

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO - UENF  
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - LEPROD

JULLIANA ALMEIDA PIRACIABA

SIMULAÇÃO EM SERVIÇOS: UM ESTUDO DE CASO EM AGÊNCIA BANCÁRIA

CAMPOS DOS GOYTACAZES

DEZEMBRO – 2018

JULLIANA ALMEIDA PIRACIABA

SIMULAÇÃO EM SERVIÇOS: UM ESTUDO DE CASO EM AGÊNCIA BANCÁRIA

Dissertação apresentado ao Laboratório de Engenharia de Produção – LEPROD, do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

ORIENTADOR: RODRIGO TAVARES NOGUEIRA

CAMPOS DOS GOYTACAZES

DEZEMBRO – 2018

## FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

P667

Piraciaba, Julliana Almeida.

SIMULAÇÃO EM SERVIÇOS : UM ESTUDO DE CASO EM AGÊNCIA BANCÁRIA /  
Julliana Almeida Piraciaba. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

63 f. : il.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Estadual do  
Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciência e Tecnologia, 2018.

Orientador: Rodrigo Tavares Nogueira.

1. Estudo de caso em uma agência bancária. 2. Simulação em Serviços. 3.  
Simulação por Eventos Discretos. 4. Indicadores de Desempenho. I. Universidade  
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 658.5


JULLIANA ALMEIDA PIRACIABA

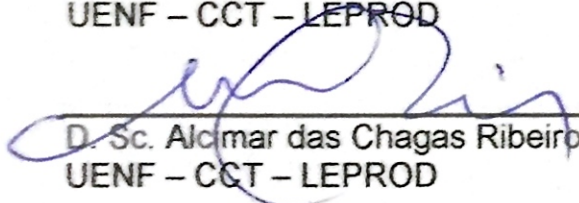
SIMULAÇÃO EM SERVIÇOS: UM ESTUDO DE CASO EM AGÊNCIA BANCÁRIA

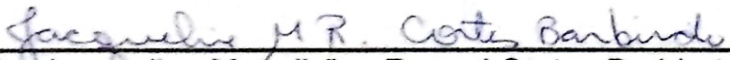
Dissertação apresentado ao Laboratório de Engenharia de Produção – LEPROD, do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.


Aprovada em: 20 de dezembro de 2018.

Comissão Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
D. Sc. Rodrigo Tavares Nogueira – Presidente da Banca (Orientador)  
UENF – CCT – LEPROD

  
\_\_\_\_\_  
D. Sc. Aldmar das Chagas Ribeiro  
UENF – CCT – LEPROD

  
\_\_\_\_\_  
D. Sc. Jacqueline Magalhães Rangel Cortes Barbirato  
UENF – CCT – LEPROD

  
\_\_\_\_\_  
Camila Mendonça Romero Sales  
IFF - DPISAP

CAMPOS DOS GOYTACAZES

DEZEMBRO – 2018

*Dedico à minha amada e querida família:  
meus pais, Lúcia e Geraldo,  
meus irmãos, Viviane e Felipe,  
minha cunhada, Maria da Penha,  
e ao meu sobrinho/afilhado,  
meu príncipe amado, Bernardo.  
Vocês são tudo para mim!*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me proporcionar finalizar mais esta etapa em minha vida.

Agradeço, também, à minha família, principalmente meus pais, meus irmãos e minha cunhada, por me darem total apoio, amor e carinho em todas as fases desses quase três anos de estudo e dedicação ao mestrado.

Não poderia deixar de agradecer aos amigos e colegas de classe por tornarem essa jornada mais fácil, em especial a Josiane Cardoso, Patrick Jhullyan Soares e Cristiano de Oliveira. E também, a Juliana Barcelos Cordeiro, que inicializou este trabalho comigo.

Além destes, manifesto eterna gratidão às amigas Laura Peruzzi, Gina Kelly Prates, Magna Peres e Marina Sanguedo, por todo apoio, incentivo e por sempre acreditarem no meu potencial.

Finalizo agradecendo a todos os professores e funcionários do LEPROD/CCT, pelos ensinamentos e experiências compartilhadas, em especial ao Professor Rodrigo, pela paciência e pela orientação no desenvolvimento desta dissertação. E à Capes, pelo apoio financeiro.

Muitíssimo obrigada!

*“Antes de desistir, descanse. A vitória vem para quem luta.”*

Autor desconhecido

## RESUMO

Considerando que a concorrência entre os bancos vem crescendo cada vez mais, as agências bancárias necessitam oferecer serviços de alta qualidade e com melhorias contínuas. Uma forma de avaliar os serviços bancários e de propor melhorias é através do estudo do comportamento de indicadores de desempenho. Nesta dissertação é feito o estudo do comportamento de indicadores de desempenho, de uma agência bancária privada, localizada na Cidade de Campos dos Goytacazes – Rio de Janeiro. Com isso o objetivo deste trabalho é estudar e avaliar indicadores da Agência, como o tempo de espera na fila, tempo de atendimento e a utilização da capacidade do sistema, através de simulação computacional para analisar diversos cenários, com o intuito de propor melhorias no sistema atual que irão contribuir positivamente nos indicadores de desempenho, como confiabilidade, qualidade, velocidade e custo, para a Agência. Para isso, dados de chegada dos clientes à Agência e os tempos de atendimento, tanto dos caixas eletrônicos e manuais como das mesas de atendimento, foram coletados e após, tratados pelo *Input Analyzer* com o intuito de determinar a distribuição de probabilidades mais aderente ao conjunto de valores. Após a coleta dos dados e da identificação do comportamento das variáveis (fluxo de clientes) foi possível elaborar o Modelo Conceitual da Agência. Um modelo de simulação foi construído com a utilização do *Software ARENA* para modelagem do sistema atual e simulação de cenários hipotéticos, com o intuito de verificar as mudanças que a disposição dos recursos (humanos e/ou eletrônicos) irá provocar nos indicadores de desempenho, tais como tempo de espera na fila, tempo de atendimento e utilização da capacidade do sistema. Os resultados permitem aos gestores avaliar o impacto nos objetivos estratégicos da Agência.

**Palavras-chave:** Indicadores de desempenho; Serviços; Simulação por eventos discretos.



## **ABSTRACT**

Considering that competition among banks is gradually increasing, bank agencies need to offer high-quality services and continuous improvements. One way to evaluate banking services and propose improvements is by studying the behavior of performance indicators. In this dissertation the behavior of performance indicators of a private banking branch located in the City of Campos dos Goytacazes - Rio de Janeiro, is analyzed. Therefore, the objective of this work is to study and evaluate Agency indicators, such as queuing time, service time and the utilization of the system capacity, through computer simulation to analyze several scenarios, with the purpose of proposing improvements in the system which will contribute positively to performance indicators, such as reliability, quality, speed and cost, for the Agency. To that end, the customers' arrival data and the service times of both the ATMs and manuals and the service desk were collected and then processed by the Input Analyzer in order to determine the probability distribution more closely to the set of values. After collecting the data and identifying the behavior of the variables (client flow) it was possible to elaborate the Agency's Conceptual Model. A simulation model was constructed using ARENA Software to model the current system and simulate scenarios to verify the changes that the human and / or electronic resource disposition will cause in the performance indicators such queuing time, service time, and system capacity utilization. The results allow managers to assess the impact on the Agency's strategic objectives.

**Key words:** Performance indicators; Services; Simulation by discrete events.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo de decisão de filas baseado em custo.....	17
Figura 2 – Representação esquemática de um sistema com fila .....	18
Figura 3 - Fluxograma das ideias de aperfeiçoamento .....	25
Figura 4 - Mudanças de estado em modelos discretos. ....	26
Figura 5 – Relação entre estado, evento, atividade e processo.....	28
Figura 6 - Sucessores do Software ARENA.....	29
Figura 7 - Estações de trabalho e opções de fluxo para a entidade.....	31
Figura 8 – Metodologia da Simulação .....	41
Figura 9 - Layout da Agência X.....	44
Figura 10 – Modelo Conceitual.....	46
Figura 11 – Modelo de Simulação da Agência X.....	47
Figura 12 – Histograma dos Tempos de Chegada dos Clientes à Agência X.....	48
Figura 13 – Histograma dos Tempos de Uso/Atendimento dos Caixas Eletrônicos..	48
Figura 14 – Histograma dos Tempos de Atendimento das Mesas de Atendimento ..	48
Figura 15 – Histograma dos Tempos de Atendimento dos Caixas Manuais .....	49

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Notação-padrão para representar os elementos da situação de fila de espera .....	21
Quadro 2– Resultado das replicações do Cenário Real.....	57
Quadro 3 – Resultado das replicações do Cenário 1 .....	58
Quadro 4 – Resultado das replicações do Cenário 2 .....	59
Quadro 5 – Resultado das replicações do Cenário 3 .....	61
Quadro 6 – Resultado das replicações da % de utilização da capacidade dos caixas Manuais do Cenário Estudado .....	62
Quadro 7 – Resultado das replicações da % de utilização da capacidade dos caixas Eletrônicos do Cenário Estudado .....	62
Quadro 8 – Resultado das replicações da % de utilização da capacidade das mesas de atendimento do Cenário Estudado .....	63

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado do Input Analyzer (Distribuição de Probabilidades) .....	49
Tabela 2 – TMaxq do Cenário Estudado .....	50
Tabela 3 – TMaxq dos três Cenários Simulados.....	50
Tabela 4 - % Utilização da capacidade do Sistema .....	51

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....</b>	<b>12</b>
1.1 Introdução.....	12
1.2 Objetivo .....	12
1.3 Problema de Pesquisa.....	13
1.4 Justificativas .....	13
1.5 Estrutura do Trabalho.....	14
<b>CAPÍTULO II - REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1 Modelagem de Sistemas .....	15
2.1.1 Teoria de filas .....	16
2.1.2 Simulação .....	22
2.1.2.1 <i>Simulação por eventos discretos</i> .....	26
2.2 Software ARENA .....	29
2.3 Indicadores de Desempenho .....	32
2.4 Serviços.....	34
2.4.1 Classificação dos serviços .....	36
2.4.2 Equilibrando oferta e demanda .....	36
2.5 Aplicações da Simulação .....	37
<b>CAPÍTULO III - METODOLOGIA.....</b>	<b>41</b>
3.1 Concepção.....	41
3.2 Implementação .....	42
3.3 Análise .....	42
3.4 Descrição da Agência.....	42
<b>CAPÍTULO IV – APLICAÇÃO DO MÉTODO E RESULTADOS .....</b>	<b>45</b>
4.1 Dados de Entrada .....	45
4.2 Implementação do Modelo Computacional .....	47
4.3 Resultados e Análises .....	48
<b>CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>54</b>
<b>APÊNDICE A – RESULTADOS DAS REPLICAÇÕES .....</b>	<b>57</b>

## CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

### 1.1 Introdução

Os bancos são estabelecimentos de extrema importância para a sociedade brasileira, e para o Brasil. Eles são instituições financeiras de caráter essencial para o desenvolvimento do país, pelos seus serviços oferecidos, que facilitam as transações de pagamento e de crédito. Portanto, seus serviços devem ser indiscutivelmente confiáveis.

Como em qualquer outra organização, os bancos, além de eficientes e eficazes, precisam ser competitivos, isto é, serem mais eficientes e eficazes que os seus concorrentes, garantindo a satisfação de seus clientes.

Sendo assim, uma das responsabilidades da administração de produção, segundo Slack *et al.* (2009, p. 313) é prover a capacidade produtiva para satisfazer à demanda atual e futura. Em se tratando de operações de serviços, onde, por sua natureza, não se pode estocar seus produtos, o planejamento e controle da capacidade é, melhor abordado, utilizando a Teoria das Filas ou de espera (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009, p. 338). Ainda segundo os autores, a abordagem de filas é útil, em operações de serviço, pois lida com a questão da variabilidade, tanto em relação à chegada dos clientes em um processo, como em relação à duração do processamento de cada cliente (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009, p. 349).

De acordo com Henchey *et al.* (2014) usar a simulação para modelar fatores observados na vida real permite aos pesquisadores testar vários cenários antes da implementação. Nas últimas décadas, a aplicação de modelagem, simulação e análise nos diferentes campos foi aumentada, devido a fatores como o aumento dos custos de gerenciar mudança, implementação de novas técnicas e globalização da economia de mercado (HATAMI et al., 2014).

### 1.2 Objetivo

Com isso, utilizando as abordagens de filas e a de simulação, este trabalho tem como objetivo estudar e avaliar indicadores de desempenho, em uma Agência Bancária - tais como o tempo de espera na fila, tempo de atendimento e a utilização da capacidade do sistema - através de simulação do atendimento nos caixas

eletrônicos, nas mesas e caixas manuais, analisando-os em diversos cenários, com o intuito de propor melhorias no sistema atual que irão contribuir positivamente nos indicadores de desempenho, como confiabilidade, qualidade, velocidade e custo, para a Agência estudada.

### **1.3 Problema de Pesquisa**

Atendimento é uma componente eficiente e essencial para a competitividade, porém, algumas unidades bancárias apresentam grande dificuldade nesse aspecto. E com o crescente aumento da concorrência no setor bancário, os clientes exigem cada vez mais por serviços de alta qualidade e rapidez, por exemplo, o tempo excessivo de espera na fila pode gerar inconveniências e/ou custos para os clientes. Assim, o presente trabalho estuda a formação das filas e como elas se comportam ao mudar a disponibilidade de caixas, tanto manuais, como automáticos.

### **1.4 Justificativas**

Fogliatti e Mattos (2007, p. 1) comentam que na vida dos indivíduos, as filas de espera por serviços estão presentes no dia-a-dia, e como elas não podem ser evitadas, elas tendem a ser toleradas, apesar dos atrasos e das inconveniências que causam. Contudo, segundo as autoras, os processos que geram filas podem ser estudados e dimensionados de tal forma que possa aliviar os prejuízos em tempo de produtividade, além das perdas financeiras que elas acarretam.

Sendo a satisfação dos clientes imprescindível para os estabelecimentos bancários, pois um cliente insatisfeito não compra o serviço, é indispensável que os bancos invistam em melhorias contínuas nos serviços prestados para satisfazer à sua clientela. Para tanto, é necessário saber o desempenho dos seus próprios serviços, estudar o comportamento e analisá-los para poder propor melhorias no processo.

Davis *et al.* (2001, p. 121) argumentam que a capacidade de medir o desempenho das organizações é um fator-chave para o sucesso das mesmas e que tal informação fornece aos gerentes dados que irão permitir que se verifique se as metas ou padrões esperados foram alcançados.

Para Krajewski *et al.* (2009, p. 119) um processo pode ser melhorado quando ele é entendido. Os autores mencionados dizem que a melhoria do processo é o estudo sistemático das atividades e fluxos de cada processo, a fim de melhorá-lo, ao saber os números, entender o processo e extrair os detalhes. Ainda segundo Krajewski *et al.* (2009, p. 137), um modelo de simulação vai além das ferramentas de análise de dados, pois pode mostrar como o processo muda dinamicamente ao longo do tempo. Além disso, com um processo já moldado, o analista pode fazer mudanças no modelo para medir o impacto sobre alguns indicadores, como o tempo de resposta, filas de espera, utilização de recursos, e assim por diante.

### **1.5 Estrutura do Trabalho**

No Capítulo II é feita uma revisão bibliográfica para efeito de embasamento teórico, onde são apresentados conceitos e definições de modelagem de sistemas, como a teoria de filas e simulação. O *software* ARENA é explicado e indicadores de desempenho também são comentados e algo sucinto sobre serviços, sua classificação e como equilibrar a oferta e a demanda, e por fim, algumas aplicações do uso da simulação são apresentadas.

