

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Bacharelado em Engenharia de Produção

Leandro Henrique Melo de Carvalho

Luiz Henrique Santos

Victor Rodrigo Guedes Camargos

**APLICAÇÃO DA MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS EM UMA
INSTITUIÇÃO FINANCEIRA**

Belo Horizonte

2014

Leandro Henrique Melo de Carvalho
Luiz Henrique Santos
Victor Rodrigo Guedes Camargos

**APLICAÇÃO DA MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS EM UMA
INSTITUIÇÃO FINANCEIRA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia de Produção da
Pontifícia Universidade Católica de Minas
Gerais, como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Maria Aparecida Fernandes
Almeida

Belo Horizonte
2014

Leandro Henrique Melo de Carvalho
Luiz Henrique Santos
Victor Rodrigo Guedes Camargos

**APLICAÇÃO DA MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS EM UMA
INSTITUIÇÃO FINANCEIRA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia de Produção da
Pontifícia Universidade Católica de Minas
Gerais, como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Maria Aparecida Fernandes
Almeida

Prof.^a Maria Aparecida Fernandes Almeida, Dra. – PUC Minas

Prof. José Luiz Silva Ribeiro, Dr. – PUC Minas

Prof. Renato Moreira Hadad, Dr. – PUC Minas

Belo Horizonte, 3 de junho de 2014.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus pela sabedoria e oportunidade que nos foi dada, mesmo diante de todas as dificuldades, mantemos a esperança para superar todos os obstáculos, sempre acreditando que a vitória chegaria.

Aos nossos professores, mestres de qualidade que nos ensinou, motivou, incentivou a como trilhar um caminho brilhante, capaz de colocar tudo em prática no mercado de trabalho, procurando sempre agir de forma responsável e respeitosa. Em especial a nossa orientadora Maria Aparecida Fernandes Almeida, pela dedicação e paciência diante das nossas inseguranças e dificuldades.

Aos colegas de trabalho, pela compreensão do momento pelo qual passamos, por nos apoiar e permitir-nos, mesmo que o momento não fosse o ideal, a trilhar esse caminho.

As pessoas mais importantes de nossas vidas, a nossa família, sempre otimistas, prestativos e atenciosos, para eles que buscamos vencer essa batalha, são dignos de todo nosso esforço ao longo desses anos.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo, através do estudo de caso de modelagem e simulação, tratar sobre a espera nas filas para o atendimento em uma agência bancária. Por meio deste pretende-se sanar algumas dúvidas e oferecer possíveis alternativas para: o redimensionamento e o número ideal de servidores em cada posto de trabalho, além de identificar períodos críticos e a influência do atual *layout* para o atendimento. Para garantir maior confiabilidade da simulação, foram feitas coletas de dados por um período de tempo representativo, para que o sistema fosse simulado da mesma forma como é a realidade. Entretanto várias situações serão criadas a partir do software Arena, até que se encontre uma solução significativa, observando a redução de clientes atendidos fora dos limites de especificação, as necessidades e viabilidade do processo.

Palavras-chave: Agência Bancária. Simulação. Atendimento. Melhoria. Redimensionamento. Filas

ABSTRACT

This study aims to, through a case study of modeling and simulation, treat about waiting in lines for the attendance at a bank branch. Through this we intend to address some questions and offer possible alternatives for: resizing, ideal quantity of workers in each station, identify critical periods and service layout. In order to ensure the reliability of the simulation, data collections were made for a significant period of time for the system to be simulated in the same way as is the reality. However various situations will be created from the Arena software, until it is find a meaningful solution, by observing the reduction of clients served outside the specification limits, the needs and viability of the process.

Keywords: Banking Agency. Simulation. Care. Improvement. Resizing. Queues.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação Simplificada do Processo de Modelagem	14
Figura 2: Fases de um Estudo de Pesquisa Operacional	15
Figura 3: Sistema complexo de filas	16
Figura 4: Sistema: Fila + Serviço.....	20
Figura 5: Disciplinas FIFO e LIFO	21
Figura 6: Passos em um Estudo envolvendo Modelagem e Simulação	23
Figura 7: Planejamento do Projeto	29
Figura 8: Fluxograma Agência Bancária	31
Figura 9: Fluxograma de Atendimento Setor da Bateria de Caixa.....	34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Dados Obtidos Input Analyzer – Tempo de Atendimento	38
Gráfico 2: Taxa de Chegada por Faixa de Horário – Preferencial	41
Gráfico 3: Taxa de Chegada por Faixa de Horário – Convencional	43
Gráfico 4: Taxa Média de Atendimento Preferencial	45
Gráfico 5: Taxa Média de Atendimento Convencional	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Testes de Aderência da Distribuição Tempo de Atendimento	39
Tabela 2: Resumo da Distribuição Tempo de Atendimento	39
Tabela 3: Taxa de Chegada Clientes Preferenciais	41
Tabela 4: Processo de Chegada dos Clientes Preferenciais	42
Tabela 5: Teste de Aderência da Distribuição Chegada Clientes Preferenciais.	42
Tabela 6: Taxa de Chegada Clientes Convencionais	43
Tabela 7: Processo de Chegada Clientes Convencionais	44
Tabela 8: Atendimento Clientes Preferenciais	45
Tabela 9: Taxa Média de Atendimentos Clientes Preferenciais	46
Tabela 10: Teste de Aderência da Distribuição Taxa média de Atendimento Clientes Preferenciais	46
Tabela 11: Atendimento Clientes Convencionais	47
Tabela 12: Processo de Atendimento Clientes Convencionais	48
Tabela 13: Teste de Aderência da Distribuição Taxa média de Atendimento Clientes Convencionais.....	48
Tabela 14: Medidas de desempenho com 8 atendentes	49
Tabela 15: Servidores necessários para estado estacionário	50
Tabela 16: Cenário 1	51
Tabela 17: Cenário 2	52
Tabela 18: Cenário 3: De 10: 00 às 11:00 horas - Simulação com 7 Servidores ...	53
Tabela 19: Cenário 3 De 10: 00 às 11:00 horas - Simulação com 8 Servidores	53
Tabela 20: Cenário 3: De 14: 00 às 15:00 horas - Simulação com 6 Servidores ...	54
Tabela 21: Cenário 3: De 14: 00 às 15:00 horas - Simulação com 7 Servidores ...	54
Tabela 22: Cenário 3: De 15: 00 às 16:00 horas - Simulação com 6 Servidores ...	55
Tabela 23: Cenário 3: De 15: 00 às 16:00 horas - Simulação com 7 Servidores ...	55
Tabela 24: Resumo dos Cenários Analisados	57
Tabela 25: Custos de implementação das mudanças	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Justificativa	10
1.2 Objetivos	11
1.2.1 <i>Objetivo Geral</i>	12
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 Pesquisa Operacional	13
2.2 Teoria das Filas	15
2.2.1 <i>Notação</i>	17
2.2.2 <i>Modelos de Filas de Espera</i>	18
2.2.3 <i>Estrutura de um Sistema de Filas</i>	19
2.2.4 <i>Disciplina de um Sistema de Filas</i>	20
2.3 Modelagem e Simulação de Sistemas	21
3 METODOLOGIA	26
3.1 Caracterização da Pesquisa	26
4 ESTUDO DE CASO	28
4.1 A Empresa	28
4.2 Plano de Simulação	28
4.2.1 <i>Formulação e Análise do Problema</i>	28
4.2.2 <i>Planejamento do Projeto</i>	29
4.2.3 <i>Formulação do Modelo Convencional</i>	31
4.2.4 <i>Coleta de Dados</i>	32
4.2.4.1 <u>Identificação de Outliers</u>	33
4.2.5 <i>Tradução do Modelo</i>	33
4.2.6 <i>Verificação e Validação</i>	34
4.2.6.1 <u>Testes Estatísticos para a Uniformidade</u>	36
4.2.7 <i>Projeto Experimental Final</i>	37
4.2.7.1 <u>Exposição Gráfica da Amostra</u>	37
4.2.7.2 <u>Testes de Aderência no ARENA</u>	38
4.2.8 <i>Experimentação</i>	40
4.2.8.1 <u>Tratamento da Amostra</u>	40
4.2.8.1.1 <u>Processo de Chegadas</u>	41
4.2.8.1.2 <u>Processo de Atendimento</u>	44
4.2.9 <i>Interpretação e Análise dos Resultados</i>	49
4.2.10 <i>Comparação dos Sistemas das Melhores Soluções</i>	55
5 CONCLUSÃO	59
BIBLIOGRAFIA	60

1 INTRODUÇÃO

A nova realidade do mercado, o grau de competitividade, a globalização da economia e as oportunidades requerem das grandes empresas a necessidade de modernizar o setor produtivo, procurando reduzir custos e atender melhor os clientes, nas instituições financeiras isso não é diferente.

O desempenho do setor bancário está relacionado às significativas mudanças que ocorreram no final dos anos 80 com o surgimento do primeiro acordo de Basiléia, segundo a Federação Brasileira de Bancos – FEBRABAN, que buscava remodelar a dinâmica de trabalho das instituições financeiras, obrigando-as a adequação dos parâmetros estabelecidos mundialmente.

Com o aumento da concorrência entre as instituições financeiras e a fiscalização cada vez mais evoluída, eficiente e presente, a busca da qualidade no setor bancário passa a ser definida em termos de percepção dos clientes, vantagens competitivas, melhoria de lucratividade através da diminuição dos custos de produção. E a técnica de simulação de sistemas orientada por softwares ganha cada vez mais espaço dentro dessas organizações por possibilitar alternativas de modelagens antes das modificações serem efetivadas. Isso ganha destaque, pois evita que grandes investimentos sejam desperdiçados em uma tentativa inicial sem qualquer estrutura.

A possibilidade de simular e modelar o atendimento bancário permite identificar onde ocorrem situações que exigem mais atenção na busca por melhorias, seja na implantação de uma nova tecnologia, na compra de um equipamento, na contratação de mais mão-de-obra ou mesmo na mudança de *layout*.

Portanto, através da utilização do software tem-se a possibilidade de se identificar os impactos negativos diante do sistema de atendimento atual, dando oportunidade de simular melhorias sem a necessidade de se interromper as filas de atendimento.

1.1 Justificativa

Em um plano econômico voltado para competitividade, ocorreu uma redução significativa no número de instituições financeiras no mercado brasileiro, seja pelo fechamento, fusão ou união dessas organizações, a concorrência entre os bancos permanentes ganha proporções contrárias.

Todas as instituições financeiras trabalham de forma parecida, através das operações de *floating* (trata-se da receita proporcionada pela retenção da liquidez de uma das partes, no caso a instituição financeira, por parte da outra, o cliente, em benefício próprio por um período de tempo) e elevados *spread* (trata-se da diferença entre o que as instituições financeiras pagam em uma captação de recursos, e o que é cobrado ao conceder um empréstimo), destacam-se umas das outras por múltiplos fatores como a diversidade das operações de crédito, abrangência, taxas de juros, aplicativos (softwares como internet banking).

Através dessa análise de mercado, em que se encontra a agência bancária ALFA, foi feito um estudo com a necessidade de se entender o processo do atendimento da agência, com o intuito de propor melhorias a um setor que ganha cada vez mais importância na decisão de escolha de um cliente potencial.

Tendo em vista o foco no modelo atual de atendimento da agência, é necessário identificar quais os possíveis gargalos que ocasionavam a demora do atendimento e qual a relação de impacto que o layout apresenta na situação real. A partir desse princípio, foi conduzido o estudo a fim de buscar alternativas para otimizar o processo.

Contudo, a possibilidade de se utilizar as técnicas de modelagem e simulação através de um software permitiu identificar possíveis variáveis que afetam negativamente o atendimento e organização da agência bancária. O modelo de estudo foi pautado também por outras ferramentas na área de projeto de fábrica, como elaboração e viabilidade de um novo *layout* e na pesquisa operacional.

1.2 Objetivos

A seguir serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho a serem alcançados.

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar a relação dos possíveis problemas de atendimento e organização dos servidores que afetam o cliente de uma agência bancária, empregando ferramentas de modelagem e simulação de sistemas para avaliar a melhor alternativa com intuito de reduzir ou mesmo eliminar os gargalos, tendo como base o uso do software de simulação ARENA.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para atender o objetivo geral deste trabalho foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Elaborar uma revisão teórica e bibliográfica sobre modelagem e simulação;
- b) Realizar a coleta de dados sobre o funcionamento real do atendimento;
- c) Utilizar o estudo de teoria das filas e os conceitos de modelagem e simulação de sistemas para auxílio na tomada de decisões;
- d) Elaborar alternativas para solucionar o gargalo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A base metodológica do trabalho passa pela ideia principal de simulação, por isso serão apresentados alguns conceitos para sustentar o estudo de caso.

2.1 Pesquisa Operacional

Segundo Andrade (2004) “A pesquisa operacional é definida como a arte de aplicar técnicas de modelagem a problemas de decisão e resolver modelos obtidos através da utilização de métodos matemáticos e estatísticos, visando à obtenção de uma solução ótima, sob uma abordagem sistêmica.”

A pesquisa operacional é uma ferramenta de suma importância para os gestores na tomada de decisões, ainda segundo Andrade ela apresenta duas ideias principais quanto a abordagem da situação analisada, como:

- a) Enfoque clássico: busca da solução ótima;
- b) Enfoque atual: uso do modelo para identificação do problema correto.

Uma das técnicas utilizadas em pesquisa operacional é a simulação. Um modelo de simulação descreve o sistema componente por componente, e evento por evento. Em seguida, o modelo executa o sistema simulado para obter observações estatísticas do desempenho do sistema resultante de diversos eventos gerados aleatoriamente. Esses experimentos estatísticos simulados são, inevitavelmente, realizados em um computador.

