27	64	28	20
38	90	18	30
80	74	39	50
30	88	98	30
31	98	18	20
53	46	20	38
46	18	74	31
30	30	50	64

Média	46,4
Desvio	27,6
n	212
CALCULO DO ERRO	0,0800



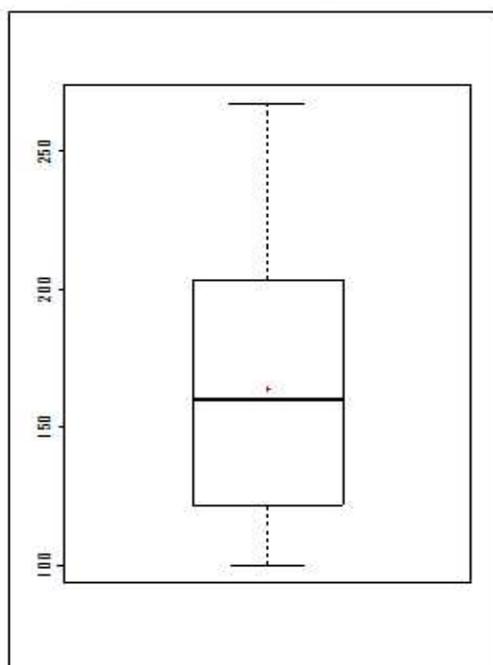
Tempos de servir churrasco do restaurante *self-service*

## APÊNDICE IX – Tempos de servir massas do restaurante *self-service*

A seguir são apresentados os tempos de servir massas do restaurante *self-service*.

Tempo de servir massas em segundos			
189	210	124	140
240	140	100	130
185	100	116	189
120	135	150	165
150	131	226	211
110	237	120	193
220	215	150	177
204	109	110	198
209	100	100	194
110	125	204	174
218	151	209	100
130	214	100	214
229	165	238	130
220	210	130	196
137	226	229	164
110	129	100	204
157	145	180	174
126	122	115	188
100	231	166	198
125	109	135	211
218	121	160	110
110	102	120	218
149	112	195	138
160	204	133	150
239	113	109	193
110	209	100	120
214	126	150	160
233	100	109	150
122	124	190	118
150	235	120	208
119	206	140	196
102	191	177	210
100	140	100	150
191	150	130	221
178	130	166	146
182	240	118	109
170	211	203	160
180	100	180	211
134	166	267	217
193	140	100	174
108	178	235	180
168	207	210	150
200	166	197	120
155	218	118	135
		109	182
		198	118
		164	140
		130	194
		100	218
		220	209
		158	180
		218	520
		234	159
		120	239
		233	190
		118	174
		159	188
		164	198
		220	146
		146	218
		102	120
		198	200

Média	164
Desvio padrão	44,1
n	212
CALCULO DO ERRO	0,036253

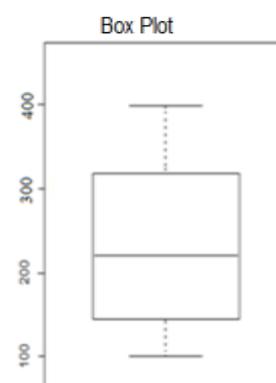


Tempos de servir massas do restaurante *self-service*

## APÊNDICE X – Tempos de servir guarnições do restaurante *self-service*

A seguir são apresentados os tempos de servir guarnições do restaurante *self-service*.

Tempo de servir guarnições em segundos	330	250
100	260	280
200	290	120
170	235	160
130	138	165
190	235	180
180	180	234
240	80	200
232	195	224
160	120	250
232	140	
140	110	
150	100	
190	90	
170	235	
170	190	
280	330	
120	235	
160	340	
165	310	
180	160	
234	260	
170	200	
200	135	
80	250	
300	250	
321	125	
342	235	
200	136	
300	272	
250	310	
225	235	
218	250	
365	240	
321	290	
260	346	
220	311	
235	250	
220	210	
225	227	
235	321	
336	220	
272	100	
190	120	
190	227	



Média	216,0
Desvio padrão	68,4
n	99
CALCULO DO ERRO	0,062356

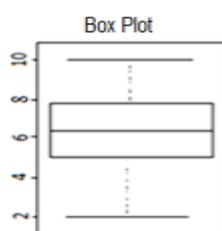
Tempos de servir guarnições do restaurante *self-service*

### APÊNDICE XI – Tempos de atendimento das balanças do restaurante *self-service*

A seguir são apresentados os tempos de atendimento das balanças do restaurante *self-service*.