No Capítulo III é apresentada a metodologia utilizada para se alcançar o objetivo do trabalho.

No Capítulo IV é discutido como o método foi aplicado, os resultados obtidos, com o Modelo de Simulação da Agência, são mostrados, juntamente com uma análise e discussão dos mesmos.

E, por fim, no Capítulo V são feitas as considerações finais, embasadas nos resultados alcançados com a Simulação.



## CAPÍTULO II - REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é feita uma revisão bibliográfica para efeito de embasamento teórico. E nas seções seguintes são apresentados conceitos e definições de modelagem de sistemas, que inclui teoria de filas e simulação. Também é explicado o *software* ARENA, utilizado neste trabalho. Além disso, comenta-se de indicadores de desempenho e algo sucinto sobre serviços, sua classificação e como equilibrar a oferta e a demanda. Por fim, têm-se algumas aplicações de trabalhos utilizando a simulação no setor de serviços.

### 2.1 Modelagem de Sistemas

Para Slack *et al.* (2009, p. 101–102) no mapeamento de processo está envolvida a descrição de processos em termos de como as atividades relacionam-se entre si dentro do processo. Para eles muitas técnicas podem ser usadas, porém, todas as técnicas identificam os tipos diferentes de atividades que ocorrem durante o processo e mostram o fluxo de materiais, pessoas ou informações que o percorrem.

Para as organizações proporcionarem melhor qualidade a preços mais baixos elas devem rever continuamente todos os aspectos de suas operações, cada aspecto do processo deve ser examinado por um indivíduo ou equipe completa usando as ferramentas adequadas e procurar maneiras de racionalizar as tarefas, eliminar processos inteiros, cortar materiais ou serviços dispendiosos, melhorar o ambiente ou tornar as tarefas mais seguras, e assim, encontrar meios de diminuir os custos e os atrasos, e aumentar a satisfação dos clientes (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009, p. 119).

Ainda segundo Krajewski *et al.* (2009, p. 3) uma organização que oferece serviços e produtos de alto nível a preços baixos é uma concorrente formidável. Os autores dizem ainda que o segredo do sucesso de muitas organizações é a ampla compreensão de como funcionam seus processos.

Prado (2008, p. 17) afirma que quando se efetuam certos tipos de estudos de planejamento, geralmente o interesse é em saber qual a quantidade correta de pessoas e equipamentos (sejam elas máquinas, veículos, ferramentas, etc) ou qual é o melhor layout e o melhor roteiro de fluxo dentro do sistema que está sendo analisado. Isto é, deseja-se que o sistema tenha um funcionamento eficiente ou otimizado. Para o autor, otimizado significa dizer que o sistema terá um custo adequado e usuários satisfeitos com o ambiente ou com o serviço oferecido.

Um sistema ou processo está balanceado quando adequadamente dimensionando, tais estudos são chamados de modelagem de sistemas (PRADO, 2008, p. 18). O autor ainda diz que para dimensionar adequadamente um sistema, deve-se dedicar atenção especial aos gargalos, que são os pontos onde ocorrem as filas.

A Teoria das Filas e a Simulação estão entre as técnicas disponíveis para a Modelagem de Sistemas, sendo a simulação a técnica mais utilizada (PRADO, 2008, p. 18). O mesmo ainda diz que a Teoria das Filas é um método analítico que aborda a modelagem de sistemas por meio de fórmulas matemáticas, já a simulação é uma técnica que procura montar um modelo que melhor represente o sistema em estudo utilizando um computador.

Segundo Taha (2008, p. 2) os modelos de filas e simulação tratam do estudo de filas de espera, e que não são técnicas de otimização, mas em vez disso, são técnicas para determinar as medidas de desempenho de filas de espera, como o comprimento médio de uma fila, o tempo médio de espera em fila e a média de utilização da instalação.

A simulação é útil quando os modelos de filas de espera se tornam muito complexos (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009, p. 154).

Prado (2008, p. 18–19) diz que a modelagem de filas pôde ser analisada pelo ângulo da simulação com o surgimento do computador na década de 50, onde não mais se utilizam as fórmulas matemáticas, mas apenas tenta-se imitar o funcionamento do sistema real.

As duas técnicas são abordadas mais detalhadamente nas subseções seguintes.

### 2.1.1 Teoria de filas

“A **Teoria de 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.” (FOGLIATTI; MATTOS, 2007, p. 1).

Para Fogliatti e Mattos (2007, p. 1) o número de elementos na fila, o tempo de espera pelo atendimento e tempo ocioso dos prestadores do serviço são exemplos de medidas de desempenho. As autoras dizem que o estudo da quantidade dessas

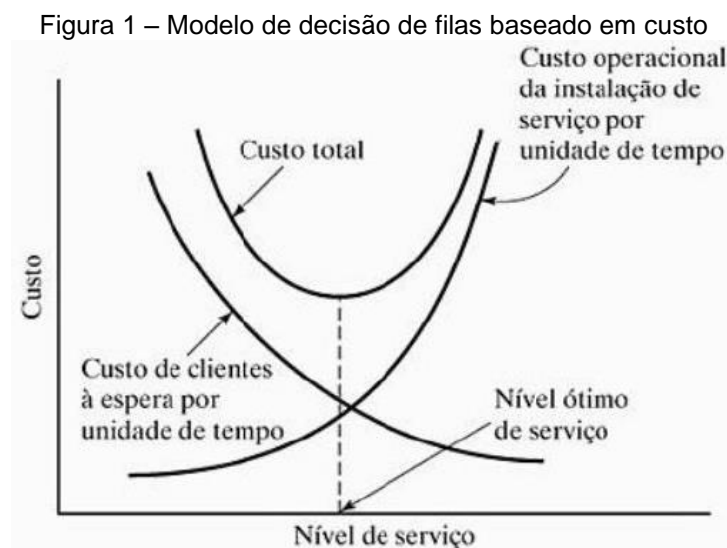
medidas de desempenho é importante no processo de tomada de decisão quanto à modificação ou manutenção da operação do sistema no seu estado atual, além de facilitar o dimensionamento racional da infraestrutura, de recursos humanos e financeiros, de equipamentos e instalações, assim, visando um melhor desempenho global.

Fogliatti e Mattos (2007, p. 7) definem um sistema com fila como sendo qualquer processo em que usuários, provenientes de uma determinada população, chegam para receber um serviço no qual, quando necessário, esperam para serem atendidos, saindo do sistema quando o serviço é completado. As autoras acrescentam dizendo que essa espera pelo serviço acontece quando a demanda é maior do que a capacidade de atendimento oferecido, em termos de fluxo.

Taha (2008, p. 247) diz que as filas são estudadas, pois elas fazem parte da vida diária e não é uma experiência só do ser humano, mas dos produtos também. O autor ainda diz que a espera não pode ser completamente eliminada sem incorrer em despesas desproporcionais, reduzir o impacto adverso a níveis aceitáveis ou toleráveis é a meta. Ele acrescenta dizendo que o objetivo da análise de filas é oferecer um serviço razoavelmente satisfatório a clientes à espera.

Os resultados da análise de filas podem ser usados em um modelo de otimização de custo, pelo qual se procura a minimização da soma de dois custos: o custo de oferecer o serviço e o custo da espera (TAHA, 2008, p. 247).

A Figura 1 mostra um modelo de decisão de filas baseado em custo.



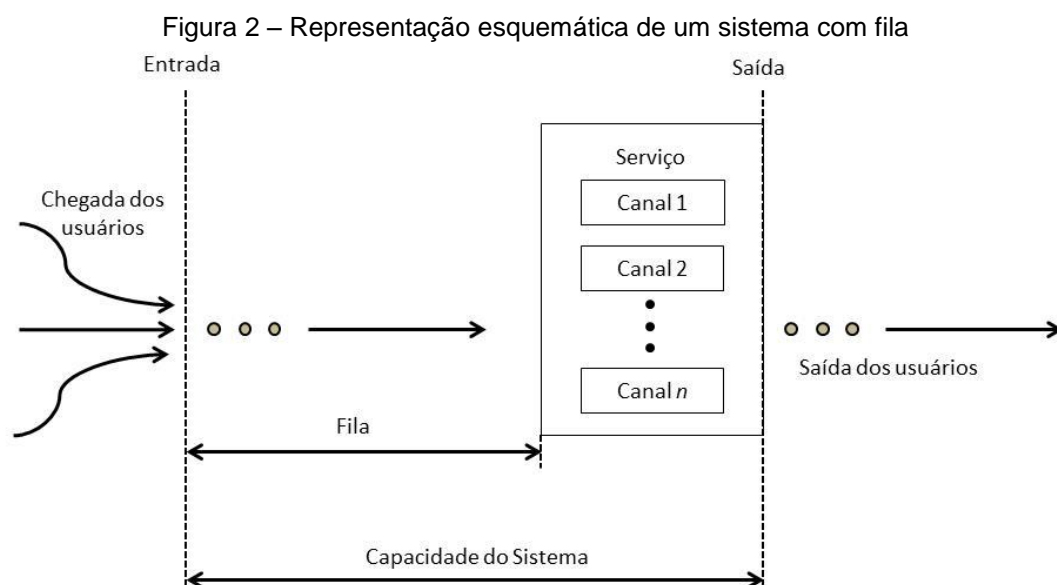
Fonte: Taha (2008)

Pela Figura 1 pode-se ver que o custo de clientes à espera por unidade de tempo diminui à medida que aumenta o nível de serviço, porém o custo operacional da instalação de serviço por unidade de tempo aumenta à medida que o nível de serviço aumenta. O nível de serviço ótimo é alcançado no menor valor da soma dos dois custos.

Taha (2008, p. 247) diz que para implementar um modelo de custos, o principal obstáculo é a dificuldade de obter estimativas confiáveis do custo de espera, particularmente quando o comportamento humano é uma parte integral da operação.

Para Fogliatti e Mattos (2007, p. 7) usuários, canais ou postos de serviço/atendimento e um espaço designado para a espera compõem fisicamente um sistema com fila.

Nesse sistema, os usuários chegam, de acordo com um determinado comportamento que caracteriza o processo de chegada, para serem atendidos pelos canais ou postos de serviço (que funcionam em paralelo) de acordo com um padrão de atendimento. Se os postos estão ocupados, os usuários aguardam em uma fila única em um espaço designado para tal. Quando um canal de serviço fica livre, um dos usuários da fila é chamado para o atendimento segundo algum critério estabelecido pela gerência. O usuário é liberado do sistema assim que o serviço é completado (FOGLIATTI; MATTOS, 2007, p. 7). A estrutura básica de um sistema com fila está representada na Figura 2.



Fonte: Adaptado de Fogliatti e Mattos (2007, p. 8)

Os elementos necessários para a caracterização de um sistema com fila, Segundo Fogliatti e Mattos (2007, p. 8–10), são:

- a) Processo de Chegada dos Usuários: tal processo é especificado pelo comportamento do fluxo de chegadas dos usuários ao sistema. Pode ser determinístico ou probabilístico. Se o número de chegadas e os instantes de tempo em que elas ocorrem são conhecidos, o processo é determinístico, caso contrário, o processo tem um comportamento aleatório constituindo um processo estocástico caracterizado por uma distribuição de probabilidade. Para tal distribuição, é necessária que se especifique a taxa de chegadas, que é o número médio de usuários que chegam ao sistema por unidade de tempo.
- b) Processo de Atendimento: esse processo é especificado pelo comportamento do fluxo de usuários atendidos e sua caracterização é análoga à do processo de chegada.
- c) Canais ou Postos de Serviços/Atendimento: os canais ou postos de serviço (em paralelo) são os locais (físicos ou não) onde os usuários são atendidos. O número de postos pode ser finito ou infinito. Finito significa que o canal ou posto de serviço/atendimento é limitado a um determinado tamanho/número. Já infinito é abundante.
- d) Capacidade do Sistema: é o número máximo de usuários que o sistema comporta, incluindo fila e atendimento, e pode ser finita ou infinita. Como exemplo de capacidade finita, pode-se citar um consultório médico que permite um número máximo de pacientes aguardando pelo atendimento, neste caso, quando a capacidade é atingida, os próximos usuários que chegam são rejeitados. Como exemplo de capacidade infinita pode-se citar um caixa de supermercado, os clientes chegam para atendimento e caso o caixa não esteja disponível, eles aguardam, formando as filas.
- e) Disciplina de Atendimento: é o critério estabelecido pela gerência do sistema, segundo o qual os usuários, que se encontram na fila, são atendidos assim que um posto fica disponível. As disciplinas de atendimento FIFO (*first in – first out*), LIFO (*last in – first out*), PRI (*priority service*) e SIRO (*service in random order*) são as mais utilizadas.

Para Taha (2008, p. 248) os principais protagonistas de um modelo de fila são o **cliente** e o **servidor**, onde os clientes são gerados por uma **fonte**, que ao chegarem a uma instalação de serviço, podem iniciar o serviço imediatamente ou,

caso a instalação de serviço estiver ocupada, esperar em uma **fila**. Quando uma instalação conclui um serviço, ela chama um cliente que está na fila à espera do serviço, caso não haja nenhum, a instalação ficará ociosa até a chegada de um novo cliente.

Para a análise de filas, a chegada de clientes é representada pelo **intervalo de tempo** entre cada cliente, e o serviço é descrito pelo **tempo de serviço/atendimento** por cliente (TAHA, 2008, p. 248). Assim como para Fogliatti e Mattos (2007, p. 8), para Taha (2008, p. 248), de modo geral, os intervalos de tempo entre chegadas e os tempos de serviço podem ser probabilísticos, por exemplo, como no funcionamento de uma agência de correio, ou determinísticos, como na chegada de candidatos a entrevistas de emprego.

O **tamanho da fila** pode ser finito ou infinito, como exemplo de finito pode-se citar a área de segurança entre duas máquinas sucessivas e como de infinito, serviços de mala direta (TAHA, 2008, p. 248).

A ordem na qual os clientes são selecionados em uma fila representa a **disciplina da fila**, sendo a mais comum o **primeiro a chegar, primeiro a ser servido** (FCFS – *first come – first served*), tendo outras como **último a chegar, primeiro a ser servido** (LCFS – *last come, first served*), **serviço em ordem aleatória** (Siro – *service in random order*) e com base em algum critério de **prioridade** (TAHA, 2008, p. 248). Por exemplo, como atendimento prioritário, na emergência de um hospital, os casos mais graves são atendidos antes dos menos graves.

Para Taha (2008, p. 248) o comportamento dos clientes em filas também desempenha um papel na análise da fila de espera, pois os clientes, sendo humanos, podem trocar de uma fila para outra na esperança de reduzir o tempo de espera, caso os servidores sejam organizados em séries. Os clientes também podem desistir de se juntar a uma fila, caso a espera prevista seja longa ou eles podem abandonar uma fila porque já estão esperando há tempo demais.

O projeto da instalação ou do dispositivo de serviço pode incluir servidores em paralelos ou também podem ser organizados em séries. Como exemplo de servidores em paralelo, podem-se citar agências de correio ou operações bancárias, e como servidores em séries, roteadores em uma rede de computadores (TAHA, 2008, p. 248).