Como pode ser observado na figura 1, o sistema real é um conjunto complexo de variáveis, de forma não muito definida. O sistema real reduzido é o núcleo do sistema existente que, basicamente, dita o comportamento deste e que pode ser modelado, para ser efeito de análise, por uma estrutura simplificada.

Figura 1: Representação Simplificada do Processo de Modelagem.



Fonte: ANDRADE, 2004.

De uma forma geral, um trabalho de pesquisa operacional deve desenvolver-se segundo as fases indicadas no fluxograma da figura 2.

O primeiro passo é a definição do problema, a qual baseia-se na descrição exata dos objetivos do estudo, identificação das alternativas de decisão existentes e reconhecimento das limitações, restrições e exigências do sistema.

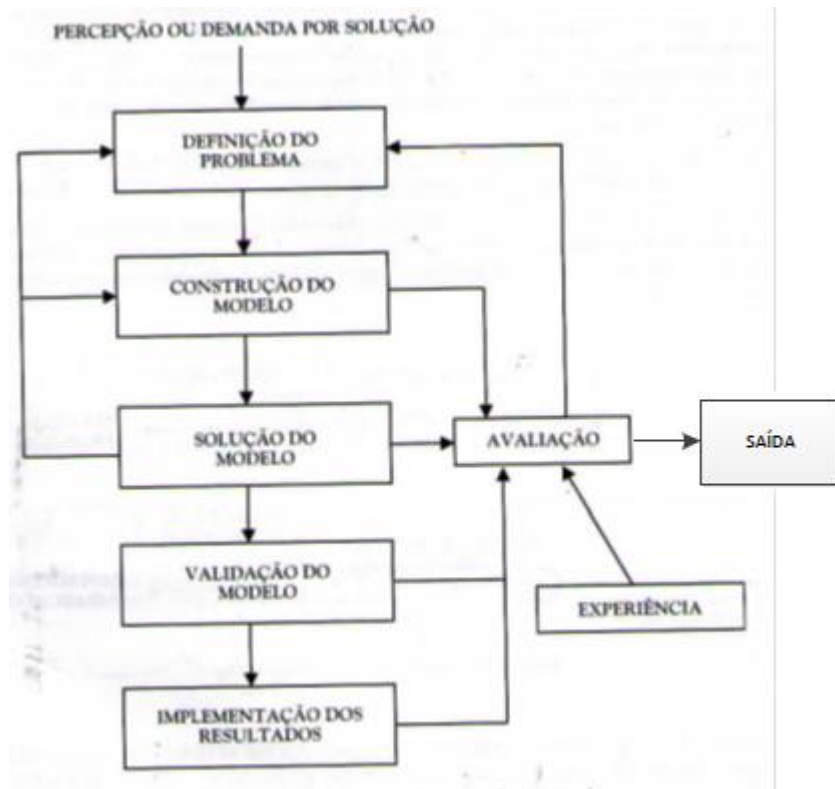
A descrição dos objetivos é a base do processo em estudo, pois a partir dela é que o modelo é concebido. Da mesma forma, é essencial que as alternativas de decisão e as limitações existentes sejam todas explicitadas, para que as soluções obtidas ao final do processo sejam válidas.

A próxima etapa é a construção do modelo, que é fundamental para a qualidade da solução fornecida. Se o modelo elaborado tem a forma de um modelo conhecido, a solução pode ser obtida através de métodos matemáticos convencionais. Por outro lado, se as relações matemáticas são muito complexas, talvez se faça necessária a utilização de combinações de metodologias.

A seguir, vêm a solução do modelo, que tem como objetivo encontrar uma solução para o modelo proposto. Ao contrário das outras fases, que não possuem regras fixas, a solução do modelo é baseada geralmente em técnicas matemáticas existentes.

Por fim, é verificada a validade do modelo. Ele é válido se, levando-se em conta sua inexatidão em representar o sistema, ele for capaz de fornecer uma previsão aceitável do seu comportamento, sendo assim implementado. Caso contrário, o modelo é alterado de forma a conseguir os resultados definidos.

Figura 2: Fases de um Estudo de Pesquisa Operacional



Fonte: Adaptado ANDRADE, 2004.

2.2 Teoria das Filas

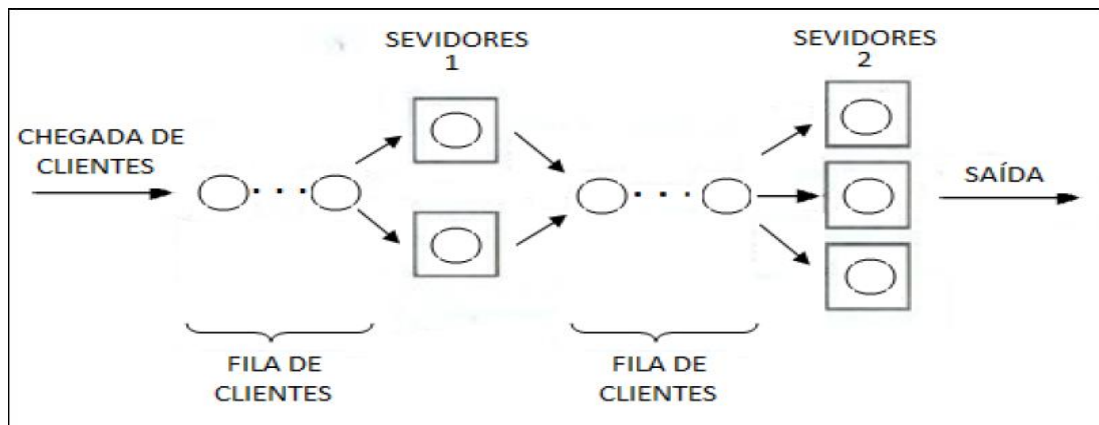
De acordo com Prado (2009) “A abordagem matemática das filas se iniciou no princípio do Século XX (1908) em Copenhague, Dinamarca, com A. K. Erlang, considerado o pai da Teoria das Filas, quando trabalhava em uma companhia telefônica estudando o problema de redimensionamento de centrais telefônicas. Foi somente a partir da segunda guerra mundial que a teoria foi aplicada a outros problemas de fila. Apesar do enorme progresso alcançado pela teoria, inúmeros problemas não são adequadamente resolvidos por causa de complexidades matemáticas.”

Ainda segundo Prado a Teoria das filas é um método analítico que aborda o assunto das filas por meio de fórmulas matemáticas.

De acordo com Fogliatti e Mattos (2007) “A Teoria das Filas consiste na modelagem analítica de processos ou sistemas que resultam em espera e tem como objetivo determinar e avaliar quantidades, denominadas medidas de desempenho, que expressam a produtividade/operacionalidade desses processos[...]”.

Um sistema com fila trata-se de uma situação em que determinados usuários de uma população chegam para receber o atendimento pelo qual esperam, quando existe a possibilidade, saindo logo após do serviço finalizado. Quando a espera acontece significa que a demanda é maior do que a capacidade de atendimento oferecido, em termos de fluxo. A figura 3 demonstra a situação tratada.

Figura 3: Sistema Complexo de Filas



Fonte: ANDRADE, 2004.

Existem alguns parâmetros para o sistema de filas:

- a) Taxa de chegadas;
- b) Tempo entre chegadas sucessivas;
- c) Disciplina (FIFO/FCFS, SIRO, LIFO, prioridades);
- d) Tempos de atendimento;
- e) Capacidade (taxa de atendimento);
- f) Capacidade da fila (finito vs. infinita);
- g) Outros fatores (efeitos de feedback, etc.).

Destacam-se algumas características importantes a serem observadas para se utilizar o sistema de Teoria das Filas:

- a) Processo de chegada: ritmo médio de chegadas e os intervalos de chegadas;
- b) Processo de atendimento: tempo médio de atendimento/processamento no Sistema;
- c) Número de servidores: quantidade de recursos disponíveis para atendimento/processamento;

- d) Disciplina da fila: ordem de atendimento;
- e) Tamanho médio da fila: média do tamanho da fila do sistema;
- f) Tamanho máximo da fila: quantidade máxima de clientes em espera;
- g) Tempo médio de espera na fila: somatório do tempo de atendimento dos clientes que estão sendo processados no sistema.

2.2.1 Notação

A notação de processos de filas mais utilizada atualmente foi proposta por Kendall, em 1953, e é descrita por uma série de símbolos, tais como, $A/B/m/k/M$, onde A indica a distribuição de entre chegadas sucessivas dos clientes, B o padrão de serviço de acordo com uma distribuição de probabilidade para o tempo de serviço, m o número de canais de serviços paralelos (servidores), k a capacidade do sistema e M a disciplina de filas (MOREIRA, 2007). Alguns símbolos padrões para estas características são mostradas no Quadro 1. Por exemplo, a Notação $M/D/2/\infty/FCFS$ indica um processo de filas com tempos entre chegadas exponenciais, tempos de serviço determinísticos, dois servidores paralelos, capacidade ilimitada e disciplina de fila onde quem chega primeiro é atendido antes (First-Come-First-Served ou FIFO).

Quadro1: Notação Kendall

Características	Símbolo	Explicação
Distribuição de Tempo de Interchegada (A) e distribuição de tempo de Serviço (B)	M	Exponencial
	D	Determinístico
	E_k	Tipo k-Erlang ($k = 1, 2, \dots$)
	H_k	Mistura de k exponenciais
	PH	Tipo Fase
	G	Geral
Número Paralelo de Servidores (m)	$1, 2, \dots, \infty$	
Restrição na capacidade do sistema (k)	$1, 2, \dots, \infty$	
Disciplina da fila (M)	FCFS ou FIFO	<i>First Come First Served</i>
	LCFS	<i>Last Come First Served</i>
	RSS	<i>Seleção Aleatória por Serviço</i>
	PR	Prioridade
	GD	Disciplina Geral

Fonte: MOREIRA, 2007

2.2.2 Modelos de fila de espera

Segundo Ritzman (2004), os modelos de filas de espera são utilizados para que o sistema de atendimento possa obter os ganhos com o aumento da eficiência, assim são apresentados três modelos: modelo de atendente único, fonte finita e múltiplos atendentes.

O modelo de atendente único é caracterizado por um único atendente e uma fila única para atendimento dos clientes, pode ser considerado neste modelo as hipóteses de que a população de clientes é infinita, a chegada dos clientes são apresentadas de acordo com uma distribuição de Poisson e por uma média de chegada. O tempo de atendimento é apresentado por uma distribuição exponencial e uma média de serviço. O atendimento dos clientes é feito de acordo com suas chegadas e o comprimento da fila é ilimitado (RITZMAN, 2004).

O modelo de fonte finita segundo Ritzman (2004), é utilizado de acordo com a hipótese de que a população de clientes é finita e que terão N clientes potenciais.

O modelo de múltiplos atendentes apresenta uma única fase onde os clientes formam uma fila única e esperam os atendentes ficarem disponíveis. Este é o foco deste trabalho.

De acordo com Ritzman (2004; p.171), “existem n atendentes idênticos e a distribuição do atendimento para cada atendente é exponencial”.

2.2.3 Estrutura de um Sistema de Filas

Em análises de sistemas de filas espera normalmente desejamos obter informações objetivas sobre a capacidade de serviço que deve ser disponibilizada aos usuários e os custos operacionais envolvidos desde a espera até o atendimento.

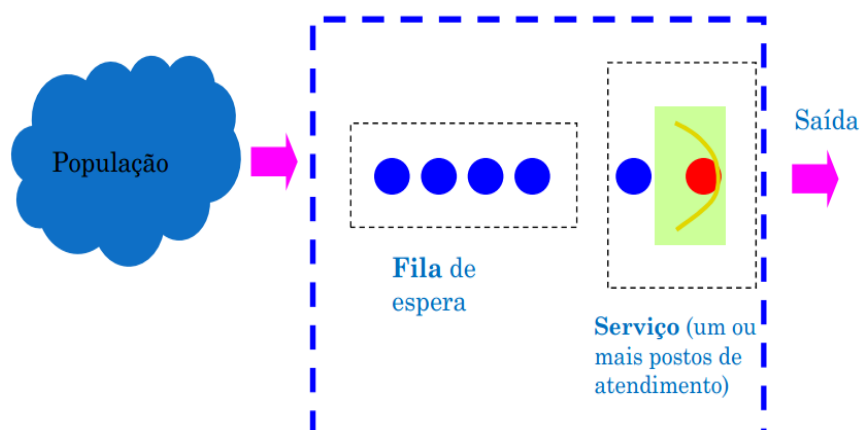
Se por um lado a capacidade de serviço for insuficiente, tempos de espera excessivos podem implicar em custos adicionais por perdas de consumidores e ociosidade da parte de quem espera, enquanto que, por outro lado, oferecer muita capacidade de serviço requer investimentos e pode levar ociosidade ao sistema de atendimento.

A teoria das filas de espera trabalha, portanto, com objetivos conflitantes. Dado um modelo, a principal motivação para seu estudo está na busca de soluções que representem um ponto de equilíbrio entre os conflitos.