Tempo das balanças em segundos			
6	6	4	4
5	5	5	7
8	5	4	8
4	4	4	10
6	7	6	3
6	8	4	5
5	10	6	8
5	6	6	4
4	5	10	5
7	8	5	5
8	4	7	7
10	5	6	8
5	5	4	4
4	7	4	10
7	10	5	6
8	4	5	5
5	6	4	5
6	6	8	4
6	7	4	
5	6	10	
6	6	5	
6	5	10	
5	5	2	
5	4	6	
10	7	10	
7	8	7	
8	10	10	

Média	6,11
Desvio	1,9
n	99
CALCULO DO ERRO	0,062784



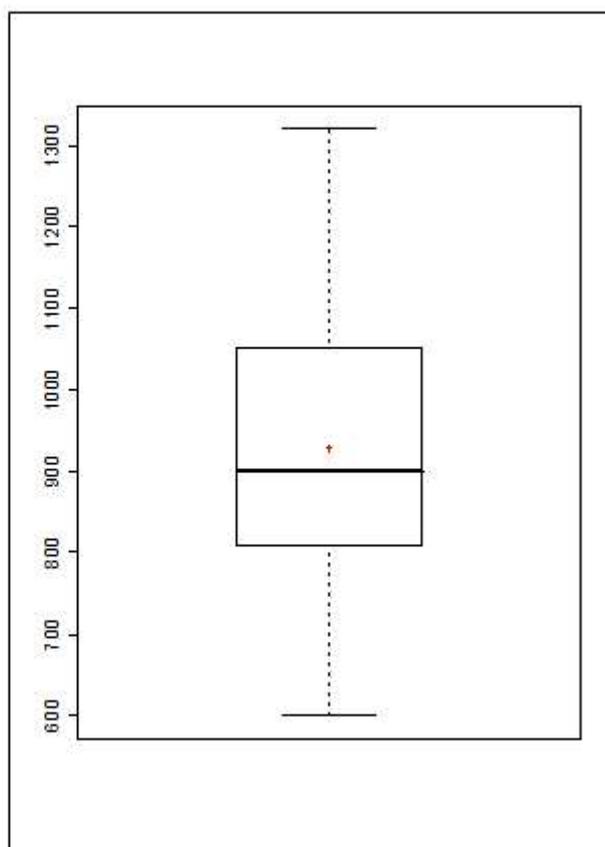
Tempos de atendimento das balanças do restaurante *self-service*

## APÊNDICE XII – Tempos para almoçar do restaurante *self-service*

A seguir são apresentados os tempos para almoçar do restaurante *self-service*.

Tempo para almoçar em segundos
1260
840
960
720
720
1020
900
1080
780
1020
600
1080
960
840
1320
780
660
840
1020
780
1140
1200
960
900
960
900
1140
1080
900
840
600

Média	929,0
Desvio Padrão	183
n	31
CALCULO DO ERRO	0,069176



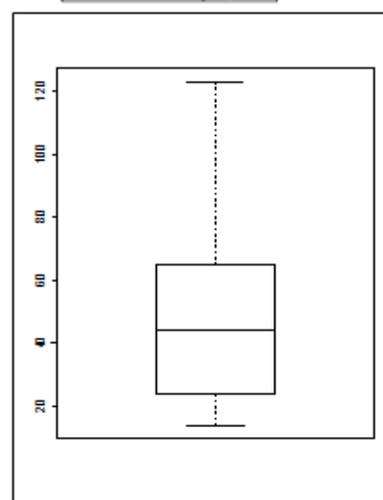
Tempos para almoçar no restaurante *self-service*

### APÊNDICE XIII – Tempos de atendimento dos caixas do restaurante *self-service*

A seguir são apresentados os tempos de atendimento dos caixas do restaurante *self-service*.

Tempo de atendimento dos caixas em segundos	110	56
44	14	110
14	66	63
16	43	96
42	96	48
60	80	31
68	64	68
65	42	44
44	14	48
53	80	14
80	36	49
14	105	60
35	62	28
88	96	120
52	48	105
48	14	44
14	54	96
80	65	38
65	70	110
120	96	109
80	44	88
49	43	14
58	80	105
88	19	80
14	105	27
53	15	120
80	43	25
16	80	56
32	14	23
33	120	109
50	25	49
32	17	28
19	34	130
18	64	26
25	43	47
64	16	51
32	52	80
59	49	29
110	14	120
65	42	44
25	19	43
29	35	15
48	16	14
19	18	123
28	35	36
14	42	80
48	19	25
18	52	42
80	70	48
14	31	109
70	50	18
36	42	16
57	51	28
80	23	
43	35	
35	14	
28	50	
14	14	
55	29	
70	88	
15	14	
48	48	
16	15	
18	18	
25	88	
15	120	
120	60	
32	16	
44	44	
42	31	
60	49	
19	15	
15	110	

Média	49,2
Desvio	30,8
n	212
CALCULO DO ERRO	0,08414



Tempos de atendimento dos caixas do restaurante *self-service*