Taha (2008, p. 248) diz que a fonte da qual os clientes são gerados pode ser finita ou infinita, sendo que a fonte finita limita a chegada de clientes para serviço e uma fonte infinita é sempre abundante, como, por exemplo, telefonemas que chegam a uma central de telefonia. Variações nesses elementos de uma situação de fila, para o autor, dão origem a uma variedade de modelos de fila. Porém, Taha (2008, p. 255) diz que uma notação conveniente usada para resumir as características da situação de fila é dada pelo seguinte formato:

$$(a/b/c):(d/e/f)$$

onde  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$  e  $f$  são, respectivamente: distribuição de chegadas, distribuição de partidas (tempo de atendimento), número de servidores paralelos, disciplina da fila, tamanho máximo (finito ou infinito) permitido no sistema e tamanho da fonte de usuários (finito ou infinito).

Os três primeiros elementos da notação,  $(a/b/c)$ , são conhecidos na literatura como notação de Kendall, pois foram inventados por D. G. Kendall em 1953. Já os símbolos  $d$  e  $e$  foram adicionados em 1966 por A. M. Lee e em 1968, o mesmo autor adicionou o último elemento,  $f$  (TAHA, 2008, p. 255).

A notação-padrão, mencionada por Taha, para representar as distribuições de chegadas e partidas (símbolos  $a$  e  $b$ ) e a notação da disciplina da fila (símbolo  $d$ ) podem ser vistos em forma de tabela no Quadro 1.

Quadro 1 - Notação-padrão para representar os elementos da situação de fila de espera

Característica	Símbolo	Significado
Distribuição de chegadas e partidas ( $a$ , $b$ )	D	Tempo constante (determinístico)
	M	Distribuição markoviana (ou de Poisson) de chegadas ou partidas (ou a distribuição exponencial equivalente do intervalo de tempo entre chegadas ou da distribuição do tempo de serviço)
	$E_k$	Distribuição de Erlang ou gamma do tempo (ou a equivalente soma de distribuições exponenciais independentes)
	GI	Distribuição geral (genérica) do intervalo de tempo entre chegadas
	G	Distribuição geral (genérica) de tempo de serviços
Disciplina da Fila ( $d$ )	FIFO	Atendimento por ordem de chegada
	LIFO	O último cliente a entrar é o primeiro a sair
	SIRO	Atendimento Aleatório
	GD	Qualquer tipo de disciplina
	PRI	Ordem por Prioridade

Fonte: Adaptado de Taha (2008, p. 255)

### 2.1.2 Simulação

A simulação é uma área da Pesquisa Operacional. Segundo Taha (2008, p. 1) foi durante a Segunda Guerra Mundial, na Inglaterra, que as primeiras atividades formais de pesquisa operacional foram iniciadas, quando uma equipe de cientistas britânicos decidiu tomar decisões com bases científicas sobre a melhor utilização de material de guerra.

Para Gallagher e O'Sullivan (2012, p. 39) a ciência da simulação só veio à tona no final do século XX e início do século XXI, apesar de a arte de simular já ter sido conhecida há mais tempo. Para eles a simulação é a imitação de alguma coisa real, estado de coisas ou processo. E o ato de simular algo implica em representar certas características-chave ou comportamentos de um sistema físico ou abstrato selecionado.

De acordo com Taha (2008, p. 272), a simulação do sistema é o segundo melhor procedimento depois da observação do sistema real. Para ele a simulação trata de uma imitação computadorizada do comportamento aleatório de um sistema, tendo como finalidade estimar suas medidas de desempenho. O autor ainda diz que basicamente, a simulação vê uma situação operacional como uma fila de espera em uma instalação de serviço. Se os movimentos de clientes na instalação forem acompanhados passo a passo, dados estatísticos pertinentes podem ser coletados, como, por exemplo, tempo de espera em fila e comprimento da fila (TAHA, 2008). O autor acrescenta que “A tarefa de utilizar simulação começa com o desenvolvimento da lógica computacional de um modo que permitirá coletar os dados necessários.”

Conforme Choi e Kang (2013, p. 6) uma definição de simulação do dicionário é que é uma técnica que imita o comportamento de alguma situação por meio de uma situação análoga ou mecanismo para obter informações mais convenientes ou para treinamentos pessoais (ou entretenimento).

“A simulação é uma técnica utilizada tanto para projeto e avaliação de novos sistemas, como para reconfiguração física ou mudanças no controle e/ou regras de operação de sistemas existentes.” (SAKURADA; MIYAKE, 2009). Os autores ainda dizem que as aplicações das técnicas de simulação auxiliam os gestores na tomada de decisão e possibilitam um melhor entendimento dos processos nas organizações.

Para Freitas Filho (2008, p. 19) ‘um modelo de simulação permite que o analista possa substituir o olhar sobre os resultados apresentados por um sistema



real, por um olhar sobre os resultados apresentados por um modelo válido, desse mesmo sistema'. Segundo o autor, assim como se pode compreender o comportamento de um sistema colhendo as amostras de sua operação e realizando um processo de inferência estatística, pode-se e deve-se ser realizado o mesmo quando se tratam de modelos de sistemas. Ou seja, para o autor, as respostas de modelos de simulação são amostras de comportamento do sistema que ele representa. Assim, para tomar qualquer decisão com base nessas amostras, um processo de inferência estática deve ser realizado.

Freitas Filho (2008, p. 19) acrescenta que o emprego de modelos de simulação pressupõe o conhecimento de algumas técnicas estatísticas fundamentais e que tais técnicas são importantes, não só na construção dos modelos, mas para a perfeita compreensão e validação dos resultados apresentados por esses modelos, principalmente.

A simulação possibilita experimentar e testar diversas versões de sistema (modelo) sob diferentes cenários, e isto, de acordo com Freitas Filho (2008, p. 19) é extremamente estimulante para os analistas. Com um processo já moldado, o analista pode fazer mudanças no modelo, por exemplo, para medir o impacto sobre certos indicadores, como o tempo de resposta, filas de espera, utilização de recursos, e assim por diante (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009, p. 137).

Simulação, para Krajewski *et al.* (2009, p. 154), é o ato de reproduzir o comportamento de um sistema usando um modelo que descreve seus processos, com tal modelo desenvolvido, o analista pode manipular certas variáveis para medir os efeitos de alterações sobre as características operacionais de interesse. Porém, um modelo de simulação não pode prescrever o que deve ser feito em relação a um problema, mas sim, ser usado para estudar soluções alternativas para o problema. As alternativas são implementadas no modelo e as características operacionais de interesse são registradas. Depois de comparadas as alternativas, a melhor é selecionada.

Além de a simulação ser útil quando os modelos de filas de espera se tornam muito complexos, utilizar a simulação para analisar processos pode ser baseada em outros fatores, segundo Krajewski *et al.* (2009, p. 154–155), tais como:

- a) Quando a relação entre as variáveis é não linear ou quando a situação envolver muitas variáveis ou restrições para lidar com abordagens de otimização, os

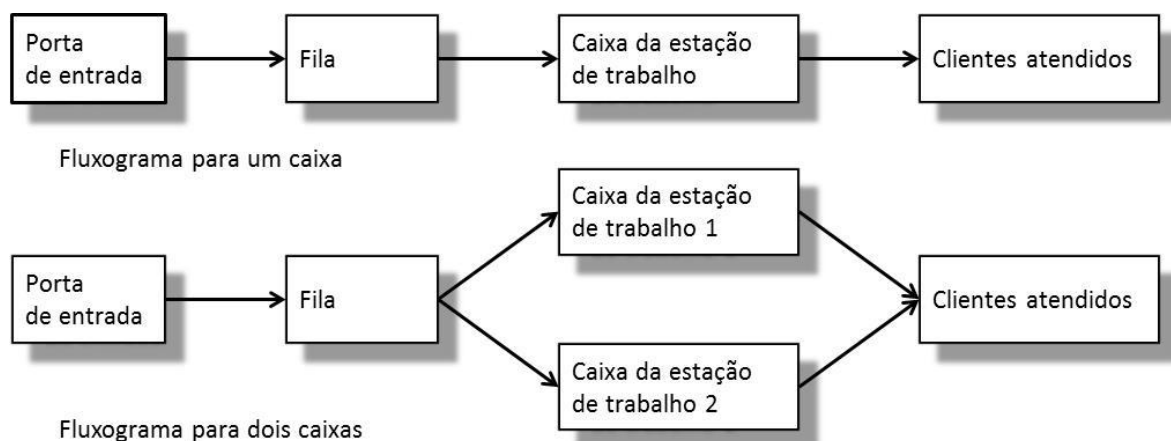
- modelos de simulação podem ser usados para estimar características operacionais ou valores de funções objetivas, e para analisar um problema;
- b) Para conduzir experimentos sem interromper sistemas reais, pois fazer experiências com sistema real pode ser dispendioso. Por exemplo, os benefícios de compra e instalação de um novo sistema industrial flexível podem ser estimados por um modelo de simulação sem que haja a necessidade de instalar esse sistema antes;
  - c) Para obter estimativas de características operacionais em muito menos tempo do que seria gasto para coletar os mesmos dados de um sistema real. Essa característica da simulação é chamada de compressão de tempo. Por exemplo, em aeroportos, um modelo de simulação de operações pode gerar estatísticas sobre chegadas de aviões, atrasos na aterrissagem e atrasos nos terminais, para um determinado período, em questões de minutos em um computador, assim, os projetos alternativos para o aeroporto podem ser analisados e as decisões tomadas com mais rapidez;
  - d) Para estimular habilidades gerenciais de tomada de decisão por meio de jogos. Pode-se desenvolver um modelo descritivo que relacione decisões administrativas a características operacionais importantes, tais como lucros, participação no mercado, etc.. Por exemplo, a partir de um conjunto de condições iniciais, os participantes tomam decisões periódicas com a intenção de aperfeiçoar uma ou mais características operacionais, assim, o tempo de um ano pode ser simulado com um jogo de algumas horas. Também se possibilita aos administradores fazer experimentos com novas ideias sem interromper operações comuns.

Krajewski *et al.* (2009, p. 137–139) utilizaram o software SimQuick para ilustrar a simulação de um processo dentro de um pequeno banco, onde os clientes entram e ficam em uma fila única, são atendidos por um caixa e, após, saem do banco. O banco possui um caixa que trabalha de 9 às 11h da manhã. A espera na fila parece ser muito longa e a administração está preocupada, portanto, está considerando duas ideias de aperfeiçoamento do processo: acrescentar um caixa durante essas horas ou instalar uma nova máquina de leitura de cheques automatizada, que poderá ajudar o único caixa a atender os clientes mais rapidamente. Para a construção do modelo, um primeiro passo é desenhar um

fluxograma do processo, utilizando-se de ferramentas adequadas disponíveis no *software*.

A figura 3 mostra os fluxogramas para as duas ideias de aperfeiçoamento. Após, é necessário inserir as informações que descrevem cada atividade dentro do processo, tais informações são: quando as pessoas chegam à porta, quanto tempo o caixa leva para atender um cliente e o comprimento máximo da fila. Quando as pessoas chegam à porta é a taxa de chegada dos clientes ao sistema e quanto tempo o caixa leva para atender um cliente é a taxa de saída do cliente do sistema, ambos são descritos por distribuições estatísticas. No exemplo de Krajewski *et al.* (2009, p. 139), o modelo original e as duas ideias de aperfeiçoamento foram executados 30 vezes, simulando as horas de 9 às 11h da manhã e as estatísticas foram coletadas pelo *software* e apresentadas como uma média obtida ao longo das 30 simulações.

Figura 3 - Fluxograma das ideias de aperfeiçoamento



Fonte: adaptado de Krajewski *et al* (2009, p. 139)

As estatísticas, junto com informações sobre custos, ajudam a administração a selecionar o melhor processo (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009, p. 139).

Freitas Filho (2008, p. 47) diz que a caracterização de um modelo é dada em função da maneira com que as mudanças ocorrem nas variáveis de estado do sistema, ou seja, é possível classificar um sistema dependendo da maneira como ele foi modelado. O autor diz que o modelo que é classificado, não o sistema, com base nas variáveis necessárias ao acompanhamento do estado do sistema.

Para Taha (2008, p. 274) existem dois tipos de modelos de simulação: modelos contínuos e modelos discretos. Os “**Modelos contínuos** tratam de

sistemas cujo comportamento muda *continuamente* ao longo do tempo.”. Já os “**Modelos discretos** tratam primordialmente do estudo de filas de espera, com o objetivo de determinar medidas como o tempo médio de espera e o comprimento da fila.”. Tais medidas somente mudam quando um cliente entra ou sai do sistema.

Pidd (1998, p. 230) diz que qualquer que seja a abordagem de modelagem utilizada, um modelo de simulação deve ser capaz de captar as mudanças que ocorrerem no sistema real ao longo do tempo. O autor acrescenta que, além dos modelos contínuos e discretos, a simulação pode ser caracterizada também por uma combinação entre ambos.

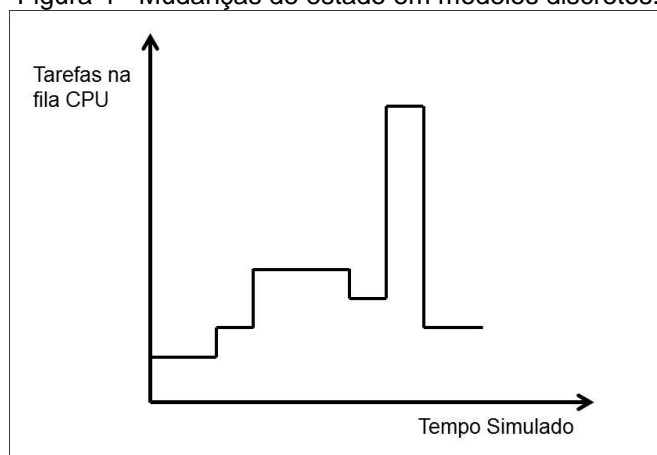
No estudo do presente trabalho a abordagem utilizada é a simulação por eventos discretos, por isso o tema é abordado com mais detalhes na seção seguinte.

### 2.1.2.1 Simulação por eventos discretos

No trabalho realizado por Jahangirian *et al.* (2010) foram revisados 281 artigos, publicados entre 1996 e 2006, sobre a utilização da técnica de simulação. Em termos de técnicas, os resultados mostraram que a simulação por eventos discretos foi utilizada em mais de 40% dos trabalhos revisados.

Nos modelos classificados como modelos discretos, as variáveis de estado permanecem inalteradas ao longo de intervalos de tempo e somente mudam os seus valores em pontos bem definidos, conhecidos como tempo de ocorrência do evento (FREITAS FILHO, 2008, p. 47). A figura 4 mostra as mudanças de estado em modelos discretos.

Figura 4 - Mudanças de estado em modelos discretos.



Fonte: adaptado de Freitas Filho (2008, p. 47)

Segundo Pidd (1998, p. 230) “Os sistemas simulados através desta abordagem apresentam entidades discretas que se encontram em estados discretos

e que podem variar ao longo do tempo.”. Como exemplo, o autor diz que um hospital irá tratar pacientes que podem estar em um estado qualquer no sistema, como ‘paciente sendo admitido’, ‘paciente na enfermaria 10’ ou ‘paciente em cirurgia’ ou qualquer outro possível estado; as pessoas que tratam os pacientes também podem ser consideradas como entidades que mudam de estado, como, por exemplo, um médico pode estar no estado ‘examinando um paciente’ ou ‘operando um paciente’ ou qualquer outro estado.

Pidd (1998, p. 230–231) diz ainda que a maioria destes estados requer a cooperação entre duas ou mais entidades no sistema, seguindo o exemplo do hospital, ‘examinando um paciente’, que é da perspectiva do médico, é o mesmo que ‘sendo examinado pelo médico’, da perspectiva do paciente. Assim, o objetivo da modelagem por eventos discretos é buscar as características mais importantes do sistema em termos de estados e entidades e a parte principal consiste na formulação de um conjunto de afirmações lógicas que irão descrever como as entidades do sistema mudam de estado.