A figura 4 resume a estrutura de um sistema de filas, a saber:

- a) População:** Fonte geradora dos clientes que vão chegar ao sistema;
- b) Fila:** Constituída pelos clientes à espera de ser atendidos;
- c) Serviço:** Local de atendimento, que pode ser constituído por um ou mais servidores; Sistema: Fila + serviço;
- d) Dimensão da população:** infinita – quando a probabilidade de ocorrer uma nova chegada não é influenciada pelo número de clientes que já se encontram no sistema; e finita;
- e) Dimensão da chegada:** clientes chegam um a um ou em grupos;
- f) Controle de chegadas:** chegadas controláveis ou incontroláveis;
- g) Distribuição de Chegadas:** constantes – intervalos de tempo entre chegadas sucessivas e fixo; aleatório – os intervalos de tempo entre chegadas sucessivas não podem ser previstos com certeza.

Figura 4 – Sistema: Fila + Serviço



Fonte: Elaborado pelos autores.

2.2.4 Disciplina de um Sistema de Filas

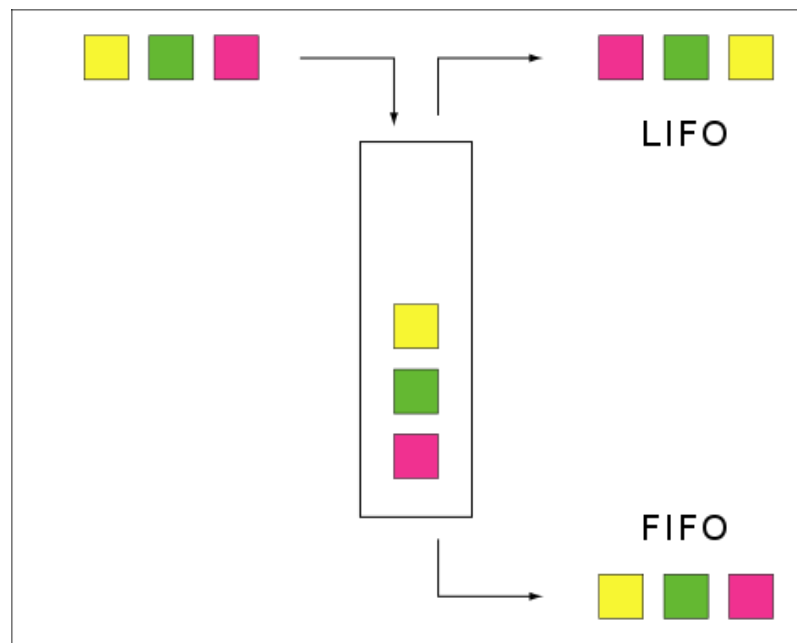
O sistema de filas pode obedecer à 3 disciplinas diferentes:

O primeiro modelo é o FIFO (first in, first out), ou seja, o primeiro que entra é o primeiro que sai.

O segundo é o LIFO (last in, first out), ou seja, o último a entrar é o primeiro a sair.

A figura 5 descreve as duas primeiras disciplinas de fila.

Figura 5 – Disciplinas FIFO e LIFO.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim temos o PRI com esquema de prioridade, onde, a chamada para receber serviço obedece a um esquema de prioridade.

Quanto ao tamanho, a fila pode ser considerado como infinita, quando a fila pode ter qualquer tamanho, ou limitado quando a fila só pode acomodar um número determinado de usuários. Neste último caso, quando a fila está cheia, os usuários que chegam vão embora, sem entrar no sistema.

2.3 Modelagem e Simulação de Sistemas

A simulação computacional de sistemas, ou simplesmente simulação, consiste na utilização de determinadas técnicas matemáticas, empregadas em computadores digitais, as quais permitem imitar o funcionamento de, praticamente, qualquer tipo de operação ou processo (sistemas) do mundo real.

São vários os conceitos tratados por simulação, de acordo com Prado (2009) “[...] é uma técnica que permite imitar o funcionamento de um sistema real. Os modernos programas de computador permitem construir modelos nos quais é possível visualizar na tela o funcionamento do sistema em estudo tal como em um filme. Pode-se visualizar o funcionamento de um banco, uma fábrica, um pedágio, um porto, um escritório, etc., tal como se estivesse em uma posição privilegiada em cada um destes cenários. Antes de efetuar alterações em uma fábrica real, é possível interagir com uma fábrica virtual.”

De acordo com Schiber citado por Freitas Filho (2008), “Simulação implica na modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real, numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo”.

A modelagem e simulação de sistemas têm várias aplicabilidades, nas mais diferentes áreas da linha de produção, nos transportes, em bancos, supermercados, escritórios, restaurantes, hospitais, etc., ela permite ao engenheiro ou analista fazerem tentativas de alterações sem que seja necessário parar a produção ou atividade.

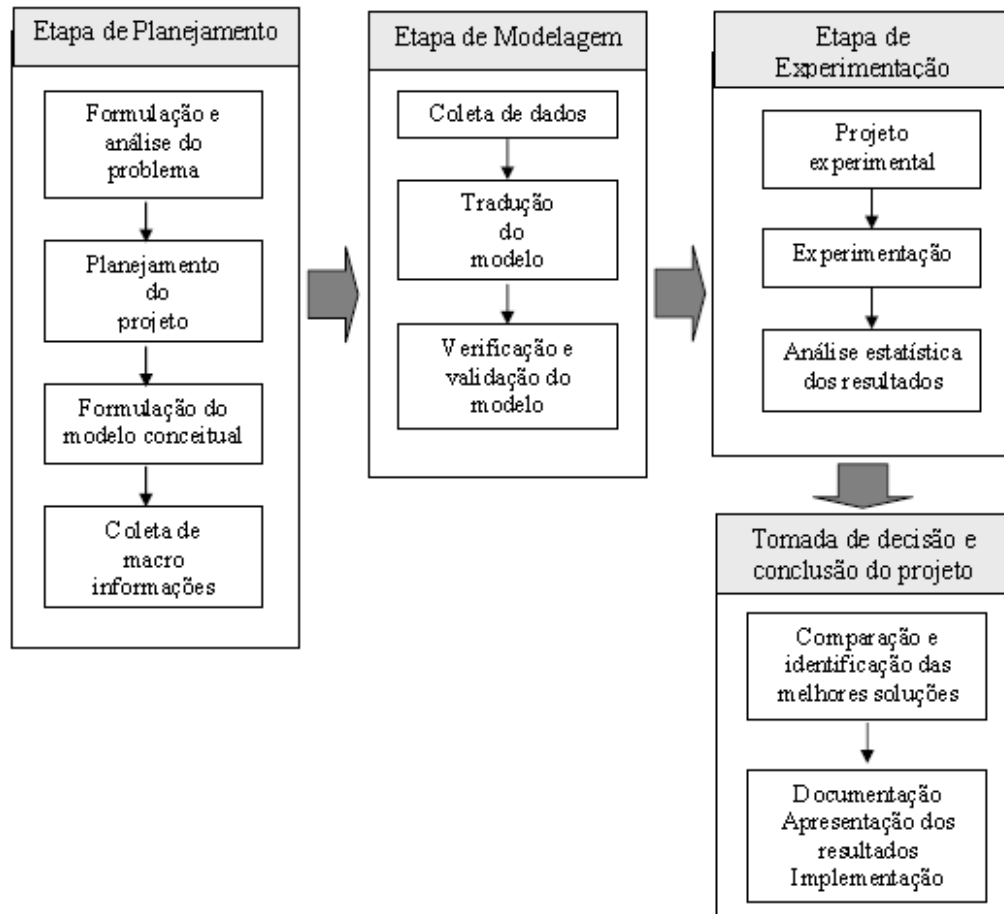
Freitas Filho (2008) destaca algumas vantagens do uso da simulação, como:

- a) A simulação é mais fácil de aplicar do que métodos analíticos;
- b) Hipóteses sobre como ou por que certos fenômenos acontecem podem ser testados para confirmação;
- c) O tempo pode ser controlado, comprimido ou expandido, permitindo reproduzir os fenômenos de maneira lenta ou acelerada, para que se possa melhor estudá-los;
- d) Uma vez criado o modelo de simulação pode ser utilizado inúmeras vezes para avaliar projetos e políticas propostas;
- e) Pode-se compreender melhor quais variáveis são as mais importantes em relação à performance e como as mesmas interagem entre si e com os outros elementos do sistema.

Freitas Filho (2008) destaca os seguintes passos na formulação de um estudo envolvendo modelagem e simulação:

- a) Formulação e análise do problema: todo estudo de simulação inicia com a formulação do problema. Os propósitos e objetivos do estudo devem ser claramente definidos;
- b) Planejamento do projeto: como planejamento do projeto pretende-se ter a certeza de que se possuem recursos suficientes no que diz respeito a pessoal, suporte, gerência, hardware e software para a realização do trabalho proposto;
- c) Formulação do modelo conceitual: traçar um esboço do sistema, de forma gráfica (fluxograma, por exemplo) ou algorítmica (pseudocódigo), definindo componentes, descrevendo as variáveis e interações lógicas que constituem o sistema. É recomendado que o modelo inicie de forma simplificada e vá crescendo até alcançar algo mais complexo, contemplando todas as suas peculiaridades e características. O usuário deve participar intensamente dessa etapa.

Figura 6: Passos em um Estudo Envolvendo Modelagem e Simulação.



Fonte: FREITAS FILHO, 2008.

- d) Coleta de macroinformações e dados: macroinformações são fatos, informações e estatísticas fundamentais, derivados de observações, experiências pessoais ou de arquivos históricos. Em geral, macroinformações servem para conduzir os futuros esforços de coleta de dados voltados à alimentação de parâmetros do sistema modelado;
- e) Tradução do modelo: codificar o modelo numa linguagem de simulação apropriada. Embora os esforços de condução dessa etapa tenham sido minimizados em função dos avanços em hardware e, principalmente, nos softwares de simulação;
- f) Verificação e validação: confirmar que o modelo opera de acordo com a intenção do analista (sem erros de sintaxe e lógica) e que os resultados por ele fornecidos possuam crédito e sejam representativos dos resultados do modelo real;

- g) Projeto experimental final: projetar um conjunto de experimentos que produza a informação desejada, determinando como cada um dos testes deve ser realizado, o principal objetivo é obter mais informações com menos experimentações;
- h) Experimentação: executar as simulações para a geração dos dados desejados e para a realização das análises de sensibilidade;
- i) Interpretação e análise estatística dos resultados: traçar interferências sobre os resultados alcançados pela simulação. Estimativa para as medidas de desempenho nos cenários planejados são efetuadas. As análises poderão resultar na necessidade de um maior número de execuções (replicações) do modelo para que se possa alcançar a precisão estatística sobre os resultados desejados;
- j) Comparação de sistemas e identificação das melhores soluções: muitas vezes o emprego da técnica de simulação visa a identificação de diferenças existentes entre diversas alternativas de sistemas. Em algumas situações, o objetivo é comparar um sistema existente ou considerado como padrão, com propostas alternativas;
- k) Documentação: a documentação do modelo é sempre necessária; primeiro para servir como um guia para que alguém, familiarizado ou não com o modelo e os experimentos realizados, possa fazer uso do mesmo e dos resultados já produzidos; segundo, porque se forem necessárias futuras modificações no modelo, toda a documentação existente vem facilitar e muito os novos trabalhos;
- l) Apresentação dos resultados e implementação: a apresentação dos resultados do estudo de simulação deve ser realizada por toda a equipe participante. Os resultados do projeto devem refletir os esforços coletivos e individuais realizados, considerando os seus diversos aspectos, isto é, levantamento do problema, coleta de dados, construção do modelo etc.

Segundo Leal (2003), para o pesquisador, registrar o comportamento da fila minuto a minuto seria uma tarefa quase impossível e por essa razão a opção por uma simulação devidamente validada traria resultados interessantes ao estudo. Com o fim do processo de validação, alterações no processo poderiam ser analisadas e com os resultados obtidos seria possível uma análise da viabilidade de possíveis alterações.

De acordo com Costa de Azevedo, Dienstmann e Demartini (2010) citados por Pidd (1998) afirma que “[...] coloca que a maioria dos sistemas existentes podem ser simulados, apesar do alto custo, conhecimento e poder computacional necessário para isto. Assim ele define as características dos sistemas para os quais a utilização da simulação é recomendável:

- a) Dinâmicos: o comportamento varia ao longo do tempo. Esta variação pode estar associada a fatores que não podem ser controlados, mas que podemos prever através de análise estatística;
- b) Interativos: possuem componentes que interagem entre si e esta interação modifica o comportamento de todo o sistema;
- c) Complicados: existem inúmeras variáveis que interagem no sistema e sua dinâmica precisa ser analisada.”.

Azevedo, Dienstmann e Demartini (2010) afirmam que o estudo do processo de atendimento numa agência bancária é um sistema dinâmico (seu comportamento varia ao longo do tempo, por exemplo, com a variação de demanda ao longo do dia ou entre diferentes dias do mês), interativo (várias interações entre os recursos do sistema) e complicado (grande número de variáveis interagindo no sistema).

3 METODOLOGIA

Par alcançar as metas do trabalho, a metodologia da pesquisa foi descrita com base na caracterização, coleta e método de pesquisa. Segundo Cervo (2006) “[...] o método caracteriza-se como o conjunto das diversas etapas ou passos que devem ser dados para a realização da pesquisa.”

O modelo de atendimento da agência ALFA trata-se de um sistema de filas, sendo uma fila inicial feita na triagem onde são distribuídas as senhas e a partir daí começa a contar o tempo de atendimento. Os clientes são direcionados para o ambiente de atendimento de acordo com o serviço solicitado. Esse atendimento é dividido basicamente em três setores, sendo: bateria de caixa, expresso e pessoa física. Os estudos foram feitos de acordo com o atendimento que envolve os guichês de caixa.

