

# ANÁLISE DO PROCESSO DE ATENDIMENTO A CLIENTES POR MEIO DE SIMULAÇÃO NO SOFTWARE SIMPY EM UMA LOJA DE DEPARTAMENTO EM MOSSORÓ/RN

**Anna Karollyna Albino Brito (UFERSA )**  
anninhabrito\_@hotmail.com

**CHARLES MILLER DE GOIS OLIVEIRA (UFERSA )**  
charlesmilleradm@hotmail.com

**Isabela Raquel Mendes Bezerra (UFERSA )**  
isabelaraquel@hotmail.com



*As filas de espera são sempre indesejáveis por parte dos clientes. Uma fila forma-se em função do desequilíbrio entre a procura por um serviço e a capacidade do sistema em provê-lo. Frequentemente os problemas de filas estão relacionados à imprevisibilidade de chegada dos clientes e a variação da taxa de prestação de serviço. Se do ponto de vista dos clientes as filas são ruins, por parte da gerência, servidores ociosos representam custos. A simulação apresenta-se como uma poderosa ferramenta de análise de processos e sistemas complexos, pois através dela torna-se possível o estudo, análise e avaliação de situações que na vida real não seriam possíveis. Com o auxílio dos softwares Microsoft Office Excel®, Input Analyser, ferramenta do software Arena® 11.0 e do SimPy 2.3.1, foi possível fazer um modelo onde representasse um sistema de atendimento de uma loja de departamento localizada na cidade de Mossoró/RN. A validação do modelo foi positiva, uma vez que a média dos dados coletados pertence ao intervalo de confiança. Para finalizar o trabalho, foram analisados vários cenários, onde o número de atendentes variam de 1 à 5, assim, de acordo com a amostra obtida e o modelo proposto, o cenário com três atendentes se destacou com vários pontos positivos.*

*Palavras-chaves: Fila, simulação, software simpy, loja de departamento.*

## 1. Introdução

O aumento das lojas de departamentos traz como consequência o alavancamento da concorrência. Para se diferenciarem em um mercado cada vez mais competitivo muitas empresas estão em busca de eficiência, lucratividade e vantagens competitivas, como destaca Machado, Queiroz e Martins (2006). Uma das formas de diferenciarem-se é através das promoções, que em geral, atraem um número ainda maior de clientes, ocasionando, na grande maioria das vezes, um dispêndio de tempo na fila maior do que os clientes gostariam.

As filas de espera são sempre indesejáveis por parte dos clientes. Uma fila forma-se em função do desequilíbrio entre a procura por um serviço e a capacidade do sistema em provê-lo. Frequentemente os problemas de filas estão relacionados à imprevisibilidade de chegada dos clientes e a variação da taxa de prestação de serviço. Se do ponto de vista dos clientes as filas são ruins, por parte da gerência, servidores ociosos representam custos. Para Arenales et al. (2007), existe um *trade-off* entre os custos de oferecer o serviço e os custos dos atrasos sofridos pelos usuários. A busca pela otimização dos sistemas de serviços é fator chave para driblar a concorrência e garantir o sucesso da empresa.

As técnicas utilizadas para o estudo de sistemas de filas são a teoria de filas e a simulação computacional. A teoria de filas é um método analítico que estuda a formação de filas por meio de fórmulas matemáticas. De acordo com Chwif e Medina (2007), no caso de redes de filas (sistemas de filas arranjados em série e/ou paralelo) os modelos são complexos e de aplicação limitada. Os modelos de simulação, diferentemente dos modelos de filas, são experimentais e, em geral, são relativamente mais fáceis de serem aplicados do que os modelos de filas (MIGUEL, 2010). Com esta técnica, conforme aponta Carneiro (2008), diferentes aspectos da administração de serviços podem ser abordados. Atualmente existem diversos *softwares* de simulação que utilizam recursos de computação gráfica, o que facilita o processo de criação de modelos, que é feita de forma gráfica e visual, tornando fácil a visualização do funcionamento do sistema através da animação de cenários.

A simulação apresenta-se como uma poderosa ferramenta de análise de processos e sistemas complexos, pois através dela torna-se possível o estudo, análise e avaliação de situações que na vida real não seriam possíveis. Devido à necessidade de se obter uma resposta rápida a simulação tem-se tornado uma metodologia indispensável de resolução de problemas para os

tomadores de decisões nas mais diversas áreas, segundo Shannon (1998). Johansson (2002) reforça esta diversidade de áreas de aplicação da simulação mostrando que ela tem sido utilizada desde a representação de operações militares até em operações na área de saúde.