Pidd (1998, p. 232) define entidade como um objeto onde o comportamento no modelo será observado ao longo da simulação. Ele diz que as entidades incluídas deverão ser as mais relevantes para o propósito para o qual o modelo será desenvolvido. “Para cada entidade, o modelo irá acompanhar seu comportamento através de informações detalhadas sobre seu estado e possíveis estados futuros no sistema.” (PIDD, 1998, p. 232).

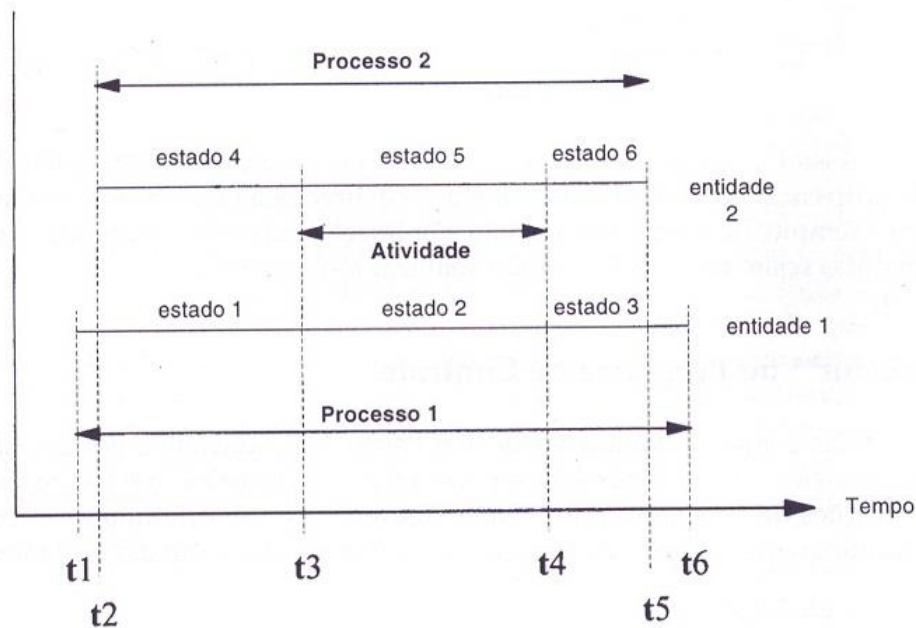
Todas as entidades do modelo devem estar em um estado ou outro durante um período de tempo, ou seja, nenhuma entidade pode estar em mais de um estado simultaneamente. O momento temporal no qual o estado da entidade irá mudar é conhecido como evento ou evento temporal. Durante o período em que a entidade está em um determinado estado, está acontecendo determinada interação, que causará a mudança de estado das entidades envolvidas. Tal processo é conhecido como uma atividade, na qual requer a cooperação de mais de uma classe de entidades. As classes são formadas por entidades similares que possuem características e atributos parecidos (PIDD, 1998, p. 232–233).

Todas as atividades começam e terminam com um evento, onde ambos os eventos produzem uma mudança de estado. As atividades podem ser pensadas em termos de processo, onde um processo é representado por uma sequência

cronológica de atividades através das quais uma entidade deve ou poderá passar (PIDD, 1998, p. 233).

A Figura 5 mostra a relação entre as ideias de estado, evento, atividade e processo para duas entidades que cooperam durante sua passagem no sistema.

Figura 5 – Relação entre estado, evento, atividade e processo.



Fonte: Pidd (1998, p. 233)

Para Taha (2008, p. 274) toda a simulação de eventos discretos descreve, diretamente ou indiretamente, situações de filas em que clientes chegam, podem esperar em uma fila, caso seja necessário, e então são atendidos antes de saírem do sistema. O autor acrescenta que como um modelo de eventos discretos é um composto de filas, a coleta dos dados estatísticos para a simulação só ocorre quando um cliente chega ou sai da instalação, ou seja, dois eventos principais controlam o modelo: chegadas e partidas. Em qualquer outro instante não ocorre nenhuma alteração que possa afetar a estatística do sistema.

Duguay e Chetouane (2007) dizem que a simulação por eventos discretos não é somente coleta de dados e análise dos dados de saída, mas envolve entender a complexidade do sistema e projetar um modelo válido útil para a formação e tomada de decisão.

O *software* ARENA vem sendo utilizado em trabalhos de simulação por eventos discretos na área de serviços. Tal *software* é apresentado com mais detalhes na

seção 2.2 e na seção 2.5 são apresentadas algumas aplicações da utilização da simulação em serviços.

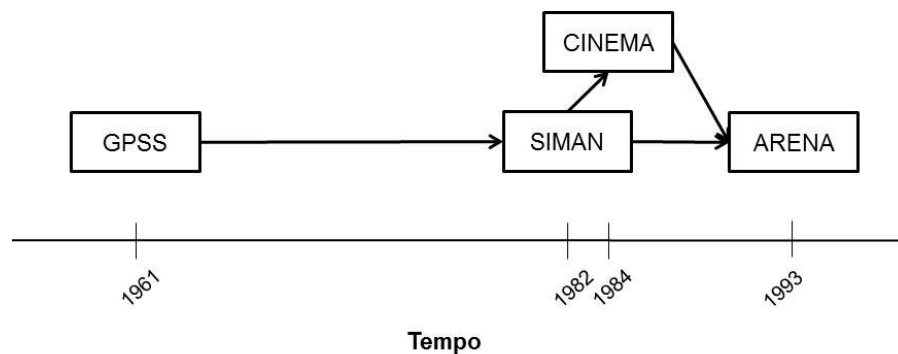
## 2.2 Software ARENA

A história do ARENA é a seguinte:

O ARENA foi lançado pela empresa americana Systems Modeling em 1993 e é o sucessor de dois outros produtos de sucesso da mesma empresa: SIMAN (primeiro *software* de simulação para PC) e CINEMA, os quais foram desenvolvidos em 1982 e 1984, respectivamente. O SIMAN é uma evolução da arquitetura do GPSS, lançado pela IBM em 1961 e que, durante anos, foi o líder entre os produtos de *simulação-de-uso-geral* no mercado mundial. Em 1984 o SIMAN recebeu um complemento chamado CINEMA (primeiro *software* de animação para PC), que adicionava habilidades de animação gráfica. Este conjunto foi continuamente melhorado e, a partir de 1993, os dois programas foram unificados e aperfeiçoados em um único *software*, o ARENA. A partir de 1998 a empresa Rockwell Software incorporou a Systems Modeling (PRADO, 2008, p. 25).

A Figura 6 mostra os softwares sucessores ao ARENA.

Figura 6 - Sucessores do Software ARENA



Fonte: Próprio autor

No site do desenvolvedor do ARENA, é dito que o *software* é usado para simulação de processos de negócios, sendo uma maneira eficaz de avaliar todas as implicações das decisões do negócio, antes que elas sejam colocadas em prática, já que mudanças em uma área pode afetar várias outras, de forma não prevista (ROCKWELL AUTOMATION, 2018).

Ainda no site, o ARENA é um *software* de simulação de eventos discretos, em que a simulação destes eventos descreve um processo com um conjunto de eventos únicos e específicos no tempo. Esses modelos flexíveis, baseados em atividades, podem ser usados efetivamente para simular qualquer processo. O ARENA é líder

mundial no *software* de simulação de eventos discretos há 30 anos (ROCKWELL AUTOMATION, 2018).

Para Allen (2011, p. 145) o *Software* ARENA é um pacote de *software* usado para instrução e suporte à decisão no mundo real.

O ARENA possui um conjunto de blocos (ou módulos) que são utilizados para descrever uma situação real. Tais blocos funcionam como comandos de uma linguagem de programação e que já foram projetados sob a ótica da simulação, por isso, já facilitam muito a tarefa de programar (PRADO, 2008, p. 26).

Além disso, para simplificar o processo de construir um modelo, o ARENA usa uma interface gráfica para o usuário (*Graphical User Interface*), que automatiza o processo e reduz a necessidade do teclado ao utilizar o mouse como ferramenta (PRADO, 2008, p. 26).

Prado (2008, p. 26) menciona que, além do ARENA permitir a construção de modelos de simulação, o *software* possui ainda duas ferramentas, que são muito úteis: analisador de dados de entrada (*Input Analyzer*) e o analisador de resultados (*Output Analyzer*).

O *Input Analyzer* permite que os dados reais do funcionamento do processo possam ser analisados e que a melhor distribuição estatística que se aplica aos dados possa ser escolhida (PRADO, 2008, p. 26).

Já o *Output Analyzer*, segundo o autor, é uma ferramenta que contém diversos recursos que permite analisar os dados coletados durante a simulação, sendo que tal análise pode ser gráfica. Além disso, têm-se recursos para efetuar importantes comparações estatísticas.

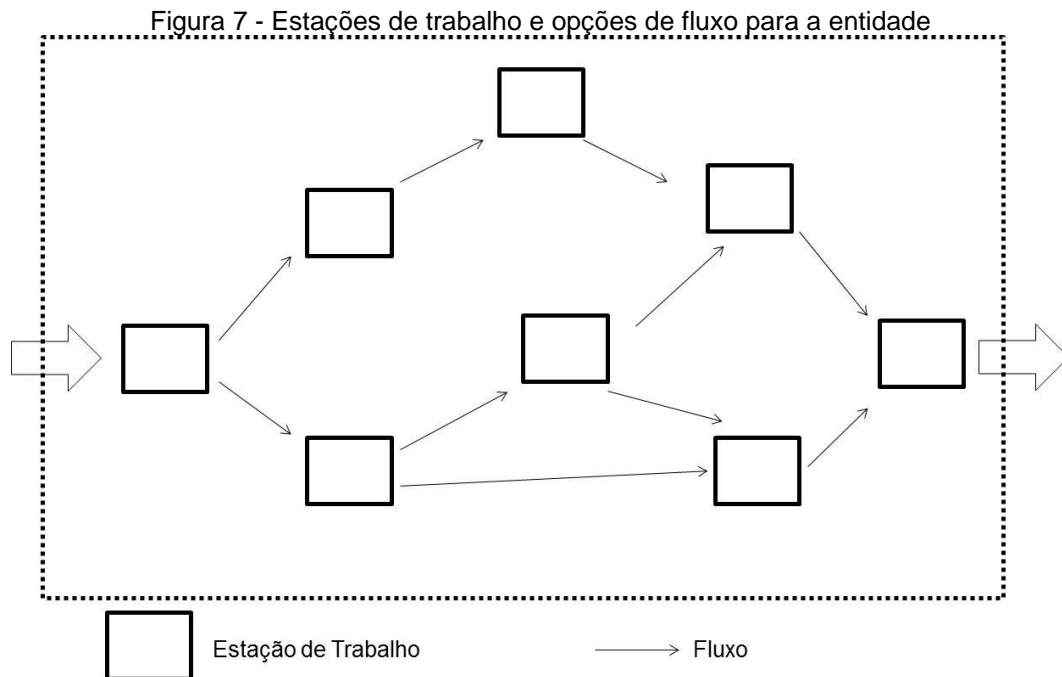
Assim como a maioria dos *softwares* de simulação, o sistema a ser modelado é visualizado pelo Arena como constituído de um conjunto de estações de trabalho, que prestam serviços a clientes (que também podem ser chamados de entidades ou transações) que se movem pelo sistema, tal movimento pode ser feito pela própria entidade ou por transportadores ou correias (PRADO, 2008, p. 26). Prado acrescenta dizendo que esta característica básica pode ser usada de várias maneiras, como por exemplo: pessoas (entidades) percorrendo as diversas seções (*stations*) de um supermercado; clientes (entidades) chegam a um banco e utilizam os serviços dos diversos departamentos (*stations*) do banco.

Inicialmente, para montar um modelo com o ARENA, deve-se construir um desenho mostrando o sistema que se pretende simular, constituído de estações de



trabalho (onde a entidade receberá algum serviço) e opções de fluxo, para a entidade, entre as estações de trabalho (PRADO, 2008, p. 27). A Figura 7 mostra um exemplo de um desenho com estações de trabalho e opções de fluxo para a entidade.

Prado (2008, p. 27) ainda diz que as opções de fluxo para a entidade são tratadas pela lógica da programação do modelo.



Fonte: Adaptado de Prado (2008, p. 27)

Para que o dimensionamento de um sistema seja efetuado, é necessário se referir a variáveis como o tempo de espera do cliente na fila, a quantidade de atendentes, etc., tais variáveis, em simulação são randômicas, ou seja, são descritas por uma distribuição de probabilidade (PRADO, 2008, p. 27).

Após a construção do desenho com o sistema a ser simulado e com as estações de trabalho e opções de fluxos das entidades, é necessário fornecer informações sobre o que acontece em cada estação de trabalho, sobre o deslocamento entre as estações, etc. (PRADO, 2008, p. 29). Estas informações são: o processo de chegada; o processo de atendimento; e o deslocamento entre estações. As duas primeiras já foram explicadas neste trabalho na subseção 2.1.1 Teoria de Filas, como dois dos elementos necessários para a caracterização de um sistema com filas. Já os dados de durações do deslocamento pode contemplar, segundo Prado (2008, p. 31), no setor de serviço, deslocamento efetuado pelo

próprio cliente, onde geralmente deve-se fornecer uma distribuição de probabilidades, semelhante às utilizadas no processo de atendimento.

As duas partes que constituem um modelo em ARENA são a lógica e a animação, onde na lógica monta-se um programa, utilizando os comandos do ARENA (também chamados de blocos ou módulos) e, na parte de animação são colocados os desenhos e símbolos para representar as estações de trabalho e os caminhos por onde a entidade passa (PRADO, 2008, p. 32).

O ARENA se baseia na lógica da programação fornecida para o modelo, assim, ele se encarrega de manusear todos os dados surgidos na própria simulação, como tempo de espera na fila, taxa de utilização de atendentes, etc., disponibilizando relatórios, no final da simulação, que mostram os principais resultados do processo (PRADO, 2008, p. 32).

No presente trabalho foi utilizada a versão 14 do *software*.

### **2.3 Indicadores de Desempenho**

Qualquer departamento de produção que queira entender sua contribuição estratégica deve saber duas coisas: qual o seu papel dentro da empresa e quais são seus objetivos de desempenho específicos, pois sem saber seu papel dentro da empresa, as pessoas que dirigem a produção não podem se sentir seguras de que estão contribuindo, realmente, para o sucesso da empresa a longo prazo, além disso, para uma operação saber se é bem-sucedida ou não, os objetivos de desempenho específicos em relação aos quais seu sucesso é mensurado devem estar claramente explicitados (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009, p. 35).

Para satisfazer clientes internos ou externos, tanto no presente quanto no futuro, um processo ou cadeia de valor deve possuir dimensões operacionais críticas, que são as prioridades competitivas (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009, p. 41). Estas dimensões competitivas podem ser divididas em quatro grupos, segundo os autores, que são: custo, qualidade, tempo e flexibilidade. Já segundo Slack *et al.* (2009, p. 40) os objetivos de desempenho, que são: qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo, têm a tarefa básica de satisfazer às exigências dos consumidores.