As situações em que ocorre o gargalo tratam-se dos atendimentos convencionais que superam a espera de vinte minutos e o preferencial dez minutos. O objetivo do trabalho é criar um plano de simulação e modelar as diversas situações de atendimentos, comparando com o modelo atual de organização dos servidores da agência, com auxílio do software ARENA, no intuito de propor situações de melhoria que viabilize o processo.

3.1 Caracterização da pesquisa:

A pesquisa foi classificada como descritiva, na qual foi realizada a coleta, estudo e tratamento dos dados sem que haja interferência do pesquisador, o qual deve apenas observar, registrar e analisar os fenômenos ou sistemas técnicos, sem, contudo, entrar no mérito dos conteúdos.

Segundo Cervo (2006) a pesquisa descritiva, em suas diversas formas, trabalha sobre diversos dados ou fatos colhidos da própria realidade. Destaca-se ainda que esse tipo de pesquisa estuda a realidade presente, e não o passado, como ocorre com a pesquisa histórica.

Quanto aos procedimentos técnicos, de acordo com Gil (2008) é classificada com pesquisa documental, valendo-se de materiais que não receberam ainda um

tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa.

Os dados referentes às chegadas dos clientes aos caixas e demais atendimentos, o número dos mesmos dispostos em paralelo e os tempos de atendimento, assim como o tipo de fila que se forma serão coletados e adaptados do banco de dados computacional disponibilizado por um software de gestão da ALFA.

O modelo de fila utilizado pela agência é de canais múltiplos e única fila. O processo de tempo de espera na fila inicia-se pela retirada de senha (comum ou preferencial) e termina no anúncio da senha no painel de chamada, que inicia o atendimento. Ao fim do atendimento, o caixa anuncia no painel a próxima senha. Os dados gerados são arquivados e organizados para a consulta quando necessário.

Para os dados relacionados a chegada, foram observados os tempos consecutivos de chegada de clientes na fila, gerando os respectivos relatórios de frequência para as filas comum e preferencial.

Após a coleta e tratamento dos dados, foram propostas e simuladas no software ARENA melhorias para diminuir o tempo de atendimento de acordo com propostas de mudanças do layout e reorganização dos servidores envolvidos no atendimento.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 A empresa

Utilizamos um nome fictício para identificar a agência bancária estudada, aqui definimos como ALFA.

4.2 Plano de Simulação

4.2.1 Formulação e Análise do Problema

O setor da agência bancária, objeto do estudo, situa-se em um bairro da cidade de Contagem-MG, possui 8 funcionários, entre eles 6 caixas efetivos e um caixa flutuante (para cobrir os horários de almoço e férias dos demais caixas) e um outro caixa deslocado, que participa da recepção qualificada, encaminhando os clientes, seja para o caixa eletrônico ou para os guichês de atendimento, o qual realiza aproximadamente 250 autenticações por dia. O horário de atendimento da agência é das 10h00min às 16h00min de segunda à sexta-feira, salvo exceções gerenciais a abertura para atendimento nos caixas pode ser feita as 9h00min.

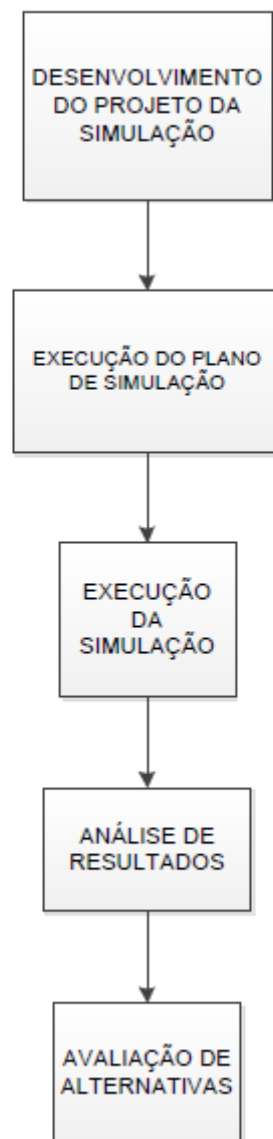
O problema da gestão de atendimento na bateria de caixa está sendo estudado, devido a sua importância comercial que representa para agência. Um cliente que demora a ser atendido gera principalmente custos indiretos, como a insatisfação, e consequentemente a possibilidade de uma ouvidoria, ou até mesmo a perda comercial desse cliente já fidelizado em outro setor, que estava no caixa apenas para finalizar o procedimento, por exemplo.

O estudo busca respostas por meio da simulação, através do software ARENA, que proporcione a melhor forma de alocar o servidores no caixa, de maneira que atenda as expectativas do tempo de espera, de acordo com a capacidade atual de atendentes da agência.

4.2.2 Planejamento do Projeto:

O planejamento do projeto consiste em cinco etapas, as quais são descritas na figura 7.

Figura 7: Planejamento do projeto.



Fonte: Elaborado pelos Autores

a) Desenvolvimento do projeto da simulação: Nesta etapa, foi desenhado o processo do sistema de fila atual das áreas de atendimento envolvidas para conhecer o sistema de fila utilizado, disciplina da fila e quantidade de

servidores. Com base na observação serão levantados os dados para verificar o funcionamento do sistema, os quais são: tempo de espera na fila e tempo de atendimento.

- b) Execução do plano de simulação:** Nesta etapa, foram levantados os dados quantitativos do tempo de espera na fila e tempo de atendimento. Estas informações foram coletadas para estudar e analisar o sistema ao longo do período.
- c) Execução da simulação:** Nesta etapa, foi realizada a análise dos dados fornecidos pelo software de gestão da instituição financeira em estudo, a partir daí foram observados à taxa média de chegada, tempo médio de chegada, taxa média de atendimento, tempo médio de atendimento e número médio de atendentes. Como o sistema de atendimento é de canais múltiplos e única fila, para cada setor específico, as variáveis de possíveis causas em estudo do problema no sistema são: tamanho da fila e do sistema, tempo esperado na fila e no sistema, fator de utilização dos servidores, a probabilidade de que o sistema esteja vazio, reestruturação do *layout*.
- d) Analise de resultados:** Nesta etapa, as mudanças propostas serão aplicadas no software ARENA para avaliar o sistema quanto a seu funcionamento regular, e assim identificar se as mudanças podem trazer melhorias no tempo atendimento e na reestruturação do *layout* da agência e organização dos servidores.
- e) Avaliação de alternativas:** Nesta etapa, com base nos resultados obtidos da causa do problema, foram propostas mudanças a fim de melhorar o tempo de espera para atendimento de toda agência. Para tal, foram construídas diferentes alternativas de cenário, verificando sua viabilidade de acordo com a simulação no software ARENA.

Um método que acompanha as etapas do planejamento do projeto e garante a qualidade e eficiência do projeto é o método PDCA. Segundo Alcântara da Silva, Lobato Marçal e Nogueira da Costa (2008), o método PDCA tem a intenção de controlar e conseguir resultados eficientes e confiáveis nas atividades de uma organização. De acordo com Werkema (1995), citados por Alcântara da Silva, Lobato Marçal e Nogueira da Costa (2008), o PDCA por ser um método de gestão, representa o caminho a ser seguido para que as metas possam ser atingidas.

4.2.3 Formulação do Modelo Conceitual

O termo Fluxograma designa uma representação gráfica de um determinado processo ou fluxo de trabalho, efetuado geralmente com recurso a figuras geométricas normalizadas e a setas unindo essas figuras geométricas. Através desta representação gráfica é possível compreender de forma rápida e fácil a transição de informações ou documentos entre os elementos que participam no processo em causa.

A figura 8 representa o fluxograma do funcionamento da agência, sua elaboração é fundamental para a simplificação e racionalização do trabalho, permitindo a compreensão e posterior otimização dos processos desenvolvidos em cada departamento ou área da organização.

Figura 8 – Fluxograma Agência Bancária

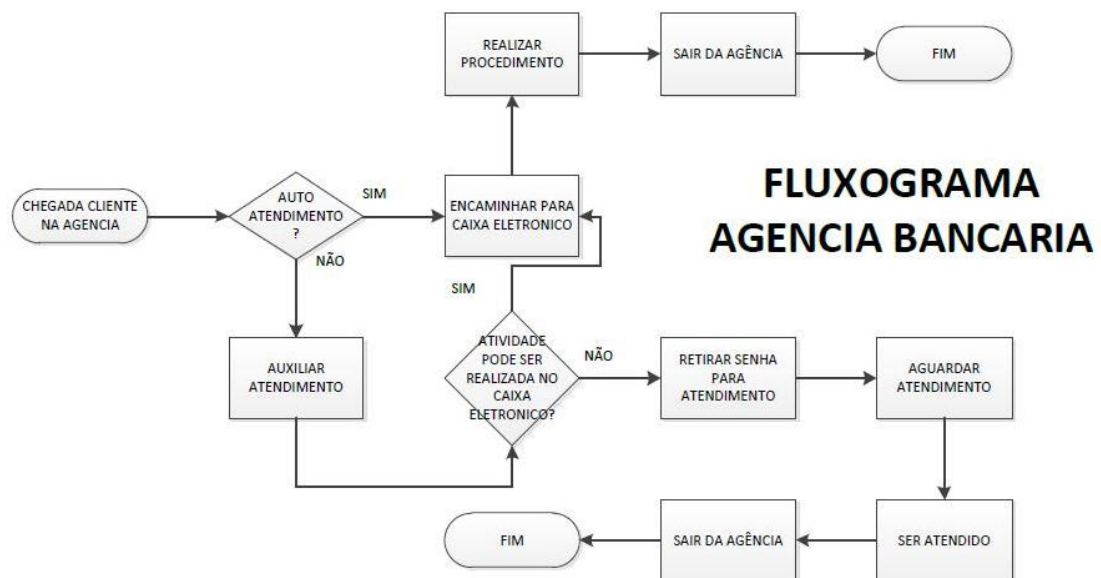


Figura 8 – Fluxograma Agência Bancária Fonte: Elaborado pelos autores.

Os modelos utilizados no estudo são voltados para investigação e comparação, sendo que o primeiro busca as informações e desenvolvimento de hipóteses sobre o comportamento de sistemas. As variáveis de resposta servem para construir e

organizar as informação sobre a natureza do fenômeno ou sistema sob estudo. Os experimentos recaem sobre as reações do sistema a estímulos normais e anormais. O segundo refere-se a avaliação dos efeitos das mudanças sobre as variáveis de controle.

Quando refere-se ao tipo do modelo utilizado podem ser Estáticos ou Dinâmicos. Um modelo de simulação estática, é um modelo onde a passagem do tempo é irrelevante. Modelos de Simulação Dinâmicos representam sistemas cujos resultados variam com a passagem do tempo.

Um modelo de simulação pode ser ainda Determinístico ou Estocástico. Modelos de simulação que não contém nenhuma variável aleatória são classificados como determinísticos, ou seja, para um conjunto conhecido de dados de entrada teremos um único conjunto de resultados de saída. Um modelo estocástico de simulação tem uma ou mais variáveis aleatórias como entrada. Estas entradas aleatórias levam a saídas aleatórias que podem somente ser consideradas como estimativas das características ver dadeiras de um modelo.

Assim, de acordo com estudo de caso, a simulação (estocástica) do funcionamento de uma agência bancária envolve variáveis aleatórias como o intervalo entre chegadas e a duração dos serviços prestados. Logo, medidas como o número médio de clientes esperando e o tempo médio de espera de um cliente, devem ser tratadas como estimativas estatísticas das medidas reais do sistema.

Os modelos de simulação dinâmicos podem ser Discretos ou Contínuos. Em uma simulação discreta, considera-se somente os eventos onde há alteração do sistema, ou seja, o tempo decorrido entre alterações do estado do sistema não é relevante para a obtenção dos resultados da simulação, embora o tempo nunca pare. Por isso, pode-se dizer que a simulação de atendimento de uma agência bancária onde entre a chegada (ou a saída) de clientes, o estado do sistema não se altera, prevalece a simulação de eventos discretos.

4.2.4 Coleta de dados

A coleta dos tempos de chegada e atendimento resultou em uma amostra com 13794 tempos de atendimento (13793 tempos entre chegadas sucessivas).

As amostras foram obtidas nos meses de janeiro e fevereiro de 2014, do dia 2/01 à 28/2, totalizando 43 dias de coleta, amostra essa suficiente para simular o

sistema real e as possíveis modificações, considerando que para os meses seguintes observa-se um padrão quanto a quantidade e a ordem de chegada dos clientes, entendemos assim que os dias coletados serão suficientes para produzir uma simulação sem que haja manipulação.

4.2.4.1 Identificação de Outliers

Em uma coleta de dados é comum surgirem valores extremos conhecidos como *outlier* (fora da curva) que devem ser desconsiderados em alguns casos para obtermos resultados mais coerentes ou menos distorcidos. Estes valores ocorrem, geralmente em decorrência de situações atípicas ou erros de coleta (CHWIF, 2006).

Uma outra solução seria aumentar o tamanho da amostra para verificar se a incidência de *outliers* permanece, no caso em estudo, verificou-se que a amostra apresenta consistência suficiente para simular as propostas de melhoria, sem que esses pontos manipulem a modelagem.

No estudo, optou-se pela exclusão dos 903 outliers identificados, pois tais situações não são frequentes e suas causas são conhecidas pelos gestores da agência.