O estudo visa simular o tempo de atendimento de um determinado grupo de clientes, analisando o tempo médio em fila e de atendimento, verificando se está dentro de um tempo satisfatório para o mesmo, assim causando uma sensação de comodidade e eficiência no atendimento.

No tocante à organização do trabalho, tem-se que a seção 2 apresenta os tópicos teóricos relevantes à fundamentação da pesquisa; na seção 3, tem-se a metodologia empregada; a seção 4 registra os resultados e discussão do estudo; e, por fim, a seção 5 apresenta as considerações finais quanto ao alcance dos objetivos do estudo e das limitações do mesmo.

## **2. Revisão bibliográfica**

### **2.1. Simulação**

A simulação computacional de sistemas produtivos é utilizada como uma poderosa ferramenta para o planejamento, o projeto e o controle de sistemas produtivos complexos (SILVA, 2006).

Segundo Spina (2007) a simulação possibilita a análise dos resultados de uma solução sem a necessidade de implementá-la, além de possibilitar o estudo de vários cenários de ações que demandam custos elevados e que não se sabe ao certo o resultado que será obtido com sua implementação. Esta ferramenta permite, ainda, a compreensão adequada de todas as atividades que participam do processo possibilitando a identificação dos principais gargalos do sistema, e assim atuar sobre estes em busca de melhores resultados produtivos.

Diferentes medidas de desempenho (tempo médio de fila, utilização média de servidores, tempo médio de processamento, etc.) podem ser estimadas para avaliar o comportamento do sistema. Com a simulação é possível analisar sistemas complexos, uma vez que é possível a representação das inter-relações sistêmicas de forma mais realista, o que a torna uma importante ferramenta de gestão (OLIVEIRA; PILLEGI; PANAINO, 2012).

Banks et al. (2005, apud Maciel et al., 2012) apresentam algumas vantagens da simulação:

- a) Prever o comportamento de novos sistemas antes que estes sejam construídos;

- b) Prever o impacto de mudanças, no desempenho do sistema existente, sem implantá-las na prática;
- c) Podem ser analisados gargalos no sistema.

E citam, também, desvantagens:

- a) É necessário um treinamento específico para se construir um modelo;
- b) A resposta do modelo pode ser complexa e dificultar sua interpretação;
- c) O tempo de modelagem e análise pode ser longo e caro.

## 2.2. Teoria das filas

De acordo com Silva (2005), um sistema pode ser definido como uma coletânea de estruturas e recursos que interagem segundo uma lógica de tal forma a alcançar um ou mais objetivos. Uma das formas de estudar sistemas reais é a utilização de modelos, os quais podem apresentar-se como protótipos ou como modelos matemáticos, que viabilizam soluções analíticas.

Estudos de modelagem de sistemas podem envolver ampliações de fábricas, troca de equipamentos, reengenharia, automatização, definição da quantidade de atendentes que devem ser colocados em cada estação de trabalho, assim como o melhor *layout* e o melhor fluxo. Dentre as técnicas disponíveis para a modelagem de sistemas, pode-se ressaltar a Teoria das Filas (PRADO, 1999).

“A Teoria das Filas, como tal, foi desenvolvida para prover modelos matemáticos que predizem o comportamento de sistemas que tentam providenciar atendimento às demandas em contínuo crescimento aleatório” (CARRIÓN, 2007, p.15, apud ALENCAR et al., 2010).

Fogliatti e Mattos (2007) definem a teoria das filas como sendo a 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.

O processo básico suposto pela maioria dos modelos de filas consiste na chegada de clientes que necessitam de atendimento e chegam ao longo do tempo por uma fonte de entradas. Esses clientes entram no sistema de filas e pegam uma fila. Em certos momentos, um membro da fila é selecionado para atendimento por alguma regra conhecida como disciplina da fila. O

atendimento necessário é então realizado para o cliente pelo mecanismo de atendimento, após o qual o cliente deixa o sistema de filas (HILLIER; LIEBERMAN, 2010).