Davis *et al.* (2001, p. 121) argumentam que se os indicadores de desempenho não forem apropriados, os gerentes não poderão avaliar o desempenho de sua

organização ou comparar sua performance com a de seus concorrentes. Eles dizem ainda que dependendo do setor em que a empresa atua, alguns indicadores de desempenho são mais importantes para o gerenciamento do que outros, além disso, os gerentes devem ser seletivos na escolha dos indicadores que serão críticos para o sucesso de sua empresa, pois existe um número crescente de indicadores de desempenho disponíveis.

Para Slack *et al.* (2009, p. 39) todas as operações possuem um conjunto de *stakeholders*, que são as pessoas ou grupo de pessoas que podem ser influenciadas por ou influenciar as atividades da operação produtiva. Podem ser internos, como os funcionários, ou externos, como os clientes.

Os objetivos mais amplos desses grupos de interesse formam o pano de fundo para o processo decisório da produção, porém o nível operacional precisa de um conjunto de objetivos mais definidos, onde possa relacionar com a tarefa básica de satisfazer às exigências dos consumidores, que são os cinco objetivos de desempenho básicos, segundo Slack *et al.* (2009, p. 40), e eles se aplicam a todos os tipos de operações produtivas.

Tais objetivos e suas definições, de acordo com Slack *et al.* (2009, p. 40–48) são:

1. **Qualidade:** é a conformidade, coerente com as expectativas do consumidor, ou seja, significa “fazer certo as coisas”. Algumas vezes, é a parte mais visível do que a operação faz. É algo que o consumidor considera relativamente fácil de julgar. Assim, exerce com clareza a maior influência na satisfação ou insatisfação do consumidor. A percepção do consumidor de produtos e serviços que tem alta qualidade significa a satisfação dele e, com isso, uma chance maior de seu retorno;
2. **Velocidade:** é o tempo transcorrido entre a requisição de produtos ou serviços e o recebimento pelos consumidores. O principal benefício para os consumidores (externos) da rapidez de entrega dos bens e serviços é que ela enriquece a oferta, ou seja, para a maioria dos bens e serviços, quanto mais rápida a disponibilidade deles para o consumidor, mais provável é que este venha a pagar mais por eles e maiores serão os benefícios que receberá.
3. **Confiabilidade:** significa fazer as coisas a tempo dos consumidores receberem seus bens ou serviços exatamente quando necessários, ou, pelo menos, quando prometidos. Tal objetivo só pode ser julgado pelo consumidor após o produto ou

serviço ter sido entregue. No primeiro momento, a confiabilidade talvez não afete a escolha do consumidor, porém, no decorrer do tempo, pode ser mais importante do que qualquer outro critério;

4. **Flexibilidade:** significa ser capaz de modificar a operação de alguma forma, seja o que, como ou quando a operação faz. A flexibilidade pode ser: de produto/serviço, que é a habilidade da operação em inserir ou alterar produtos e serviços; de composto (*mix*), que é a habilidade em produzir uma ampla variedade de composto de produtos e serviços; de volume, que é a capacidade de alterar os níveis de saída para produzir diferentes quantidades ou volumes de produtos e serviços ao longo do tempo; de entrega, que é a habilidade em alterar os tempos de entrega de seus serviços ou produtos;
5. **Custo:** é o principal objetivo para as empresas que concorrem diretamente em preço, porém, mesmo as empresas que concorrem em outros aspectos, estarão interessadas em manter seus custos baixos, pois cada real retirado do custo é acrescentado ao lucro. Logo, o custo baixo é um objetivo universalmente atraente.

Slack *et al.* (2009, p. 89) afirmam que o projeto de processos tem como objetivo principal assegurar que o desempenho do processo seja adequado ao que quer que se esteja tentando alcançar, por exemplo, se uma operação compete baseada em preço baixo, é provável que os objetivos relacionados ao custo dominarão seus processos. Algum tipo de lógica deve ligar os objetivos de desempenho dos processos individuais com o que a operação como um todo deseja alcançar (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009, p. 89–90).

## 2.4 Serviços

O setor de serviços vem crescendo amplamente e com isso vem a necessidade de aprimorar os serviços prestados, de modo a oferecer alto desempenho nos aspectos relevantes aos clientes, uma vez que são eles os consumidores.

De acordo com Krajewski *et al.* (2009, p. 5) serviço e manufatura são os dois principais tipos de processos, as diferenças principais são a natureza do resultado e o grau de contato com o cliente. Os autores mencionam que as estatísticas dos principais países industrializados do mundo indicam que mais de 80 por cento dos empregos são da área de serviços.

Segundo Wirtz e Lovelock (2016, p. 6) os serviços são atividades econômicas realizadas por uma parte à outra onde é considerado o desempenho baseado no tempo para obter resultados desejados nos próprios usuários, objetos ou outros ativos. Em troca de seu dinheiro, tempo e esforço, os clientes de serviços esperam obter valor ao ter acesso aos trabalhos, habilidades, especialização, bens, instalações, redes e sistemas.

Segundo Giansi e Corrêa (2008, p. 17) a importância das atividades de serviços pode ser vista na participação no Produto Interno Bruto, na geração de empregos e pela análise das tendências e transformações que a economia mundial tem vivenciado.

De acordo com Sakurada e Miyake (2009) a distinção entre bens e serviços pode ser fácil, mas em muitos sistemas há uma combinação de ambos nos processos de produção de bens ou serviços. Corrêa *et al.* (2014, p. 9–10) dizem que o serviço que é prestado ao cliente relaciona-se com os componentes do pacote oferecido ao cliente que são intangíveis, ou seja, não são bens físicos. E hoje em dia, os gerentes aceitam cada vez mais que não se pode competir exclusivamente com base nos bens físicos produzidos. Assim, para se diferenciar no mercado e ganhar em competitividade, serviços acessórios aos produtos são oferecidos.

Segundo Grönroos (1994, p. 28) podem-se identificar quatro características básicas para a maioria dos serviços, que são elas:

- Os serviços são mais ou menos intangíveis;
- Os serviços são atividades ou séries de atividade ao invés de produtos;
- Os serviços são produzidos e consumidos simultaneamente; e
- O cliente participa, até certo ponto, do processo de produção.

Para Wirtz e Lovelock (2016, p. 26–27) os serviços tendem a ter características diferentes dos bens, como as apresentadas a seguir:

- Normalmente há uma ausência de estoque;
- Os produtos dos serviços são realizações intangíveis;
- Muitos serviços são de difícil avaliação;
- Os clientes podem estar envolvidos na coprodução, ou seja, se o processamento de pessoas está envolvido, o serviço é inseparável;
- As pessoas podem fazer parte da experiência de serviço;
- Há maior variabilidade nos insumos e produtos operacionais;
- O fator tempo é relativamente mais importante;

- A distribuição pode ocorrer através de canais eletrônicos e físicos.

Fitzsimmons e Fitzsimmons (2014) argumentam que a área de serviços adquire maior importância à medida que uma economia se desenvolve, passando a empregar em suas atividades a maior parte da população ativa.

Gianesi e Corrêa (2008, p. 18) afirmam que o setor de serviços ocupa uma posição de destaque em todos os países desenvolvidos e que no Brasil, a situação não difere da tendência do mundo industrializado.

#### 2.4.1 Classificação dos serviços

Gianesi e Corrêa (2008, p. 42) dizem que ao identificar as dimensões importantes que afetam a gestão das operações deve-se buscar uma correlação forte entre estas dimensões de modo que seja possível caracterizar uma tipologia de processos de prestação de serviços. Para eles as principais dimensões são:

1. “A ênfase dada a pessoas ou a equipamentos no processo”;
2. “O grau de contato com o cliente”;
3. “O grau de participação do cliente no processo”;
4. “O grau de personalização do serviço”;
5. “O grau de julgamento pessoal dos funcionários”; e
6. “O grau de tangibilidade do serviço”.

#### 2.4.2 Equilibrando oferta e demanda

Para Wirtz e Lovelock (2016, p. 334) em qualquer momento as empresa que possuem capacidade fixa podem enfrentar umas das seguintes condições:

- Excesso de demanda: o nível de demanda excede a capacidade máxima disponível, o que resulta em clientes não atendidos e perda do negócio.
- A demanda excede a capacidade ótima: não há perda de negócio, mas as condições estão lotadas e os clientes podem perceber uma deterioração na qualidade do serviço e se sentir insatisfeito;
- A oferta e demanda estão equilibradas com o nível da capacidade ótima: funcionários e instalações estão ocupados sem estarem sobrecarregados, e os clientes recebem um bom serviço sem atrasos;

- Excesso de capacidade: a demanda está abaixo da capacidade ótima e os recursos produtivos estão subutilizados, resultando em baixa produtividade. A baixa utilização também coloca o risco de os clientes terem dúvidas sobre a viabilidade do serviço.

Segundo Fitzsimmons e Fitzsimmons (2014, p. 261) “A capacidade dos serviços é uma *commodity* perecível.”. E ao contrário dos produtos, um serviço é uma experiência pessoal intangível, ou seja, o serviço é produzido e consumido ao mesmo tempo. O que leva a algumas situações, como quando a demanda por um serviço é menor do que a capacidade disponível, as instalações e os funcionários ficam ociosos. A variabilidade na demanda de serviços é muito grande e estas variações criam períodos de ociosidade em certas épocas e clientes na fila de espera em outras.

## 2.5 Aplicações da Simulação

O campo de aplicação da simulação é muito amplo e podem-se dividir as áreas em dois grandes setores: manufatura e serviços. Alguns exemplos de aplicação na área de serviço estão em: aeroportos e portos, bancos, cadeias logísticas, *call centers* ou centrais de atendimento, escritórios ou BPR (*Business Process Reengineering*), hospitais, parques de diversões, restaurantes e cadeias de *fast-food* e supermercados. No setor bancário, por exemplo, a simulação pode ser útil para verificar qual a melhor política de abertura e fechamento de caixas, ou o número de caixas automáticos necessários, além de possibilitar o estudo de problemas de layout e determinar o tempo máximo de espera em fila etc. (CHWIF; MEDINA, 2014, p. 6–8).

Em seu trabalho de revisão de literatura sobre as aplicações da técnica de Simulação publicados na base Scopus entre 1996 e 2006, Jahangirian *et al.* (2010) obtiveram como um resultado que 92% dos 281 artigos são de aplicação da técnica para auxílio de resolução de problemas e os 8% restantes tratam-se de estudos referentes a questões teóricas.

Piraciaba e Nogueira (2017) mencionam diferentes processos que podem ser simulados, por exemplos, um serviço da web, como Xu *et al.* (2016) fizeram, sistemas de transporte, como no trabalho de Wall *et al.* (2015) e Henchey *et al.* (2014), serviços médicos de emergência franceses (ABOUELJINANE *et al.*, 2014),

que será descrito com mais detalhes nessa seção. Departamento de emergência de um hospital regional (DUGUAY; CHETOUANE, 2007), que também será apresentado com maiores detalhes. Transporte de mercadorias em portos (CORTÉS et al., 2007), tempo de espera dos pacientes para a primeira consulta aos serviços de patologia da fala (WILLOUGHBY; CHAN; MARQUES, 2016), tempo de espera dos pacientes por tratamento para o HIV (DEO et al., 2012).

Duguay e Chetouane (2007) utilizaram o ARENA *Software* para simular o departamento de emergência de um hospital regional, Dr. Georges-L Dumont em Moncton (Canadá), com o objetivo de melhorar a prestação de serviços e o rendimento do sistema, ao reduzir os tempos de espera dos pacientes. Os principais recursos, como médicos, enfermeiros e salas de exames, foram considerados como variáveis de controle. A coleta de dados e a simulação foram utilizadas para construir um modelo válido do processo. O processo de chegada dos pacientes ao departamento de emergência foi modelado, basicamente, um paciente entra no sistema, pega uma senha e aguarda ser chamado para passar por um processo de triagem. Se o paciente é encontrado em estado grave, ele é transferido para a sala de UTI para atendimento imediato. Caso contrário, é atribuído um código (de um a cinco, sendo um o mais crítico) dependendo da condição do paciente. Após a triagem, o paciente espera a avaliação do médico, que pode solicitar exames laboratoriais. Se não, o paciente é liberado ou transferido para outro departamento. Um paciente com resultados de teste de laboratório tem que esperar novamente para uma segunda avaliação pelo médico que solicitou os exames. Após a segunda avaliação, o paciente pode ser liberado com uma prescrição ou transferido para admissão. Uma análise dos tempos de espera pelos códigos dos pacientes demonstrou tempos de espera elevados em comparação com os padrões canadenses. Assim, o objetivo do estudo foi reduzir os tempos de espera, considerando a análise usando simulação. Cinco alternativas foram formuladas com base na adição de pessoal e salas de exames dentro da limitação orçamentária. A alternativa com um médico e um enfermeiro a mais deu o melhor nível de melhora para o tempo de espera mais crítico.

No artigo de Hung *et al.* (2007) a simulação por eventos discretos foi utilizada para determinar quais aspectos do departamento de emergência pediátrica poderiam ser modificados para melhorar o fluxo de pacientes, reduzir os tempos de espera do paciente e aumentar a eficiência do pessoal. O *software* ARENA foi



utilizado para desenvolver um modelo de fluxo de pacientes e para testar cenários, projetados para aliviar as pressões resultantes do aumento do recenseamento e superlotação. Além da construção de um Modelo de Fluxo do Paciente, as informações históricas de chegada do paciente combinadas com os dados observados do fluxo de pacientes foram usadas para construir uma ferramenta de análise de agendamento de médicos. Os resultados demonstraram que a simulação da adição de um voluntário hospitalar e de uma enfermeira na etapa de segunda triagem reduziram o tempo de espera na pré triagem e a proporção de pacientes que esperavam mais de 30 ou 60 minutos. A simulação de uma mudança de médico extra para o quadro de pessoal demonstrou reduções no tempo de permanência para pacientes em todas as categorias de triagem.