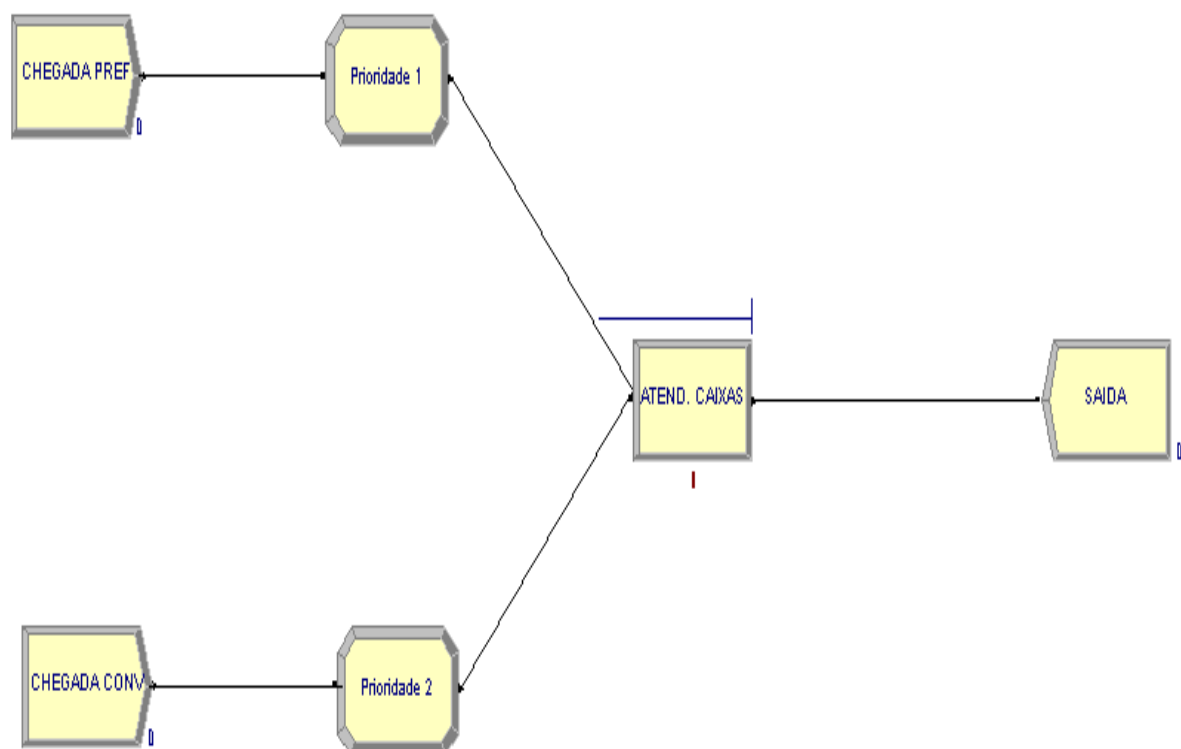
4.2.5 Tradução do Modelo

Com a utilização do software ARENA, criou-se um modelo que simula o sistema de filas existente no setor de atendimento pessoa física da agência com clientes convencionais e preferenciais, o qual será estudado pelo presente trabalho. A Figura 9 representa os resultados de simulação dos cenários propostos, cujo modelo é composto por dois módulos que geram as chegadas aleatórias. O módulo “CHEGADA CONV.” corresponde à chegadas de clientes convencionais com média de um cliente a cada 1,67 minutos. O módulo “CHEGADA PREF”, por sua vez, representa as chegadas dos clientes preferenciais a uma taxa de um cliente a cada 3,50 minutos.

Os módulos “Prioridade 1” e “Prioridade 2”, atribuem prioridades de atendimento a cada tipo de cliente que adentra à agência, diferenciando-os. Aos clientes preferenciais, atribui-se a prioridade 1, enquanto que para os clientes convencionais, prioridade 2.

O módulo “ATEND. CAIXAS” foi configurado de modo a atender os clientes preferenciais em detrimento dos clientes convencionais. Além disso, a disciplina da fila foi alterada de FCFS, onde o primeiro cliente a entrar é o primeiro a ser atendido, para a disciplina onde o cliente com menor valor para o atributo “prioridade” é atendido preferencialmente. O último módulo representa a saída dos clientes do sistema, sejam eles convencionais ou preferenciais.

Figura 9 – Fluxograma de Atendimento da Bateria de Caixa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2.6 Verificação e Validação

Durante a esta fase do plano de simulação o principal objetivo é confirmar se o modelo opera de acordo com a intenção programada (sem erros de sintaxe e lógica) e que os resultados fornecidos possuam crédito e sejam representativos dos resultados do modelo real.

Segundo Jain (1991), um modelo computacional pode-se encontrar nas seguintes categorias: não-validado e não-verificado; não-validado e verificado; validado e não-verificado; validado e verificado.

Os erros, identificados e consequentemente corrigidos, durante a simulação do atendimento nos guichês de caixa foram:

- Construção do modelo muito detalhado;
- Realização da conclusão com base em uma única replicação.

Dentre as técnicas de verificação observadas durante a execução desta etapa pode-se destacar:

- Uso de modelos determinísticos - atribuir valores a variáveis aleatórias;
- Variações sobre os dados de entrada – variou-se os dados de entrada do modelo e verificou-se que as respostas são adequadas e consistentes;
- Uso de rotinas de rastreamento – utilizou-se módulos existentes em linguagens de simulação para visualizar os eventos ocorridos, ordenados pelo tempo de sua ocorrência;
- Aplicação de testes de continuidade – foram aplicados várias rodadas de simulação, com alterações na entrada para verificar a saída;
- Verificação de consistência – verificou-se que o modelo produz resultados similares quando os parâmetros de entrada são atribuídos valores equivalentes em diferentes execuções.

Quanto as técnicas de validação, Segundo Raj Jain (1991), a validação consiste em assegurar que o modelo e os inúmeros pressupostos e simplificações adotados no seu desenvolvimento sejam razoáveis e, se corretamente implementados, tenham um comportamento e produzam resultados semelhantes àsquelas observados nos sistemas reais.

Pode-se destacar as seguintes técnicas de validação:

- O conhecimento e a intuição de especialistas - considerando o aspecto do atendimento no setor do caixa. Acesso as informações permitem diversas simulações, que posteriormente são comparadas ao sistema real e verificadas a semelhança;

- Medições obtidas em sistemas reais – toda a amostra foi coletada do sistema real de atendimento.

4.2.6.1 Testes Estatísticos para a Uniformidade

Existem numerosos testes estatísticos para garantir que os números pseudo-aleatórios estão sendo gerados da forma adequada. Um teste básico que sempre deve ser realizado para validar um gerador de números aleatórios é o teste de uniformidade já que os números devem ser gerados uniformemente distribuídos em $[0,1]$.

Vale destacar o teste de Kolmogorov-Smirnov e o teste do Qui-Quadrado (χ^2). Ambos os testes medem o grau de aderência entre a distribuição de uma amostra de números aleatórios gerados e a distribuição uniforme teórica. Ambos os testes estão baseados na hipótese nula de que nenhuma diferença significativa existe entre a amostra e a distribuição teórica.

a) TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV:

Considerando-se o teste paramétrico tradicional, baseado na distribuição t-student, é obtido sob o hipótese de que a população tem distribuição normal. Nesse sentido, surge a necessidade de certificarmos se essa suposição pode ser assumida. Em alguns casos, assumir a normalidade dos dados é o primeiro passo que tomamos para simplificar nossas análise. Para dar suporte a esta suposição, consideramos, dentre outros, o teste de Kolmogorov - Smirnov.

O teste de Kolmogorov - Smirnov pode ser utilizado para avaliar as hipóteses:

$$\begin{cases} H_0 : \text{Os dados seguem uma distribuição normal} \\ H_1 : \text{Os dados não seguem uma distribuição normal.} \end{cases}$$

Este teste observa a máxima diferença absoluta entre a função de distribuição acumulada assumida para os dados, no caso a Normal, e a função de distribuição empírica dos dados. Como critério, comparamos esta diferença com um valor crítico, para um dado nível de significância.

b) QUI-QUADRADO:

Simbolizado por χ^2 é um teste de hipóteses que se destina a encontrar um valor da dispersão para duas variáveis nominais, avaliando a associação existente entre

variáveis qualitativas. É um teste não paramétrico, ou seja, não depende dos parâmetros populacionais, como média e variância.

O princípio básico deste método é comparar proporções, isto é, as possíveis divergências entre as frequências observadas e esperadas para um certo evento.

Evidentemente, pode-se dizer que dois grupos se comportam de forma semelhante se as diferenças entre as frequências observadas e as esperadas em cada categoria forem muito pequenas, próximas a zero.

Portanto, o teste é utilizado para:

- Verificar se a frequência com que um determinado acontecimento observado em uma amostra se desvia significativamente ou não da frequência com que ele é esperado;
- Comparar a distribuição de diversos acontecimentos em diferentes amostras, a fim de avaliar se as proporções observadas destes eventos mostram ou não diferenças significativas ou se as amostras diferem significativamente quanto às proporções desses acontecimentos.

Para aplicar o teste as seguintes proposições precisam satisfazer:

- Os grupos são independentes;
- Os itens de cada grupo são selecionados aleatoriamente;
- As observações devem ser frequências ou contagens.

4.2.7 Projeto Experimental Final

4.2.7.1 Exposição gráfica da amostra

Martins (2010) apresenta os histogramas como a melhor forma de apresentar dados oriundos de variáveis quantitativas. Tal tipo de gráfico é construído com base em uma tabela de distribuição de frequências, que é a maneira mais adequada para a análise de uma amostra com vultosa quantidade de dados.

Para a confecção das tabelas de frequência identificou-se a amplitude total R do rol (que é a apresentação dos dados em ordem crescente). Utilizou-se, em seguida, a Fórmula de Sturges para identificar a quantidade mínima de classes da tabela e, por fim, calculou-se o tamanho do intervalo de cada classe.

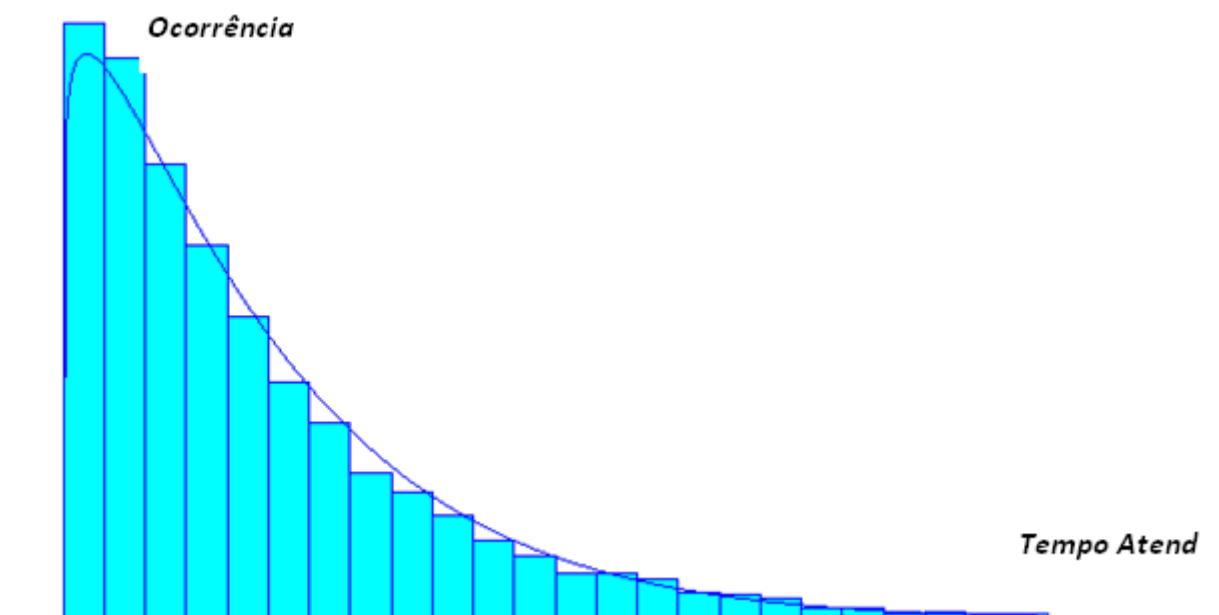
4.2.7.2 Testes de aderência no ARENA

Para a confecção dos testes de aderência por meio do software ARENA, é necessário que os arquivos dos tempos de atendimento, por exemplo, estejam conforme extensão txt.

Por meio da ferramenta Input Analyzer, no menu Tools (Ferramentas), é possível identificar a melhor distribuição de probabilidade com a qual determinada amostra de dados adere.

Utilizando-se o Input Analyzer, gerou o histograma apresentado na Gráfico 1. A partir do teste de aderência concluiu-se que a amostra coletada adere a uma distribuição Weibull, conforme Tabela 1. Contudo, o software apresenta, ainda, outras informações que permitem uma maior segurança para a afirmação de que a amostra adere à referida distribuição, os quais são apresentados na Tabela 2 .

Gráfico 1 – Dados obtidos no Input Analyzer - Tempo de atendimento



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 1 –Teste de Aderência da Distribuição Tempo de Atendimento.

Function	Sq Error
-----	-----
Weibull	2.22e-005
Exponential	2.55e-005
Erlang	2.55e-005
Beta	0.0011
Lognormal	0.00425
Normal	0.0377
Triangular	0.0748
Uniform	0.102
Gamma	3.23

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 2 – Resumo da Distribuição Tempo de Atendimento.