A partir dessa concepção sobre a estrutura básica de um sistema de filas, a seguir, são conceituados os principais elementos necessários ao entendimento da Teoria das Filas, em estudo:

- a) **Processo de chegadas:** conforme ressaltam Fogliatti e Mattos (2007), o processo de chegadas dos usuários é especificado pelo comportamento do fluxo de chegadas dos mesmos ao sistema. Se forem conhecidos o número de chegadas e os instantes de tempo em que elas acontecem, esse processo é denominado determinístico; caso contrário, tem-se um comportamento aleatório constituindo um processo estocástico caracterizado por uma distribuição de probabilidade. A população de onde um usuário se origina pode ser finita ou infinita;
- b) **Processo de atendimento:** é especificado pelo tempo de atendimento dos usuários do sistema. O tempo decorrido entre o início do atendimento até o seu término para um cliente em uma instalação de atendimento é denominado tempo de atendimento. Um modelo de determinado sistema de filas deve especificar a distribuição probabilística de tempos de atendimento para cada atendente. A distribuição de tempo de atendimento que é suposta com maior frequência, na prática, é a distribuição exponencial (HILLIER; LIEBERMAN, 2010);
- c) **Canais ou postos de serviço:** os canais ou postos de serviço são os locais onde são atendidos os usuários. O número de postos de um sistema pode ser finito ou infinito (FOGLIATTI; MATTOS, 2007);
- d) **Capacidade do sistema:** “A capacidade do sistema é o número máximo de usuários que o mesmo comporta (incluindo fila e atendimento) e pode ser finita ou infinita.” (FOGLIATTI; MATTOS, 2007, p.9);
- e) **Disciplina de atendimento:** segundo Winston (2004), a disciplina da fila descreve o método usado para determinar a ordem em que os clientes são selecionados para entrar em serviço. Normalmente, para modelos de filas adota-se o critério dos primeiros que chegam serão os primeiros a ser atendidos ou *first in, first out* (FIFO).