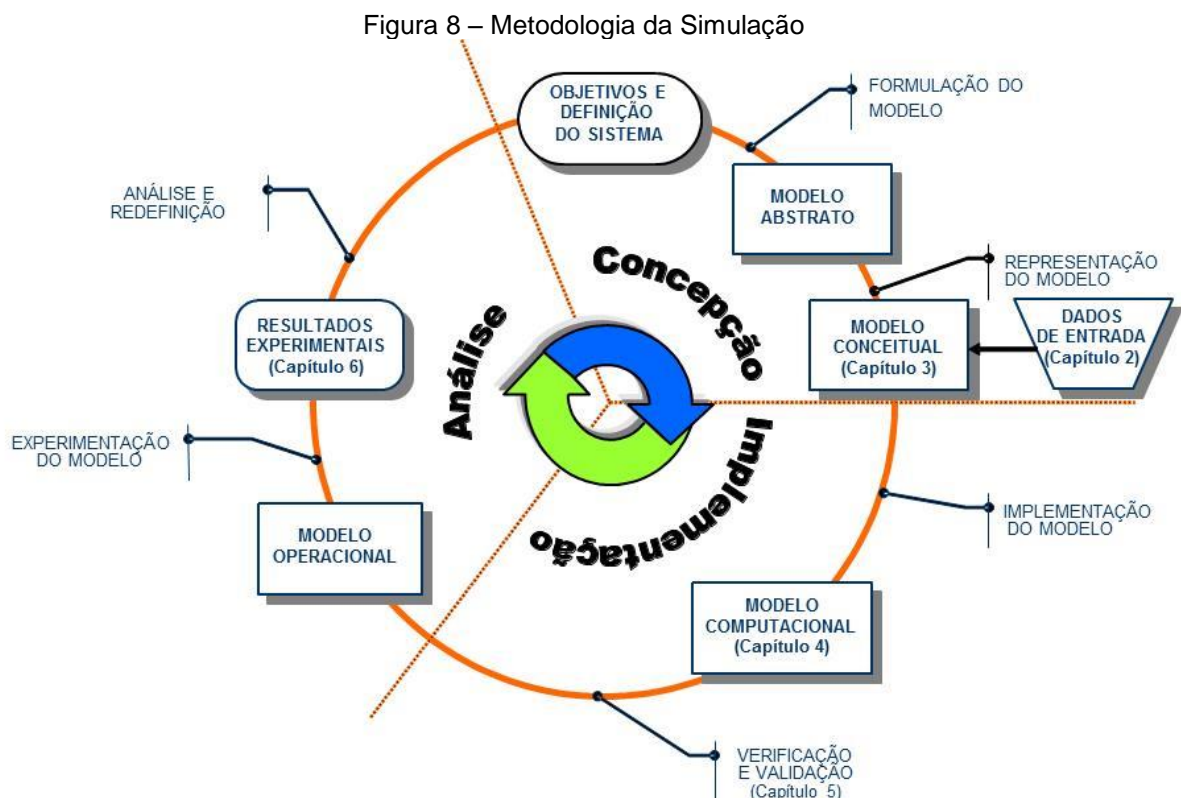
Aboueljine *et al.* (2014) em seu artigo propõem um modelo de simulação por eventos discretos, implementado no *software* ARENA, para analisar possíveis mudanças nos processos dos serviços médicos de emergência franceses, conhecidos como SAMU, especificamente o SAMU 94, que abrange o departamento de Val-de-Marne. O objetivo destes sistemas é responder de forma oportuna e adequada às chamadas da população, prestar serviços de primeiros socorros e transferir os doentes para as instalações de cuidados apropriados, quando necessário. O modelo de simulação foi utilizado para testar cinco categorias de cenários que se relacionam principalmente com o nível de recursos utilizados e com a posição das equipes de resgate em toda a área de serviço. Duas medidas de desempenho são usadas para avaliar cada cenário: cobertura, que é definida como a porcentagem de chamadas para as quais o tempo de resposta (ou seja, o período entre o incidente e a chegada de uma equipe de resgate no local do acidente) não ultrapasse um tempo específico, e a taxa de utilização de recursos humanos, que é definida como a carga de trabalho total dividida pelo tempo total de operação. Essas duas métricas são de extrema importância porque estão relacionadas ao objetivo primário dos sistemas SAMU, que é salvar vidas ao mesmo tempo que limita o custo das operações. Entre outros resultados, verificou-se que o reposicionamento de uma parte das equipes existentes em bases potenciais aumenta o desempenho de cobertura. Além disso, essa melhora na cobertura pode aumentar quando a frota inteira é realocada com base em um plano de redistribuição obtido da otimização de simulação.

O trabalho de Hatami *et al.* (2014), tem como objetivo melhorar a satisfação do cliente e reduzir o tempo de espera na fila em um sistema de serviços bancários, utilizando a simulação. Três estratégias foram implementadas para atingir o objetivo, sendo que cada estratégia consistia em vários cenários. Dezesete cenários possíveis foram comparados para alcançar todos os tipos de resultados que podiam ser imaginados.

## CAPÍTULO III - METODOLOGIA

Sendo a simulação definida como a técnica mais adequada para a análise do sistema em estudo, alguns passos devem ser seguidos para que o estudo da simulação seja bem-sucedido (CHWIF; MEDINA, 2014, p. 8). De acordo com Chwif e Medina (2014, apud LAW; MCCOMAS, 1991, p. 8) esses passos ou processos são conhecidos na literatura como “metodologias de simulação” ou “ciclos de vida de um modelo de simulação”.

O modelo de simulação utilizado neste trabalho foi adaptado segundo a metodologia de Chwif e Medina (2014, p. 8). Para os autores o desenvolvimento de um modelo de simulação compõe-se, basicamente, de três grandes etapas: concepção ou formulação do modelo, implementação do modelo e análise dos resultados do modelo. Na figura 8 é mostrada a metodologia da Simulação.



Fonte: Chwif e Medina (2014, p. 9)

### 3.1 Concepção

Nesta primeira fase do modelo, a fase de concepção ou formulação do modelo, o sistema a ser simulado e os seus objetivos devem estar claramente entendidos. O escopo do modelo, suas hipóteses e o seu nível de detalhamento

devem estar decididos com clareza. Nesta fase também são coletados os dados de entrada.

Depois de finalizada esta etapa, o modelo deve ser representado de acordo com alguma técnica de representação de modelos de simulação, passando de modelo abstrato para modelo conceitual para que outras pessoas envolvidas no projeto possam entendê-lo.

### **3.2 Implementação**

Na segunda fase, o modelo conceitual é convertido em um modelo computacional através da utilização de alguma linguagem de simulação ou de um simulador comercial.

Assim que o modelo computacional estiver implementado, ele deve ser comparado com o modelo conceitual, a fim de avaliar se a operação atende ao que foi estabelecido na fase de concepção. Alguns resultados devem ser gerados para a validação computacional, observando se o modelo é uma representação precisa da realidade, se está dentro dos objetivos já estipulados.

### **3.3 Análise**

Na última fase, a etapa de análise, o modelo computacional está pronto para que os experimentos sejam realizados, dando origem ao modelo experimental ou modelo operacional.

Nesta etapa também são efetuadas várias replicações do modelo. Assim, os resultados das simulações são analisados e documentados, permitindo gerar conclusões e recomendações sobre o sistema. Se o resultado da simulação não for satisfatório, o modelo pode ser modificado e o ciclo reiniciado.

### **3.4 Descrição da Agência**

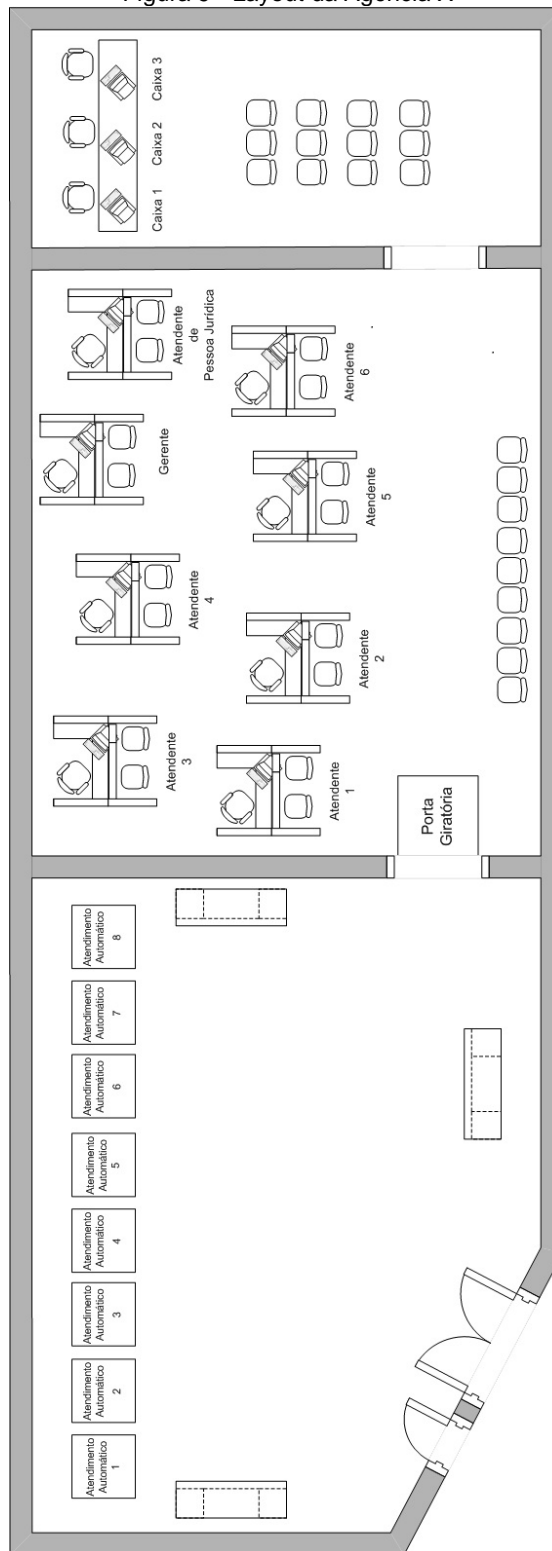
A Agência Bancária Privada, que neste trabalho será referida como *Agência X*, já foi anteriormente estudada por Cordeiro *et al.* (2012) e segundo os autores possui os seguintes serviços:

- caixas eletrônicos que oferecem os serviços de visualização e/ou impressão de extrato bancário e saldo bancário, transferência entre contas da mesma ou para outra Instituição Bancária, e pagamentos, saques, depósitos, impressão de cheques, entre outros. Porém, há diferença entre eles: seis não possuem os serviços de emissão de cheques, e dois destes não possuem o serviço de depósito bancário; os dois restantes não oferecem serviços de depósito e saque. Então são oferecidos, um total de oito serviços de atendimento automático;
- três caixas manuais, do tipo de atendimento convencional, oferecendo serviços de pagamentos de contas, depósitos bancários, saques, entre outros;
- um gerente;
- seis atendentes que oferecem atendimento personalizado, tais como abertura e encerramento de contas, entre outros serviços;
- e um atendente destinado ao atendimento de pessoas jurídicas.

As filas são únicas e independentes para os serviços prestados. Quando um cliente de critério prioridade chega (idosos, gestantes, deficientes físicos e mulheres com bebês de colo), mesmo que haja fila, este se torna o próximo a ser atendido (CORDEIRO; PIRACIABA; NOGUEIRA, 2012).

A *Agência X* possui apenas um piso, tendo separação entre os caixas eletrônicos e o interior do mesmo, onde são prestados os demais serviços. O horário de atendimento da *Agência X* é das 10h às 16h. A Figura 9 mostra o layout da agência estudada.

Figura 9 - Layout da Agência X



Fonte: Cordeiro *et al.* (2012)

## CAPÍTULO IV – ALPICAÇÃO DO MÉTODO E RESULTADOS

### 4.1 Dados de Entrada

Os dados de entrada utilizados para fazer este estudo foram os mesmos dados coletados por Cordeiro *et al.* (2012) em seu trabalho de conclusão de curso.

Segundo os autores, foi fornecida pelo gerente a informação de que os dias atípicos, aqueles de maior movimento, são os dias no início e final do mês. Assim, para selecionar os dias para a realização da coleta dos dados, dividiu-se o mês em três intervalos de dez dias cada, e um dia para cada intervalo foi sorteado. Tendo como resultado, a coleta dos dados foi realizada nos dias 20 e 29 de Junho de 2012 e 02 de Julho de 2012 (CORDEIRO; PIRACIABA; NOGUEIRA, 2012).

A coleta dos dados foi feita da seguinte maneira: cinco pessoas utilizando cronômetros ficaram posicionadas em lugares estratégicos da *Agência X*. Sendo duas próximas aos caixas eletrônicos, duas pessoas próximas às mesas de atendimentos, e uma pessoa próxima aos caixas manuais de atendimento convencional. O tempo de coleta foi de 4 horas por dia, sendo duas horas com a agência fechada (somente caixas eletrônicos) e duas horas com a agência em funcionamento.

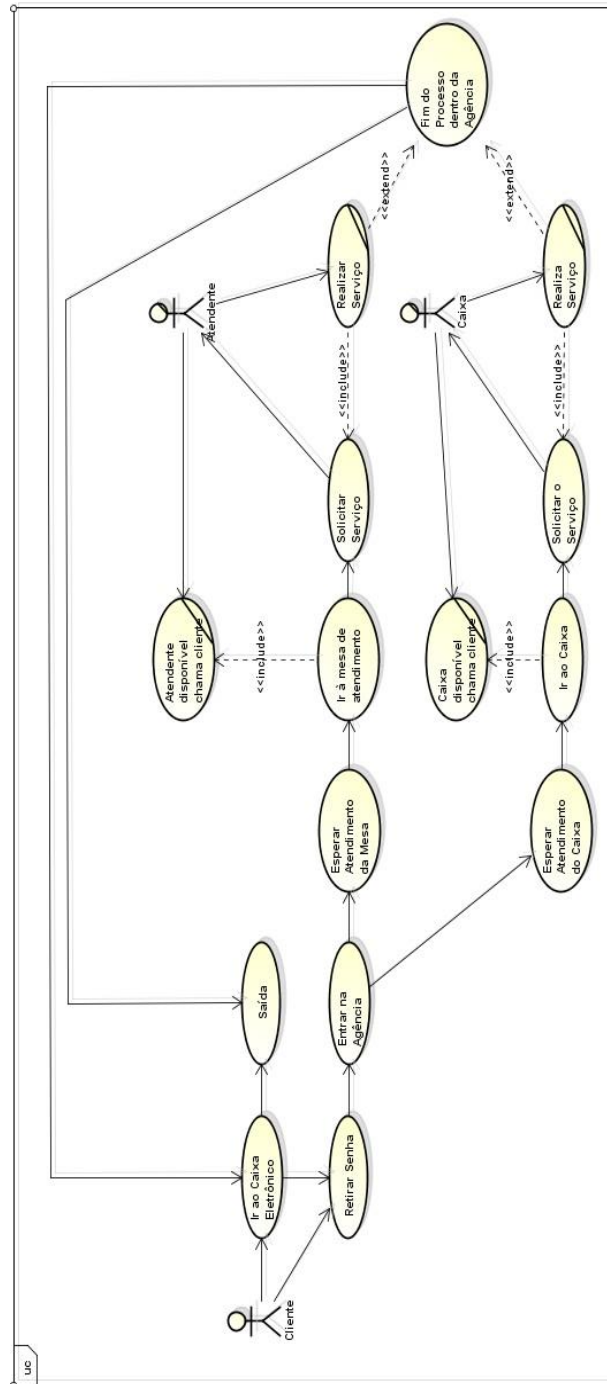
No dia 20 de Junho, os dados foram coletados de 9h às 11h e de 15h às 17h, no dia 29 de Junho de 9h às 10h, de 11h30 às 12h30 e de 15h15 às 17h e 02 de Julho de 9h às 10h, de 11h30 às 12h30 e de 14h45 às 17h. Total de 12 horas e de 1.281 dados, correspondente ao número de clientes que chegaram à *Agência X*.

Nos três dias foram coletados os dados de chegada dos clientes à *Agência X* e tempo de atendimento, tanto dos caixas eletrônicos e manuais como das mesas de atendimento. A *Agência X* possui três caixas manuais, porém, um deles estava de licença, no momento da coleta de dados.

Após a coleta dos dados, eles foram tratados pelo *software Input Analyzer* com o intuito de determinar a distribuição de probabilidades mais aderente ao conjunto de valores. Costa (2002) menciona que a qualidade da curva escolhida é baseada primeiramente no critério do quadrado dos erros, ou seja, as distâncias de cada ponto dos dados de entrada são verificadas em relação aos pontos ideais da distribuição desejada. É considerada a melhor curva aquela em que a distribuição tem o menor somatório dos quadrados das distâncias.

Finalizada esta etapa e identificado o comportamento das variáveis, ou seja, o fluxo de clientes, o Modelo Conceitual da Agência X foi elaborado, em linguagem UML, como pode ser visto na Figura 10.