RESUMO DA DISTRIBUIÇÃO			
<i>Resumo dos dados</i>		<i>Teste Chi Quadrado</i>	
Numero de dados	13795	Número de intervalos	25
Valor do menor dado	1 min	Graus de Liberdade	22
Valor do maior dado	56,3 min	Teste estatístico	17,7
Média	7,02 min	p-valor correspondente	0.722
Distribuição	Weibull		
Expressão	1 + WEIB(6.04, 1.01)		
Erro Quadrado	0.000022		

Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo Freitas Filho (2001), o primeiro indicador da qualidade da amostra está descrito no campo “Erro quadrado”. Tal dado representa a média dos quadrados das diferenças entre as frequências amostradas e as frequências relativas da distribuição testada. Quanto menor este valor, mais ajustados encontram-se os dados.

Tal ajuste refere-se a uma weibull com média de 7,02 minutos, conforme campo “Média” da tabela 1.

Outra informação que contribui para a análise da aderência é a estatística “p-valor correspondente”. Segundo Santos (1999), o p-valor representa a probabilidade de errar caso não se admita a aderência dos dados à distribuição de probabilidade testada. Dessa forma, quanto maior o p-valor, mais os dados se aderem à distribuição estudada. A literatura tem considerado que o valor mínimo aceitável para o p-valor é

de 0,1 ou 10%. No exemplo supracitado, o campo “p-valor correspondente” registrou 0,722 ou 72,2%, corroborando para a certeza quanto à afirmação da aderência.

4.2.8 Experimentação

4.2.8.1 Tratamento da Amostra

Após a coleta e tratamento dos dados, identificaram-se os outliers das amostras. Para os clientes preferenciais, considerou-se como outlier os intervalos entre chegadas superiores a 20 minutos, reduzindo a amostra para 4.349 dados. Para os clientes convencionais, intervalos entre chegadas sucessivas superiores a aproximadamente dez minutos foram considerados outliers, reduzindo a amostra para 8.543 dados. As distribuições de taxa de chegada dos clientes preferenciais e convencionais são apresentadas nos Gráficos 2 e 3, respectivamente.

As chegadas anteriores a 10h00min foram desconsideradas, devido a falta de padronização desses dados, visto que em apenas alguns dias aleatórios a agência atendia antes das 10h00 min.

Pelo mesmo motivo, a coleta se encerrou às 16h, horário após o qual apenas clientes com autorização de retorno podem ser atendidos.

Quanto à duração dos atendimentos, coletaram-se os dados dos seis caixas existentes na Agência, das 10h00min às 16h. Tais caixas são responsáveis pelo atendimento geral dos clientes que adentram a unidade.

Os dados de atendimento obtidos dos servidores foram analisados em conjunto, a fim de se identificar a taxa de atendimento μ_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) geral.

Após o tratamento da amostra aproveitou-se 12892 dados. Atendimentos inferiores a 0,5 minutos foram excluídos da amostra, por serem considerados como desistências ou equívocos no acionamento do dispensador de senhas.

4.2.8.1.1 Processo de Chegadas

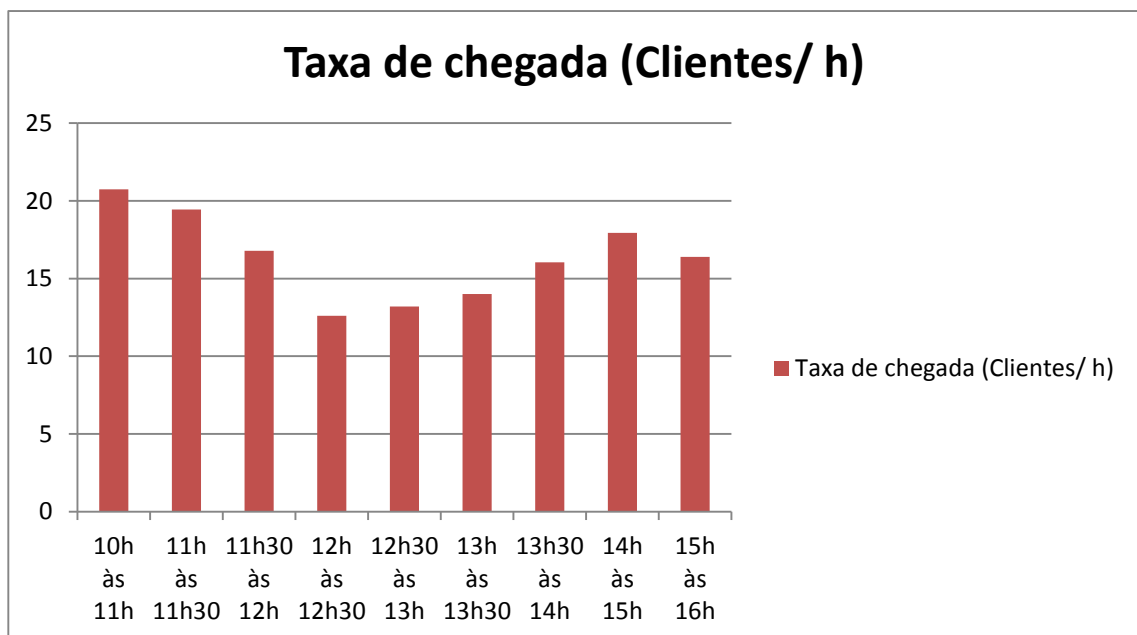
- a) Clientes preferenciais:** A Tabela 3 apresenta a taxa de chegada dos clientes preferenciais. Através da referida Tabela 3, confeccionou-se o Gráfico 2.

Tabela 3 – Taxa de chegada dos Clientes Preferenciais.

Dias trabalhados		43	CHEGADA
Clientes atendidos		4555	
Outliers		206	<i>Taxa de chegada (Clientes/ h)</i>
Faixa de horários	Atendimentos		
10h às 11h	892		20,744
11h às 11h30	418		19,442
11h30 às 12h	361		16,791
12h às 12h30	271		12,605
12h30 às 13h	284		13,209
13h às 13h30	301		14,000
13h30 às 14h	345		16,047
14h às 15h	771		17,930
15h às 16h	705		16,395

Fonte: Elaborado pelos autores.

Gráfico 2 – Taxa de chegada por faixa de horário- Preferencial



Fonte: Elaborado pelos autores.

As tabelas 4 e 5 apresentam o resumo dos dados coletados. Conclui-se que a amostra dos intervalos de taxa de chegada dos clientes preferenciais adere a uma distribuição Exponencial com média de 16,4 clientes / hora. Ou seja, um cliente a cada 3,65 minutos.

Tabela 4- Processo de Chegada Clientes Preferenciais

RESUMO DA DISTRIBUIÇÃO			
<i>Resumo dos dados</i>		<i>Teste Chi Quadrado</i>	
Numero de dados	4345	Número de intervalos	28
Valor do menor dado	1.01 clientes/h	Graus de Liberdade	26
Valor do maior dado	40 clientes/h	Teste estatístico	21.4
Média	16.4 clientes/h	p-valor correspondente	0.72
Distribuição	Exponencial	<i>Teste Kolmogorov-Smirnov</i>	
Expressão	1 + EXPO(15.4)	Teste Estatístico	0.00981
Erro Quadrado	0.000166	p-valor correspondente	> 0.15

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 5- Teste de Aderência da Distribuição Chegada Clientes Preferenciais.

Function	Sq Error
-----	-----
Erlang	0.000166
Exponential	0.000166
Gamma	0.000205
Weibull	0.000241
Beta	0.000474
Lognormal	0.00356
Normal	0.0274
Triangular	0.0398
Uniform	0.0646

Fonte: Elaborado pelos autores.

b) Clientes convencionais: A Tabela 06, por sua vez, apresenta a distribuição de taxa de chegada dos clientes convencionais.

Aproximadamente 80% dos dados coletados apresentaram intervalos entre chegadas de até 2 minutos (Taxa de chegada/Hora maior que 30). O Gráfico 3 representa a distribuição de frequências de chegadas ao longo do dia.

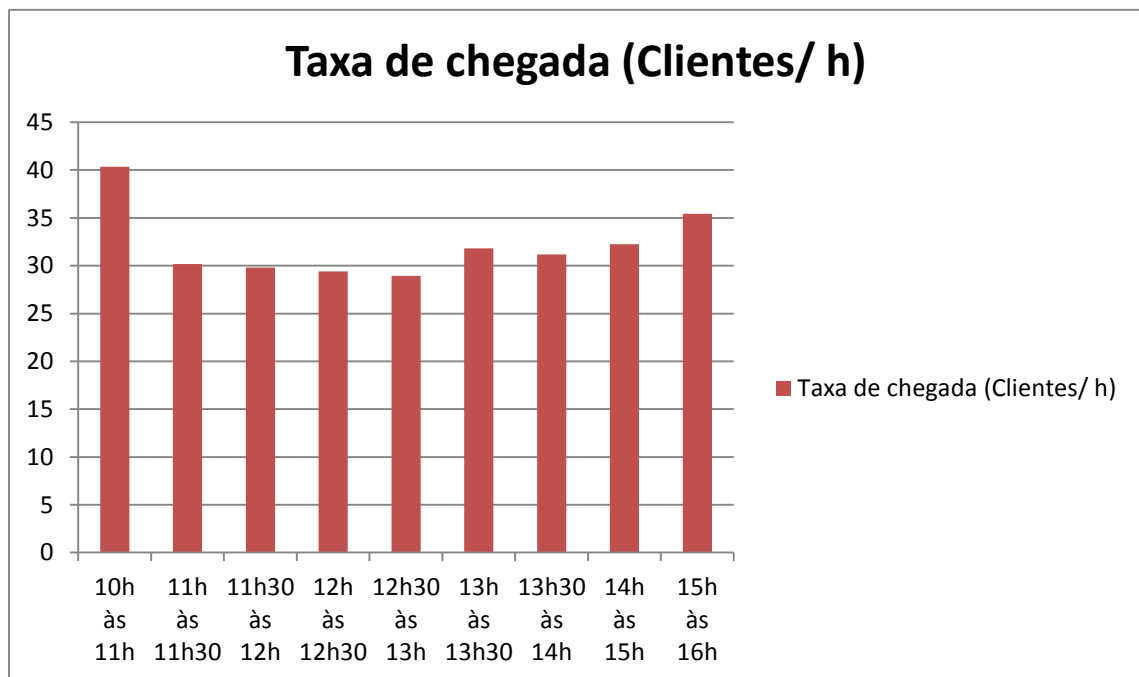
Tabela 6 – Taxa de Chegada dos Clientes Convencionais.

Dias trabalhados		43	CHEGADA
Clientes atendidos		9240	
Outliers		697	
Faixa de horários	Atendimentos		Taxa de chegada (Clientes/ h)
10h às 11h	1735		40,349
11h às 11h30	649		30,186
11h30 às 12h	641		29,814
12h às 12h30	632		29,395
12h30 às 13h	622		28,930
13h às 13h30	684		31,814
13h30 às 14h	670		31,163
14h às 15h	1387		32,256
15h às 16h	1523		35,419

Fonte: Elaborado pelos autores.

Deseja-se verificar se a referida amostra adere a uma distribuição Exponencial com média entre chegadas de 2 minutos, ou seja, 30 clientes/ hora.

Gráfico 3 – Taxa de chegada por faixa de horário - Convencional



Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a utilização da ferramenta Input Analyzer, preparou-se a Tabela 7, referente aos testes De aderência efetuados na amostra.

Tabela 7 – Processo de Chegada Clientes Convencionais

RESUMO DA DISTRIBUIÇÃO			
<i>Resumo dos dados</i>		<i>Teste Chi Quadrado</i>	
Numero de dados	8543	Número de intervalos	26
Valor do menor dado	1 cliente/h	Graus de Liberdade	24
Valor do maior dado	120 clientes/h	Teste estatístico	29.4
Média	32 clientes/h	p-valor correspondente	0.214
Distribuição	Exponencial		
Expressão	1 + EXPO(31)		
Erro Quadrado	0.000078		

Fonte: Elaborada pelos autores.

Pode-se observar, através da Tabela 6, que a amostra dos intervalos entre chegadas de clientes preferenciais adere a uma distribuição Exponencial de média 1.89 minutos. Ou seja, $\leq 0,55$ clientes preferenciais/minuto.

4.2.8.1.2 Processo de Atendimento

Visto que os dados de atendimento preferencial e convencional possuem uma elevada diferença, optou-se por calculá-los separados para não interferir no valor real dos mesmos.

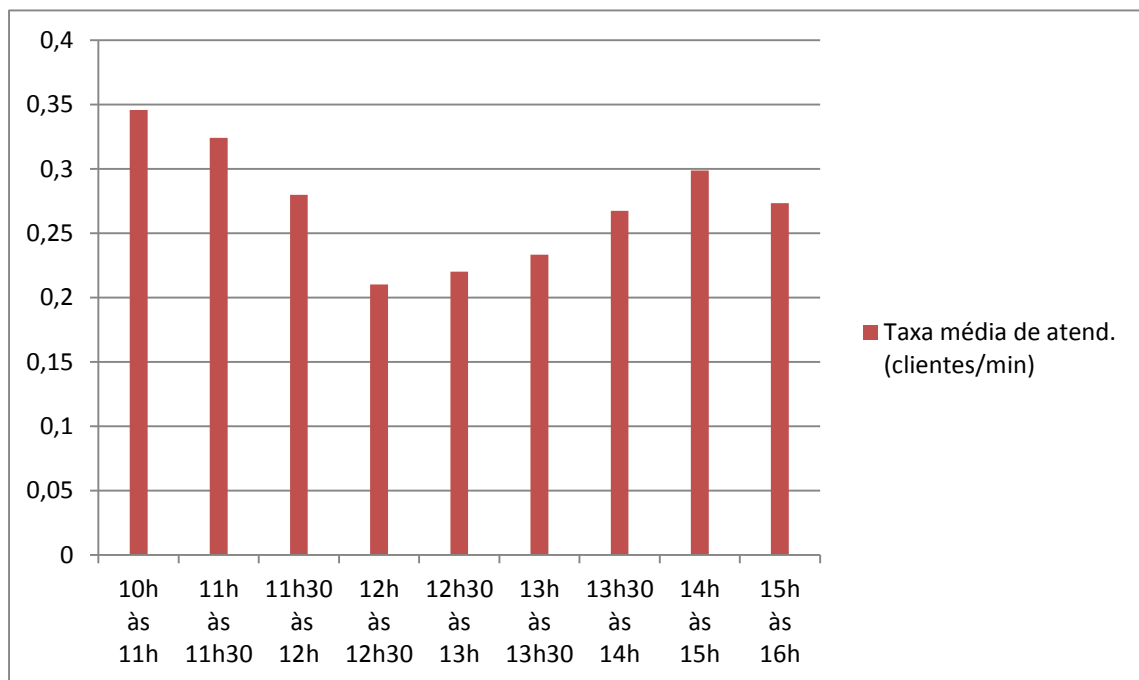
a) Clientes preferenciais: Para a aplicação dos testes de aderência utilizou-se, mais uma vez, a ferramenta Input Analyzer, disponível no software ARENA. As informações dos referidos testes são apresentadas na Tabela 8 e Gráfico 4.