Figura 10 – Modelo Conceitual



Fonte: Adaptado de Nunes (2012)

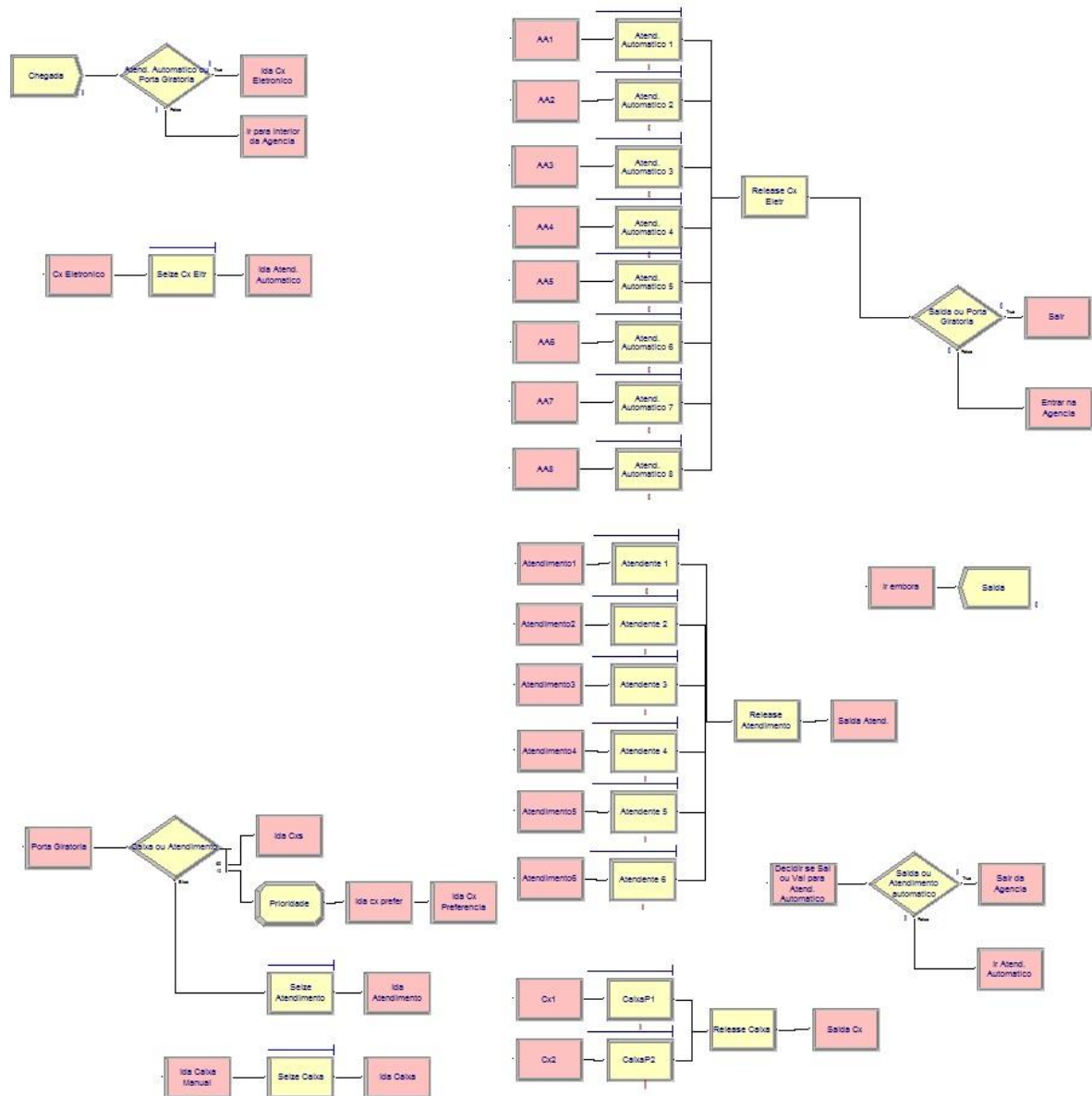


## 4.2 Implementação do Modelo Computacional

O Modelo de Simulação da *Agência X*, elaborado no *software ARENA* está representado na Figura 11. O gerente e o atendente de pessoas jurídicas não foram considerados, visto que estes, embora essenciais, atendem casos especiais pouco representativos no fluxo de movimento da agência; e o terceiro caixa manual que estava de licença também não foi considerado no modelo.

Assim, o Modelo foi feito com: oito caixas eletrônicos; dois caixas manuais, do tipo de atendimento convencional; e seis atendentes.

Figura 11 – Modelo de Simulação da Agência X



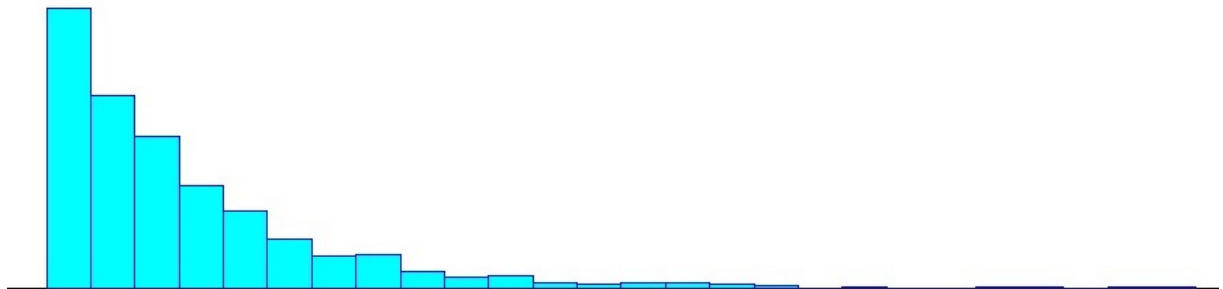
Fonte: Próprio autor

### 4.3 Resultados e Análises

Os histogramas gerados pelo *software Input Analyzer*, referentes a cada conjunto de dados, podem ser observados nas Figuras 12, 13, 14 e 15.

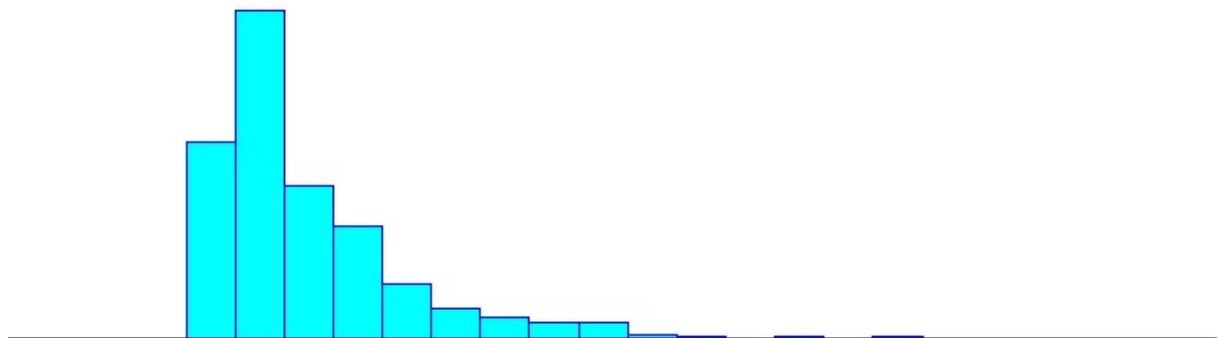
Para o histograma da Figura 13, que se refere ao conjunto de valores referentes aos tempos de uso/atendimento dos caixas eletrônicos, os casos isolados de tempos desconformes com a faixa de dados observados foram retirados.

Figura 12 – Histograma dos Tempos de Chegada dos Clientes à Agência X



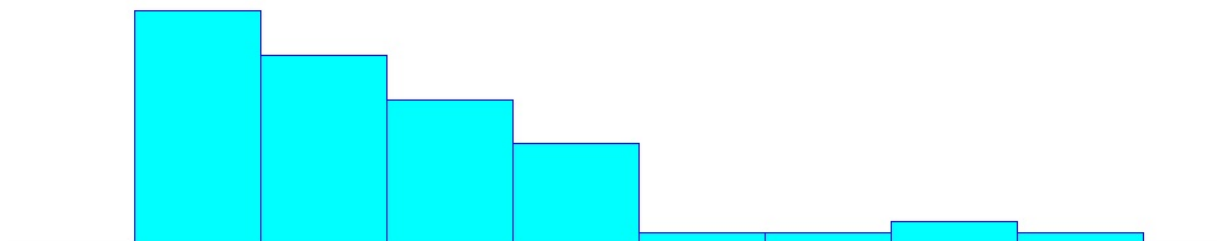
Fonte: Próprio autor

Figura 13 – Histograma dos Tempos de Uso/Atendimento dos Caixas Eletrônicos



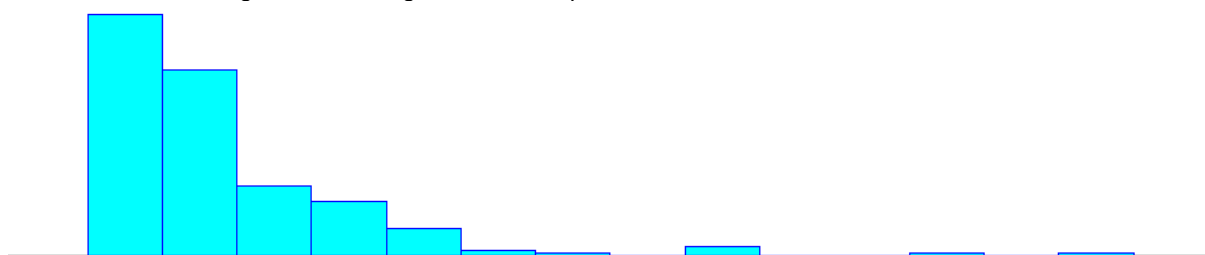
Fonte: Próprio autor

Figura 14 – Histograma dos Tempos de Atendimento das Mesas de Atendimento



Fonte: Próprio autor

Figura 15 – Histograma dos Tempos de Atendimento dos Caixas Manuais



Fonte: Próprio autor

O resumo das distribuições de probabilidades, que melhor aderiram aos conjuntos de dados, é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultado do Input Analyzer (Distribuição de Probabilidades)

<b>Conjunto de Valores</b>	<b>Distribuição Aderente</b>
Tempos de Chegada à Agência X	0.999 + EXPO(29.1)
Tempos de Uso/Atendimento do Caixa Eletrônico	7 + LOGN(147, 166)
Tempos de Atendimento das Mesas de Atendimento	49 + WEIB(620, 1.13)
Tempos de Atendimento dos Caixas Manuais	20 + ERLA(93.7, 1)

Fonte: Próprio autor

Após conhecidas as Distribuições de Probabilidades, foi possível elaborar a notação característica de cada situação de fila:

- a) Serviço de Caixa Eletrônico:  $(M/G/8):(FIFO/\infty/\infty)$ .
- b) Serviço de Atendimento Personalizado (Mesas de Atendimento):  $(M/G/6):(PRI/\infty/\infty)$ .
- c) Serviço de Caixa Manual (Atendimento Convencional):  $(M/G/2):(PRI/\infty/\infty)$ .

Além do cenário estudado, foram elaborados três cenários hipotéticos. Assim, pôde-se avaliar diferentes situações em que foram provocadas mudanças na disposição dos recursos (humanos e/ou eletrônicos), de modo a verificar o comportamento do tempo de espera dos clientes na fila.

Os cenários elaborados foram simulados com os seguintes recursos:

- Cenário 1 – cinco caixas eletrônicos, quatro atendentes e dois caixas manuais;
- Cenário 2 – cinco caixas eletrônicos, quatro atendentes e um caixa manual;

- Cenário 3 – quatro caixas eletrônicos, três atendentes e dois caixas manuais.

Para todos os casos foram considerados horários de almoços dos atendentes, que é de quinze minutos, e para isso foi utilizado o módulo *Schedule* nas simulações de todos os cenários. Além disso, foram geradas dez replicações para cada caso.

Na análise dos cenários foi considerado como indicador de desempenho o Tempo Máximo de Espera nas Filas (TMax<sub>q</sub>) daquela replicação que representaria um dia de pico.

Os resultados de TMax<sub>q</sub> do cenário estudado, presentes na Tabela 2, foram obtidos com a simulação de oito caixas eletrônicos, dois caixas manuais e de seis atendentes. Os resultados de todas as replicações, que podem ser vistos no Quadro 2 do Apêndice A, foram levados ao gerente da *Agência X* e validados pelo mesmo.

Tabela 2 – TMax<sub>q</sub> do Cenário Estudado

<b>Serviço</b>	<b>TMax<sub>q</sub> (min.)</b>
Caixa Eletrônico	1:55
Atendente	6:32
Caixa Manual	19:52

Fonte: Próprio autor

Os resultados de TMax<sub>q</sub> do Cenário Um foram obtidos com a simulação da retirada de três caixas eletrônicos e dois atendentes. Os resultados de todas as replicações podem ser vistos no Quadro 3 do Apêndice A.

No Cenário Dois foi simulada a retirada de três caixas eletrônicos, dois atendentes e um caixa manual e os de todas as replicações podem ser vistos no Quadro 4 do Apêndice A.

No Cenário Três foi simulada a retirada de quatro caixas eletrônicos e três atendentes. Os resultados completos de todas as replicações podem ser vistos no Quadro 5 do Apêndice A.

Os resultados de TMax<sub>q</sub> dos três cenários simulados podem ser vistos na Tabela 3.

Tabela 3 – TMax<sub>q</sub> dos três Cenários Simulados

<b>Serviço</b>	<b>TMax<sub>q</sub> (min.)</b>		
	<b>Cenário Um</b>	<b>Cenário Dois</b>	<b>Cenário Três</b>
Caixa Eletrônico	7:44	7:51	13:02
Atendente	14:22	11:17	42:56
Caixa Manual	16:27	175:19	17:37

Fonte: Próprio autor

Além dos resultados de  $TMax_q$  do cenário estudado, a porcentagem de utilização de cada recurso foi obtida do relatório gerado pelo *Output Analyzer*, foi utilizada a média das dez replicações. A Tabela 4 mostra tais porcentagens. Os resultados completos de todas as replicações podem ser vistos nos Quadros 6, 7 e 8 do Apêndice A.

Tabela 4 - % Utilização da capacidade do Sistema  
% Utilização capacidade do Sistema

Caixa Manual 1	75%
Caixa Manual 2	57%
Caixa Eletrônico 1	76%
Caixa Eletrônico 2	66%
Caixa Eletrônico 3	53%
Caixa Eletrônico 4	42%
Caixa Eletrônico 5	27%
Caixa Eletrônico 6	17%
Caixa Eletrônico 7	25%
Caixa Eletrônico 8	6%
Atendente 1	66%
Atendente 2	54%
Atendente 3	35%
Atendente 4	20%
Atendente 5	10%
Atendente 6	2%

Fonte: Próprio autor

A partir dos resultados obtidos na simulação do Cenário 1, pode-se observar que o  $TMax_q$  do caixa eletrônico e o do atendente aumentaram, enquanto que o do caixa manual diminuiu. Apesar destas mudanças, não houve tanto impacto.

Com os resultados obtidos na simulação do Cenário 2, pode-se observar que o  $TMax_q$  referente a todos os serviços aumentou. Apesar destas mudanças, não houve impacto nos tempos máximos de espera nas filas dos caixas eletrônicos nem dos atendentes manuais. Já no caso do caixa manual houve muito impacto e o  $TMax_q$  excedeu em 2 horas 25 minutos e 32 segundos o tempo máximo estipulado para a tolerância do cliente, que foi 30 min.