Tabela 8 – Atendimento Clientes Preferenciais

Dias trabalhados	43	ATENDIMENTO
Clientes atendidos	4555	
Outliers	206	Taxa média de atend. (clientes/min)
Faixa de horários	Atendimentos	
10h às 11h	892	0,346
11h às 11h30	418	0,324
11h30 às 12h	361	0,280
12h às 12h30	271	0,210
12h30 às 13h	284	0,220
13h às 13h30	301	0,233
13h30 às 14h	345	0,267
14h às 15h	771	0,299
15h às 16h	705	0,273

Fonte: Elaborada pelos autores.

Gráfico 4 – Taxa Média de Atendimento Preferencial.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 9 – Taxa média de Atendimento Clientes Preferenciais

RESUMO DA DISTRIBUIÇÃO			
Resumo dos dados		Teste Chi Quadrado	
Numero de dados	4345	Número de intervalos	24
Valor do menor dado	0.1 Clientes/min	Graus de Liberdade	21
Valor do maior dado	2.05 Clientes/min	Teste estatístico	34.1
Média	0.272 Clientes/min	p-valor correspondente	0.037
Distribuição	Weibull	Teste Kolmogorov-Smirnov	
Expressão	WEIB(0.286, 1.1)	Teste Estatístico	0.0306
Erro Quadrado	0.000439	p-valor correspondente	< 0.01

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 10- Teste de Aderência da Distribuição Taxa média de Atendimento Clientes Preferenciais

Function	Sq Error
-----	-----
Weibull	0.000439
Gamma	0.000499
Erlang	0.000508
Exponential	0.000508
Beta	0.00245
Lognormal	0.00297
Normal	0.0282
Triangular	0.0503
Uniform	0.077

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com o auxílio da Tabela 9 e 10, pode-se afirmar que as distribuições das durações dos tempos de atendimento seguem processos weibull com média igual a 0.272 clientes atendidos/min. Isso equivale a dizer que a quantidade de clientes atendidos segue um processo de Weibull com taxas iguais a 16,32 clientes/hora.

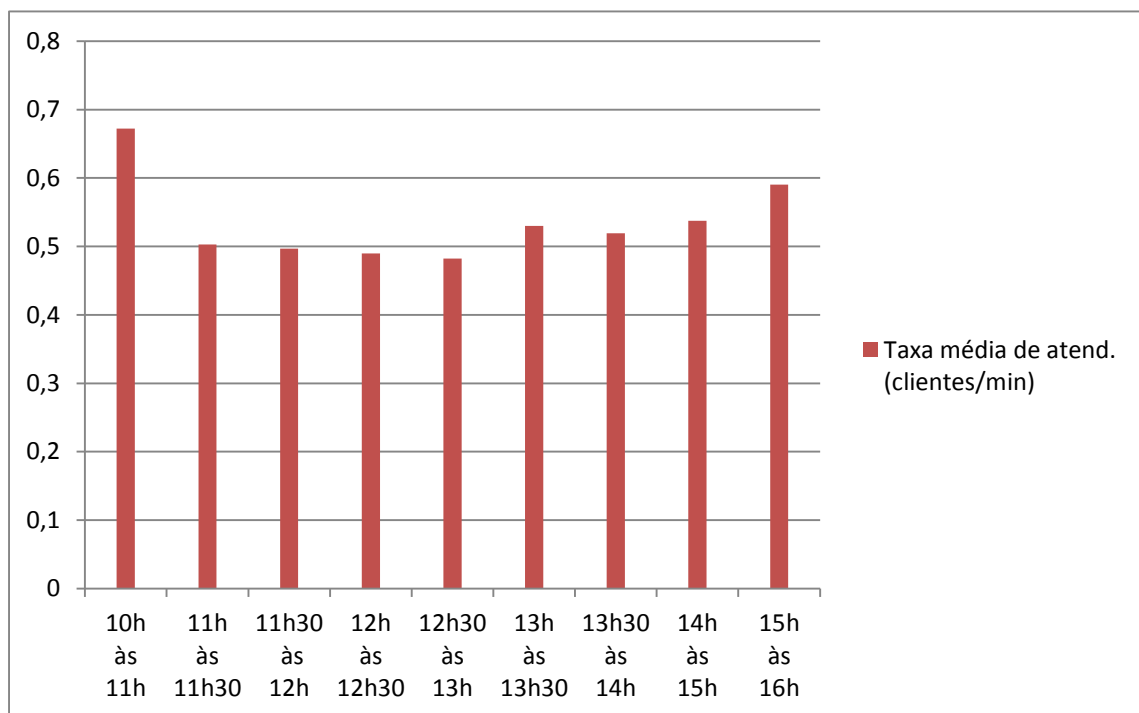
- b) Clientes convencionais :** Assim como no atendimento preferencial, para a aplicação dos testes de aderência utilizou-se a ferramenta Input Analyzer,. As informações dos referidos testes são apresentadas na Tabela 11 e Gráfico 5.

Tabela 11 – Atendimento Clientes Convencionais.

Dias trabalhados	43	ATENDIMENTO
Clientes atendidos	9240	
Outliers	697	Taxa média de atend. (clientes/min)
Faixa de horários	Atendimentos	
10h às 11h	1735	0,672
11h às 11h30	649	0,503
11h30 às 12h	641	0,497
12h às 12h30	632	0,490
12h30 às 13h	622	0,482
13h às 13h30	684	0,530
13h30 às 14h	670	0,519
14h às 15h	1387	0,538
15h às 16h	1523	0,590

Fonte: Elaborado pelos autores.

Gráfico 5 – Taxa Média de Atendimento Convencional.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 12 – Processo de Atendimento Clientes Convencionais

RESUMO DA DISTRIBUIÇÃO			
<i>Resumo dos dados</i>		<i>Teste Chi Quadrado</i>	
Numero de dados	8543	Número de intervalos	25
Valor do menor dado	0.1 Clientes/min	Graus de Liberdade	22
Valor do maior dado	4.9 Clientes/min	Teste estatístico	38.6
Média	0.537 Clientes/min	p-valor correspondente	0.017
Distribuição	Weibull		
Expressão	WEIB(0.544, 1.03)		
Erro Quadrado	0.000123		

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 13- Teste de Aderência da Distribuição Taxa média de Atendimento Clientes Convencionais

Function	Sq Error
-----	-----
Weibull	0.000123
Exponential	0.000246
Erlang	0.000246
Gamma	0.000354
Lognormal	0.00239
Beta	0.00377
Normal	0.0343
Triangular	0.0638
Uniform	0.0912

Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir do tratamento dos dados, apresentado na Tabela 12 e 13, pode-se afirmar que as distribuições das durações dos tempos de atendimento seguem processos weibull com média igual a 0.537 clientes atendidos/ minuto. Isso equivale a dizer que a quantidade de clientes atendidos segue um processo de Weibull com taxas iguais a 33 clientes/hora.

4.2.9 Interpretação e Análise dos Resultados

Conforme Fogliatti e Mattos (2007), para que a utilização da Teoria das Filas seja possível, é necessário que a taxa de chegada de clientes seja menor que a taxa de atendimento, multiplicada pelo o número de caixas disponíveis para servir aos clientes, tem-se a taxa de chegadas total igual a 0,91 clientes/minuto.

Por sua vez, com a taxa de atendimento do sistema igual a 0,65 , verifica-se a impossibilidade de o sistema estudado alcançar um estado estacionário. Consequentemente, a fila de espera do referido sistema tende a aumentar indefinidamente, pelo menos até as 16h, horário em que apenas advogados têm sua entrada permitida. Nesse caso, a quantidade mínima de caixas exigida para que se satisfaça a condição de um estado estacionário é oito. Assim, a taxa de ocupação $\rho = \lambda/n.\mu$, passaria de 1,208 para 0,906. Considerando, então, o sistema de filas estudado como um modelo M/M/8/ ∞ /PRI, tem-se:

Tabela 14 – Medidas de desempenho com 8 atendentes.

<i>Servidor (es)</i>	8
<i>Taxa de Chegada c/h</i>	58
<i>Taxa de Atendimento por servidor c/h</i>	8
<i>Utilização média dos servidores %</i>	90,6
<i>Média de clientes no sistema</i>	21
<i>Média de clientes na fila</i>	14
<i>Tempo médio no sistema Min</i>	21
<i>Tempo médio de espera na fila Min</i>	14
<i>Intervalo entre chegadas Min</i>	1,02
<i>Tempo médio de atendimento Min</i>	7

Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir dos dados coletados, calcularam-se quantos servidores são necessários para que o sistema entre em estado estacionário em cada faixa de horário. Os resultados estão listados na tabela 15, a partir da qual concluiu-se que os horários que a agência necessita de adequação é de 09h:00min às 10h:00min e das 14h:00min às 16h:00min.

Tabela 15 – Servidores necessários para estado estacionário.

Dias trabalhados		43	ATENDIMENTO	
Clientes atendidos		13795		
Outliers		903		
Faixa de horários	Atendimentos		Taxa média de atend. (clientes/min)	Servidores necessários para $p < 1$
10h às 11h	2627		1,018	7,636
11h às 11h30	1067		0,8271	6,203
11h30 às 12h	1002		0,7667	5,75
12h às 12h30	903		0,7	5,25
12h30 às 13h	906		0,7023	5,267
13h às 13h30	985		0,7635	5,726
13h30 às 14h	1015		0,7868	5,901
14h às 15h	2158		0,8364	6,273
15h às 16h	2228		0,8365	6,476

Fonte: Elaborado pelos autores.

Buscando que o sistema entre em estado estacionário, ou seja, a taxa de atendimento seja maior que a taxa de chegada, foram criados três cenários.

O primeiro cenário refere-se a um modelo com seis caixas no qual a agência funciona das 09h:00min às 16h:00min.

Para o segundo cenário, alterou-se apenas a quantidade de caixas, passando de seis para oito, que é o número necessário para que o sistema entre em um estado estacionário, se considerado a taxa de chegada média do dia.

No terceiro cenário, o modelo passa a considerar a existência de oito caixas de 10:00 às 11:00 horas, seis caixas de 11:00 às 14:00 horas, e sete caixas das 14:00 às 16:00 horas. Tal alocação de funcionários se deu com base na análise da Tabela 15, a partir da qual verificou-se a necessidade de mais atendentes em certos horários do expediente.

A Tabela 16 apresenta os resultados da simulação do cenário 1, a saber: atendimento com seis caixas, com horário de funcionamento de 09:00 às 16:00 horas.

Tabela 16 – Cenário 1

<i>Servidor (es)</i>	6
<i>Taxa de Chegada</i> c/h	50
<i>Taxa de Atendimento por servidor</i> c/h	8
<i>Utilização média dos servidores</i> %	104,2
<i>Média de clientes no sistema</i>	20
<i>Média de clientes na fila</i>	14
<i>Tempo médio no sistema</i> Min	24
<i>Tempo médio de espera na fila</i> Min	16,5
<i>Intervalo entre chegadas</i> Min	1,2
<i>Tempo médio de atendimento</i> Min	7,5

Fonte: Elaborado pelos autores.

Já a Tabela 17 apresenta os resultados da simulação do cenário 2, o qual dispõe de oito caixas, com horário de funcionamento de 10:00 às 16:00 horas.

Tabela 17 – Cenário 2

<i>Servidor (es)</i>	8
<i>Taxa de Chegada c/h</i>	58
<i>Taxa de Atendimento por servidor c/h</i>	8
<i>Utilização média dos servidores %</i>	90,6
<i>Média de clientes no sistema</i>	21
<i>Média de clientes na fila</i>	14
<i>Tempo médio no sistema Min</i>	21
<i>Tempo médio de espera na fila Min</i>	14
<i>Intervalo entre chegadas Min</i>	1,02
<i>Tempo médio de atendimento Min</i>	7

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados do cenário 3 são apresentados pelas Tabelas 18; 19; 20; 21; 22; 23. Tal cenário refere-se ao atendimento com oito caixas de 10:00 às 11:00 horas, seis caixas de 11:00 às 14:00 horas, e sete caixas das 14:00 às 16:00 horas.

As Tabelas 18 ; 20 ; 22 geradas a partir da simulação são apresentadas para confirmar a necessidade de mais um servidor em cada uma das faixas de horários.