A partir dos resultados obtidos na simulação do Cenário 3, pode-se observar que o  $TMax_q$  do caixa eletrônico e o do atendente aumentaram, enquanto que o do caixa manual diminuiu. Apesar destas mudanças não houve impacto nos tempos máximos de espera nas filas dos caixas eletrônicos nem dos caixas manuais.

Porém, no caso dos atendentes houve impacto e o  $TMax_q$  excedeu em 12 minutos e 56 segundos ao estipulado.

Através das comparações realizadas entre os Cenários, aqui apresentados, destacou-se o Cenário 1 onde, ao serem diminuídas as quantidades de recursos, estes apresentariam menor ociosidade.

## CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cenário estudado, ou seja o cenário real da *Agência X*, apresenta tempos máximos de espera nas filas menores que 20 min, o que na perspectiva do cliente gera uma satisfação, ou seja, uma percepção de um serviço de alta qualidade. Já para a agência, isto acarreta na rotatividade do serviço, ou seja, na velocidade. Além do mais, como hoje em dia, os funcionários têm flexibilidade de mudança de um serviço para outro, como o tempo dos caixas manuais estão aproximadamente na faixa dos 20min e dos atendentes estão em 6min30s, estes podem sair dos seus postos e serem caixas manuais, diminuindo assim, o tempo de espera do cliente nesta fila e aumentando a velocidade desse serviço. Contudo, caso a gerência opte por não ter esta flexibilidade, ela pode decidir reduzir os custos, ao diminuir a quantidade de funcionários.

Com a ajuda do *software* Arena foi possível simular e analisar outros cenários hipotéticos. Um cenário se destacou entre os demais, que foi o cenário um, onde foram reduzidos três caixas eletrônicos e dois atendentes das mesas. Com isso, na perspectiva da agência, o custo seria um indicador de desempenho relevante e que poderia ser diminuído, já que cinco dos seus recursos humanos e/ou eletrônicos seriam reduzidos. Além do que, o tempo máximo de espera nas filas pelos clientes não excedeu em 20 min, o que não impactaria na qualidade do serviço, na percepção dos clientes, pois a mudança dos tempos do cenário real para os dos cenários um não foram impactantes.

Pode-se concluir que a utilização da simulação em serviços ajuda os gestores, analistas, gerentes a tomarem decisões, pois com a mudança na disposição dos recursos no modelo de simulação o tempo de espera na fila, o tempo de atendimento e a utilização da capacidade do sistema se alteram. Assim, sabendo do comportamento dessas variáveis pode-se avaliar o impacto nos indicadores de desempenho estratégicos, como confiabilidade, qualidade, velocidade e custo e utilizar desse conhecimento para tomar a melhor decisão possível.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOUELJINANE, L. et al. A simulation study to improve the performance of an emergency medical service: Application to the French Val-de-Marne department. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 47, p. 46–59, 2014.
- ALLEN, T. T. Introduction to ARENA Software. In: **Introduction to Discrete Event Simulation and Agent-based Modeling**. [s.l.] Springer London, 2011. p. 145–160.
- CHOI, B. K.; KANG, D. **Modeling and Simulation of Discrete Event Systems**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos. Teoria e Aplicações**. 4<sup>a</sup> ed. São Paulo (SP): Elsevier, 2014.
- CORDEIRO, J. B.; PIRACIABA, J. A.; NOGUEIRA, R. T. **Simulação de uma agência bancária para análise do tempo de espera dos clientes na fila.**, 2012.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ERP : conceitos, uso e implantação**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2014.
- CORTÉS, P. et al. Simulation of freight traffic in the Seville inland port. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 15, n. 3, p. 256–271, 1 mar. 2007.
- COSTA, M. A. B. DA. **Simulação de sistemas. Apostila de suporte a disciplina Simulação aplicada a Engenharia de Produção**. Departamento de Engenharia de Produção., 2002. Disponível em:  
<[www.simucad.dep.ufscar.br/simucad/dn\\_sim\\_doc01.pdf](http://www.simucad.dep.ufscar.br/simucad/dn_sim_doc01.pdf)>
- DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da administração da produção**. Porto Alegre (RS): Bookman, 2001.
- DEO, S. et al. Modeling the impact of integrating HIV and outpatient health services on patient waiting times in an urban health clinic in Zambia. **PLoS ONE**, v. 7, n. 4, 2012.
- DUGUAY, C.; CHETOUANE, F. Modeling and Improving Emergency Department Systems using Discrete Event Simulation. **Simulation**, v. 83, n. 4, p. 311–320, 2007.
- FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. **Administração de Serviços - Operações, Estratégia e Tecnologia da Informação**. 7. ed. Porto Alegre: AMGH Editora, 2014.
- FOGLIATTI, M. C.; MATTOS, N. M. C. **Teoria de filas**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2007.
- FREITAS FILHO, P. J. DE. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena**. 2. ed. Florianópolis, SC: Visual Books, 2008.
- GALLAGHER, A. G.; O'SULLIVAN, G. C. **Fundamentals of surgical simulation: principles and practices**. London: Springer, 2012.



GIANESI, I. G. N.; CORREA, H. L. **Administração estratégica de serviços operações para a satisfação do cliente**. 17. reimpr. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GRÖNROOS, C. **Marketing y gestión de servicios: la gestión de los momentos de la verdad y la competencia en los servicios**. [s.l.] Ediciones Diaz de Santos, S. A., 1994.

HATAMI, M. et al. Improving Productivity in a Bank System by Using Computer Simulation. **Applied Mechanics and Materials**, v. 606, p. 259–263, ago. 2014.

HENCHEY, M. J. et al. A simulation approach to study emergency response. **Journal of Simulation**, v. 8, n. 2, p. 115–128, 2014.

HUNG, G. R. et al. Computer modeling of patient flow in a pediatric emergency department using discrete event simulation. **Pediatric Emergency Care**, v. 23, n. 1, p. 5–10, 2007.

JAHANGIRIAN, M. et al. Simulation in manufacturing and business: A review. **European Journal of Operational Research**, v. 203, n. 1, p. 1–13, 16 maio 2010.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P.; MALHOTRA, M. K. **Administração de produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2009.

LAW, A. M.; MCCOMAS, M. G. **Secrets of successful simulation studies**. 1991 Winter Simulation Conference Proceedings. **Anais...** In: 1991 WINTER SIMULATION CONFERENCE. Phoenix, AZ, USA: IEEE, 1991 Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/185587/>>. Acesso em: 15 mar. 2019

NUNES, R. R. **Simulação de Uma Agência Bancária para Avaliar os Indicadores de Desempenho**. . In: IV CONGRESSO FLUMINENSE DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA. Campos dos Goytacazes: 2012

PIDD, M. **Modelagem empresarial: ferramentas para tomada de decisão**. Porto Alegre: Bookman, 1998.

PIRACIABA, J. A.; RODRIGO TAVARES NOGUEIRA. **SIMULAÇÃO EM SERVIÇOS: UM ESTUDO DE CASO EM AGÊNCIA BANCÁRIA**. . In: XXIV SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Bauru, SP: out. 2017

PRADO, D. S. DO. **Usando o Arena em simulação**. 3. ed. Belo Horizonte; Nova Lima: Desenvolvimento Gerencial ; INDG Tecnologia e Serviço, 2008.

ROCKWELL AUTOMATION. **Arena Simulation**. Disponível em: <<https://www.arenasimulation.com>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

SAKURADA, N.; MIYAKE, D. I. Application of discrete event simulation in service industry modeling processes. **Gestão & Produção**, v. 16, n. 1, p. 25–43, mar. 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo (SP): Atlas, 2009.

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

WALL, T. A. et al. A federated simulation method for multi-modal transportation systems: Combining a discrete event-based logistics simulator and a discrete time-step-based traffic microsimulator. **SIMULATION**, v. 91, n. 2, p. 148–163, 2015.

WILLOUGHBY, K. A.; CHAN, B. T. B.; MARQUES, S. Using simulation to test ideas for improving speech language pathology services. **European Journal of Operational Research**, v. 252, n. 2, p. 657–664, 16 jul. 2016.

WIRTZ, J.; LOVELOCK, C. **Services Marketing: People, Technology, Strategy**. [s.l.] World Scientific Publishing Co Inc, 2016.

XU, D.; NAGESHWARANIYER, S. S.; SON, Y.-J. A service-oriented simulation integration platform for hierarchical manufacturing planning and control. **International Journal of Production Research**, v. 54, n. 23, p. 7212–7230, Dezembro 2016.

## APÊNDICE A – RESULTADOS DAS REPLICAÇÕES

Neste apêndice são apresentados os quadros com os resultados dos maiores tempos de espera na fila para cada uma das 10 replicações realizadas em cada caso da Simulação, e a média de todas as replicações:

Quadro 2– Resultado das replicações do Cenário Real

<b>Replicação 1</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	00:53
Atendente	00:00
Caixa	07:53
<b>Replicação 2</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	01:55
Atendente	00:00
Caixa	13:19
<b>Replicação 3</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	00:43
Atendente	00:00
Caixa	14:25
<b>Replicação 4</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	00:24
Atendente	02:05
Caixa	07:37
<b>Replicação 5</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	00:42
Atendente	04:29
Caixa	10:04
<b>Replicação 6</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	00:52
Atendente	03:02
Caixa	06:43
<b>Replicação 7</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	00:16
Atendente	00:00
Caixa	18:32
<b>Replicação 8</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)

Caixa Eletrônico	00:24
Atendente	00:00
Caixa	12:11
<b>Replicação 9</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	00:25
Atendente	00:00
Caixa	16:59
<b>Replicação 10</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	01:08
Atendente	06:32
Caixa	19:52
<b>Média (minutos)</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	00:46
Atendente	01:37
Caixa	12:45

Fonte: Próprio autor

Quadro 3 – Resultado das replicações do Cenário 1

<b>Replicação 1</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	04:13
Atendente	08:30
Caixa	13:23
<b>Replicação 2</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	05:44
Atendente	07:49
Caixa	13:23
<b>Replicação 3</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	07:44
Atendente	04:04
Caixa	11:03
<b>Replicação 4</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	07:20
Atendente	14:22
Caixa	09:31
<b>Replicação 5</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	04:47
Atendente	08:41

Caixa	09:53
<b>Replicação 6</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	03:47
Atendente	09:40
Caixa	16:27
<b>Replicação 7</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	03:17
Atendente	04:09
Caixa	10:00
<b>Replicação 8</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	04:27
Atendente	03:53
Caixa	08:07
<b>Replicação 9</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	03:25
Atendente	08:45
Caixa	13:21
<b>Replicação 10</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	03:33
Atendente	12:03
Caixa	11:13
<b>Média (minutos)</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	04:50
Atendente	08:11
Caixa	11:38

Fonte: Próprio autor

Quadro 4 – Resultado das replicações do Cenário 2

<b>Replicação 1</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	07:51
Atendente	00:41
Caixa	145:49
<b>Replicação 2</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	04:54
Atendente	08:54
Caixa	114:44
<b>Replicação 3</b>	

Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	02:08
Atendente	07:40
Caixa	94:44
<b>Replicação 4</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	03:46
Atendente	07:34
Caixa	128:32
<b>Replicação 5</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	05:52
Atendente	04:43
Caixa	175:19
<b>Replicação 6</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	03:08
Atendente	00:13
Caixa	123:43
<b>Replicação 7</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	06:36
Atendente	01:11
Caixa	90:08
<b>Replicação 8</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	02:23
Atendente	08:31
Caixa	134:02
<b>Replicação 9</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	02:47
Atendente	11:17
Caixa	139:22
<b>Replicação 10</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	03:11
Atendente	06:53
Caixa	171:50
<b>Média (minutos)</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	04:16
Atendente	05:46
Caixa	131:49

Fonte: Próprio autor

Quadro 5 – Resultado das replicações do Cenário 3

<b>Replicação 1</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	08:17
Atendente	16:04
Caixa	13:16
<b>Replicação 2</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	07:55
Atendente	10:14
Caixa	09:10
<b>Replicação 3</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	06:20
Atendente	19:06
Caixa	14:00
<b>Replicação 4</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	05:52
Atendente	42:56
Caixa	16:58
<b>Replicação 5</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	09:43
Atendente	11:01
Caixa	09:16
<b>Replicação 6</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	03:55
Atendente	31:08
Caixa	17:37
<b>Replicação 7</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	09:53
Atendente	06:25
Caixa	10:31
<b>Replicação 8</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	13:02
Atendente	18:05
Caixa	08:58
<b>Replicação 9</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	12:35

Atendente	21:31
Caixa	07:12
<b>Replicação 10</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	04:56
Atendente	12:14
Caixa	14:17
<b>Média (minutos)</b>	
Serviço	Tempo de Espera Máximo (Minutos)
Caixa Eletrônico	08:15
Atendente	18:52
Caixa	12:07

Fonte: Próprio autor

Quadro 6 – Resultado das replicações da % de utilização da capacidade dos caixas Manuais do Cenário Estudado

	Caixa 1	Caixa 2
<b>Replicação 1</b>	76%	60%
<b>Replicação 2</b>	69%	44%
<b>Replicação 3</b>	74%	55%
<b>Replicação 4</b>	79%	62%
<b>Replicação 5</b>	78%	61%
<b>Replicação 6</b>	73%	57%
<b>Replicação 7</b>	76%	60%
<b>Replicação 8</b>	69%	55%
<b>Replicação 9</b>	74%	57%
<b>Replicação 10</b>	78%	59%
<b>Média</b>	75%	57%

Fonte: Próprio autor

Quadro 7 – Resultado das replicações da % de utilização da capacidade dos caixas Eletrônicos do Cenário Estudado

Caixa Eletrônico	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Replicação 1</b>	73%	63%	44%	33%	23%	11%	23%	3%
<b>Replicação 2</b>	78%	68%	57%	43%	30%	20%	26%	6%
<b>Replicação 3</b>	79%	67%	51%	52%	30%	19%	24%	11%
<b>Replicação 4</b>	77%	69%	56%	45%	29%	16%	20%	3%
<b>Replicação 5</b>	72%	58%	46%	32%	26%	10%	18%	4%
<b>Replicação 6</b>	77%	71%	60%	46%	28%	18%	18%	2%
<b>Replicação 7</b>	76%	65%	55%	41%	23%	21%	32%	10%
<b>Replicação 8</b>	82%	63%	52%	46%	29%	17%	36%	11%
<b>Replicação 9</b>	71%	62%	50%	35%	23%	12%	26%	4%
<b>Replicação 10</b>	79%	70%	57%	52%	32%	23%	25%	8%
<b>Média</b>	76%	66%	53%	42%	27%	17%	25%	6%

Fonte: Próprio autor



Quadro 8 – Resultado das replicações da % de utilização da capacidade das mesas de atendimento do Cenário Estudado

<b>Mesa</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Replicação 1</b>	67%	54%	44%	26%	6%	1%
<b>Replicação 2</b>	67%	52%	34%	15%	10%	7%
<b>Replicação 3</b>	60%	49%	34%	27%	10%	0%
<b>Replicação 4</b>	75%	48%	28%	12%	18%	0%
<b>Replicação 5</b>	70%	60%	32%	22%	15%	2%
<b>Replicação 6</b>	63%	60%	15%	15%	0%	0%
<b>Replicação 7</b>	63%	49%	35%	16%	8%	2%
<b>Replicação 8</b>	56%	46%	40%	13%	10%	0%
<b>Replicação 9</b>	66%	58%	37%	25%	11%	9%
<b>Replicação 10</b>	70%	61%	46%	26%	13%	3%
<b>Média</b>	66%	54%	35%	20%	10%	2%

Fonte: Próprio autor