Tabelas 18 e 19 – Cenário 3: De 10: 00 às 11:00 horas - simulação com 7 e 8 servidores.

<i>Servidor (es)</i>	7
<i>Taxa de Chegada</i> c/h	64
<i>Taxa de Atendimento por servidor</i> c/h	8
<i>Utilização média dos servidores</i> %	114,3
<i>Média de clientes no sistema</i>	41
<i>Média de clientes na fila</i>	34
<i>Tempo médio no sistema</i> Min	40
<i>Tempo médio de espera na fila</i> Min	32
<i>Intervalo entre chegadas</i> Min	0,96
<i>Tempo médio de atendimento</i> Min	7

<i>Servidor (es)</i>	8
<i>Taxa de Chegada</i> c/h	64
<i>Taxa de Atendimento por servidor</i> c/h	8
<i>Utilização média dos servidores</i> %	100
<i>Média de clientes no sistema</i>	26
<i>Média de clientes na fila</i>	18
<i>Tempo médio no sistema</i> Min	24
<i>Tempo médio de espera na fila</i> Min	17
<i>Intervalo entre chegadas</i> Min	0,96
<i>Tempo médio de atendimento</i> Min	7

Fonte: Elaboradas pelos autores

Tabelas 20 e 21 – Cenário 3: De 14: 00 às 15:00 horas - simulação com 6 e 7 servidores.

<i>Servidor (es)</i>	6
<i>Taxa de Chegada</i> c/h	52
<i>Taxa de Atendimento por servidor</i> c/h	8
<i>Utilização média dos servidores</i> %	108,3
<i>Média de clientes no sistema</i>	28
<i>Média de clientes na fila</i>	21
<i>Tempo médio no sistema</i> Min	32
<i>Tempo médio de espera na fila</i> Min	25
<i>Intervalo entre chegadas</i> Min	1,14
<i>Tempo médio de atendimento</i>  (Ctrl) ▼	7

<i>Servidor (es)</i>	7
<i>Taxa de Chegada</i> c/h	52
<i>Taxa de Atendimento por servidor</i> c/h	8
<i>Utilização média dos servidores</i> %	92,9
<i>Média de clientes no sistema</i>	24
<i>Média de clientes na fila</i>	18
<i>Tempo médio no sistema</i> Min	28
<i>Tempo médio de espera na fila</i> Min	19,98
<i>Intervalo entre chegadas</i> Min	1,14
<i>Tempo médio de atendimento</i> Min	7

Fonte: Elaboradas pelos autores

Tabelas 22 e 23 – Cenário 3: De 15: 00 às 16:00 horas - simulação com 6 e 7 servidores.

Servidor (es)	6	Servidor (es)	7
Taxa de Chegada c/h	53	Taxa de Chegada c/h	53
Taxa de Atendimento por servidor c/h	8	Taxa de Atendimento por servidor c/h	8
Utilização média dos servidores %	110,4	Utilização média dos servidores %	94,6
Média de clientes no sistema	29	Média de clientes no sistema	25
Média de clientes na fila	23	Média de clientes na fila	18
Tempo médio no sistema Min	32,7	Tempo médio no sistema Min	28
Tempo médio de espera na fila Min	26	Tempo médio de espera na fila Min	21
Intervalo entre chegadas Min	1,14	Intervalo entre chegadas Min	1,14
Tempo médio de atendimento Min	7	Tempo médio de atendimento Min	7

Fonte: Elaboradas pelos autores.

4.2.10 Comparação de Sistemas e Identificação das melhores soluções

O sistema de filas existente na agência em questão é descrito pelo modelo M/ 6/ ∞ /PRI. A taxa de atendimento dos clientes convencionais $\lambda_1 = 0,64$ / minuto, já a de clientes preferenciais $\lambda_2 = 0,27$ / minutos. O ritmo de atendimento do sistema = $\lambda_1 + \lambda_2$, ou seja, 0,91 clientes/minuto.

Aumentando o horário de atendimento em uma hora (09:00 às 10: 00), vide cenário 1, o número médio de clientes na fila é de 14,a taxa de atendimento λ do sistema seria 0,83 clientes/minuto, o tempo médio de espera na fila seria de 16,5 minutos, o tempo médio de permanência no sistema de 24 minutos e, finalmente a taxa de utilização dos atendentes seria de 104,2 %, fato que colocaria o sistema em estado não estacionário. Aumentando o numero de servidores para o sistema entrar em estado estacionário e a fila não crescer infinitamente, o mesmo fica com 8

servidores, como no cenário 2. Nesse caso observou-se uma diminuição considerável na taxa de utilização dos atendentes, a qual ficou em cerca de 90 %, o tempo médio de espera na fila foi reduzido a 14 minutos, e a média de clientes na fila foi 14. Com isso, este cenário proposto se enquadra nos prazos determinados pela orientação da instituição financeira, o qual limita a 20 minutos o tempo de espera em dias normais, além de não oferecer aos funcionários da agência uma jornada extenuante, como no primeiro cenário.

Apesar da rotatividade grande dos clientes atendidos na agência, percebeu-se que há um certo padrão nos horários que os mesmos se dirigem à agência, com isso foi elaborado o cenário 3, o qual adiciona 2 atendentes de 10:00 às 11: 00 horas, e um atendente de 14:00 às 16: 00 horas, visando manter o tempo de espera dentro dos limites vigentes.

De 10: 00 às 11:00 horas, com uma taxa de chegadas de 64 clientes/hora, caso seja utilizado 7 atendentes, a média de clientes no sistema seria de 34, o tempo médio de espera na fila seria 32 minutos, e a taxa de ocupação dos servidores seria 114 %. Aumentando para oito o numero de atendentes, a média de clientes na fila cairia para 18, o tempo médio de espera na fila ficaria em 17 minutos, e a utilização dos atendentes seria de 100%. De 14:00 às 15:00 horas, com uma taxa de chegada de 52 clientes/hora, 7 atendentes ficariam com 92% de taxa de utilização, tempo de espera na fila de 19,8 minutos, e média de 18 clientes na fila.

De 15:00 às 16:00 horas, com uma taxa de chegada de 53 clientes/hora, 7 atendentes ficariam com 94,6% de taxa de utilização, tempo de espera na fila de 21 minutos, e média de 18 clientes na fila.

Tabela 24 – Resumo dos cenários analisados.

	ATUAL	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3 10 às 11	CENÁRIO 3 14 às 15	CENÁRIO 3 15 às 16
<i>Servidor (es)</i>	6	6	8	8	7	7
<i>Taxa de Chegada</i> c/h	58	50	58	64	52	53
<i>Taxa de Atendimento por servidor</i> c/h	8	8	8	8	8	8
<i>Utilização média dos servidores</i> %	138	104,2	90,6	100	92,9	94,6
<i>Média de clientes no sistema</i>	34	20	21	26	24	25
<i>Média de clientes na fila</i>	28	14	14	18	18	18
<i>Tempo médio no sistema</i> Min	35	24	21	24	28	28
<i>Tempo médio de espera na fila</i> Min	28	16,5	14	17	19,98	21
<i>Intervalo entre chegadas</i> Min	1,02	1,2	1,02	0,96	1,14	1,14
<i>Tempo médio de atendimento</i> Min	7,5	7,5	7	7	7	7

Fonte: Elaborada pelos autores.

A tabela 24 resume os três cenários analisados. Percebe-se que o primeiro melhorou consideravelmente o tempo de espera na fila, mas a taxa de utilização dos servidores continuou acima de 100%, fato que fez com que tal cenário fosse excluído da proposta de melhoria. Os cenários 2 e 3 se enquadram nas leis vigentes de tempo de espera em fila, além de, pelo fato de ser um trabalho repetitivo, proporcionarem um tempo livre para os funcionários descansarem ao longo da jornada de trabalho.

A tabela 25 resume os custos de implementação das mudanças nos dois cenários. A saber, custos com funcionário adicional diz respeito á salários e encargos com o empregado; Custos de materiais se refere á mesa de trabalho e demais materiais de escritório; e Custos de mudanças de layout engloba as obras para implantar novos postos de trabalho.

Tabela 25 – Custos de implementação das mudanças.

	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
<i>Custos com funcionários adicionais (mensal)</i>	R\$ 6.500,00	R\$ 6.500,00
<i>Custos de materiais (local de trabalho)</i>	R\$ 800,00	R\$ 800,00
<i>Custo de mudanças no layout</i>	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00

Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir da análise da tabela 21, percebeu-se que os custos de implantação dos cenários 2 e 3 são idênticos, mas ao analisar a probabilidade de não existirem clientes no sistema do cenário 2, notou-se que ele chega a mais de 25% em alguns horários, sendo desnecessário 8 atendentes durante todo expediente da agência.

Logo, o cenário 3 é a melhor opção para a agência, pois o mesmo otimiza o tempo de trabalho dos funcionários, abrindo espaço para os atendentes que estariam ociosos realizarem outras atividades internas da agência.

5 CONCLUSÃO

Para o alcance dos objetivos propostos foram utilizados, primeiramente, os conceitos da Teoria das Filas. A referida teoria permitiu a descrição do sistema de filas existente, a análise de seu desempenho, tal qual descreveu Taha (2008). Após a identificação das medidas de desempenho utilizou-se ferramentas de simulação para testar diferentes cenários, alterando o número de caixas, sendo possível, inclusive, a verificação da quantidade necessária de caixas para que o tempo médio de atendimento estivesse de acordo com as exigências.

Percebeu-se que o atual nível de atendimento existente agência ALFA é insuficiente para atender os clientes, além de extenuar seus servidores, cujas taxas de ocupação chegam a superar os 98%, trazendo riscos à sua saúde, já que de acordo com a OMS – Organização Mundial de Saúde, a taxa aceitável seria 66%

Apesar de este estudo contribuir para o despertar do interesse quanto à importância da gestão do tempo, sua principal contribuição é gerencial. Ou seja, tal estudo apresenta ferramentas capazes de melhorar o atendimento geral de uma agência bancária, ou mesmo de qualquer outra entidade ou setor no qual haja a existência de filas, sejam elas físicas, ou mesmo virtuais.

O objetivo geral foi alcançado, identificou-se que a agência é incapaz de atender a seus clientes com a atual quantidade de caixas existentes, a saber, considerando seis caixas efetivos.

Identificou-se, ainda, que a quantidade ótima de caixas dispostos em a manter o tempo médio de espera abaixo dos 20 minutos, é de oito caixas de 09:00 às 10: 00 horas, seis caixas de 10 :00 às 14: 00 horas, e sete caixas de 14: 00 às 16:00 horas.

Este trabalho tornou-se de grande importância para os acadêmicos, pois agregou grande conhecimento teórico e prático sobre o estudo da teoria das filas para análise da capacidade. Com o mesmo, permitiu analisar a capacidade de atendimento, conhecer o funcionamento do sistema de fila, e propor mudanças significativas para garantir melhorias no sistema de fila com relação ao tempo de espera.

Os acadêmicos deixam como sugestões para trabalhos futuros: - realizar a simulação em toda a agência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA DA SILVA, Ana Carolina; LOBATO MARÇAL, Luciana; NOGUEIRA DA COSTA, Nayara. **Aplicação do MASP, utilizando o ciclo PDCA na solução de problemas no fluxo de informações entre PPCP e o almoxarifado de uma fabrica de refrigerantes para o abastecimento de tampas plásticas e rolhas metálicas.** XXVIII Enegep; 13-16, 2008. Rio de Janeiro, RJ. Rio de Janeiro 2008.

Alves de Almeida, Dagoberto; LEAL, Fabiano. **Uma Aplicação de Simulação Computacional no Processo de Atendimento a Clientes de uma Agência Bancária.** XXIII Enegep. Out 21-24, 2003. Ouro Preto MG. Brasil, 2003.

ANDRADE, Eduardo L. **Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para Análise de Decisão**, 3ª edição, Rio de Janeiro: LTC, 2004.

CERVO, Amado Luiz. **Metodologia Científica.** 6ª Edição Ed. Prentice Hall, 2006. São Paulo

CHWIF, Leonardo e MEDINA, Afonso C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos** – Ed. do autor São Paulo (2006). 320 p.

COSTA DE AZEVEDO, Debora; DEMARTINI, Felipe Jorge; DIENSTMANN, Gustavo Henrique. **Simulação Computacional de Processo de Atendimento ao Público numa Agencia Bancária de Forma a Maximizar Eficiência e Rentabilidade.** XXX Enegep; 13-15, 2010. São Carlos, SP. São Paulo 2010.

FARIA, Danielle Brey-Gil. Modelagem e Simulação da Manufatura em uma Indústria de Embalagens Plásticas. **Minas Gerais, 2012.**

FOGLIATTI, Maria Cristina e Mattos; NÉLI, Maria Costa. Teoria das Filas. **Rio de Janeiro: Interciência, 2007.**

FREITAS FILHO, Paulo. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena**. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008. 384p.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de custos**. Ed. ATLAS 2010, 10ª edição 376 p.

MOREIRA, Júlio César Tavares. **Administração de Vendas**. - 2ª Ed. 2007 – Ed. Saraiva

PRADO, Darci Santos do. **Teoria das Filas e da Simulação: série pesquisa operacional**. 2. Ed. INDG Tecnologia e Serviços. Belo Horizonte. MG. 2009. 127p.

PRADO, Darci Santos do. **Usando o Arena em Simulação**. Série Pesquisa Operacional. 3. Ed. INDG Tecnologia e Serviços. Belo Horizonte. MG. 2003. 305p.

PRADO, Darci Santos do. **Gerência de projetos em tecnologia da informação**. Belo Horizonte, MG: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Prentice Hall, 2004