### 3. Metodologia

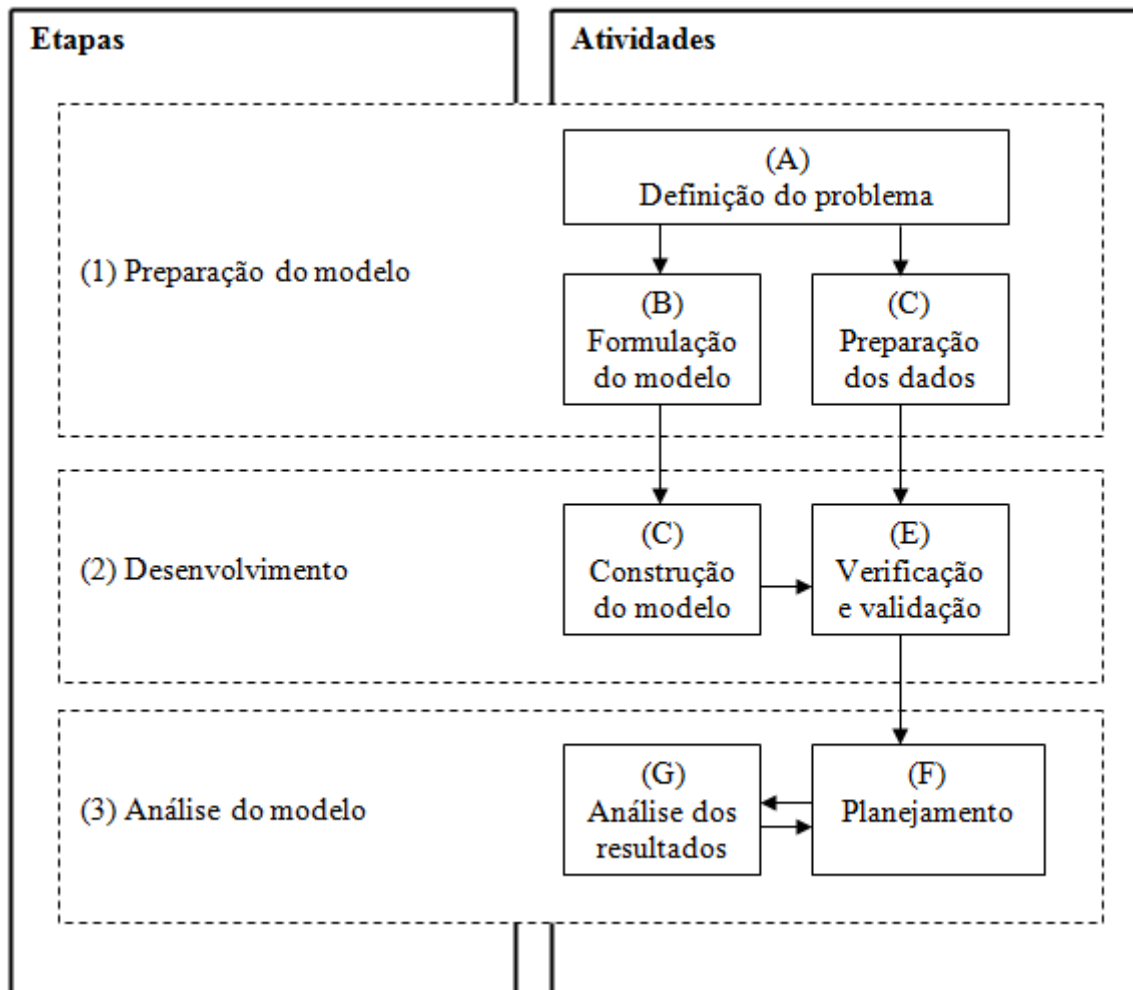


Figura 1 - Metodologia prática de simulação de sistemas  
 Fonte: Adaptado de Moraes e Santoro (2012)

A seguir são comentadas as etapas do processo tradicional da simulação de sistemas:

- a) Preparação para o modelo: atividades preliminares à construção do modelo computacional, englobando definição do problema, que agrega diversas subatividades (definição de objetivos, planejamento do estudo e definição do sistema); formulação do modelo, ou construção do modelo conceitual; e preparação de dados, incluindo levantamento ou estimativa dos dados necessários ao estudo;
- b) Desenvolvimento do modelo: atividades necessárias à obtenção de um modelo computacional válido, englobando construção do modelo e verificação e validação;
- c) Análise do modelo: atividades realizadas após a validação do modelo, agregando planejamento de experimentos e análise de resultados (planejamento tático, documentação, apresentação e implementação).

## 4. Aplicação do modelo

### 4.1 Definição do problema

O trabalho consiste em simular o processo de atendimento de uma grande loja de Departamento, localizada no centro da cidade de Mossoró/RN. A loja possui cinco caixas no pavimento térreo, quatro caixas no primeiro pavimento e dois caixas no segundo pavimento, com uma estimativa de 1000 atendimentos por dia. Para a realização desse trabalho, foram analisados os cinco caixas do pavimento térreo, devido ao seu grande fluxo de clientes.

Portanto, com o uso da simulação, tem-se como objetivo, analisar a situação de atendimento na loja quanto ao comportamento da fila de espera no pavimento térreo, verificando o tempo de espera, o número de clientes atendidos, o tempo de atendimento e a taxa de ocupação.

### 4.2 Coleta de dados

Para a obtenção dos dados, foi elaborada uma planilha, a qual se pode coletar dados referentes ao momento de chegada de um cliente (MC), o início (MA) e o término (MS) do seu atendimento (quadro 1), ao total, foram obtidos uma amostra de 94 clientes.

Após a coleta dos dados, foi calculado o intervalo de chegada, o tempo de atendimento e o tempo em fila de cada cliente com o auxílio do *Microsoft Office Excel*<sup>®</sup>. Em seguida, para o tratamento estatístico dos dados, foi utilizado o *software Input Analyser*, ferramenta do *software Arena*<sup>®</sup> 11.0 versão para estudantes, através do qual pode-se identificar qual tipo de distribuição (Normal, Beta, Uniforme, Triangular, Exponencial, Erlang, Gama, Log Normal e Weibull) cada conjunto de dados iria seguir (figuras 2 e 3).

Com as devidas análises, foi elaborado um programa no *software SimPy 2.3.1*, para posteriormente ser verificado e validado.

Folha para Coleta de Dados						
Identificação do Caixa	Caixa:	Caixa:	Caixa:	Caixa:	Caixa:	Caixa:
Cliente	1	2	3	4	5	6
MC						
MA						
MS						

Quadro 1 - Modelo de folha para coleta de dados  
Fonte: Autores

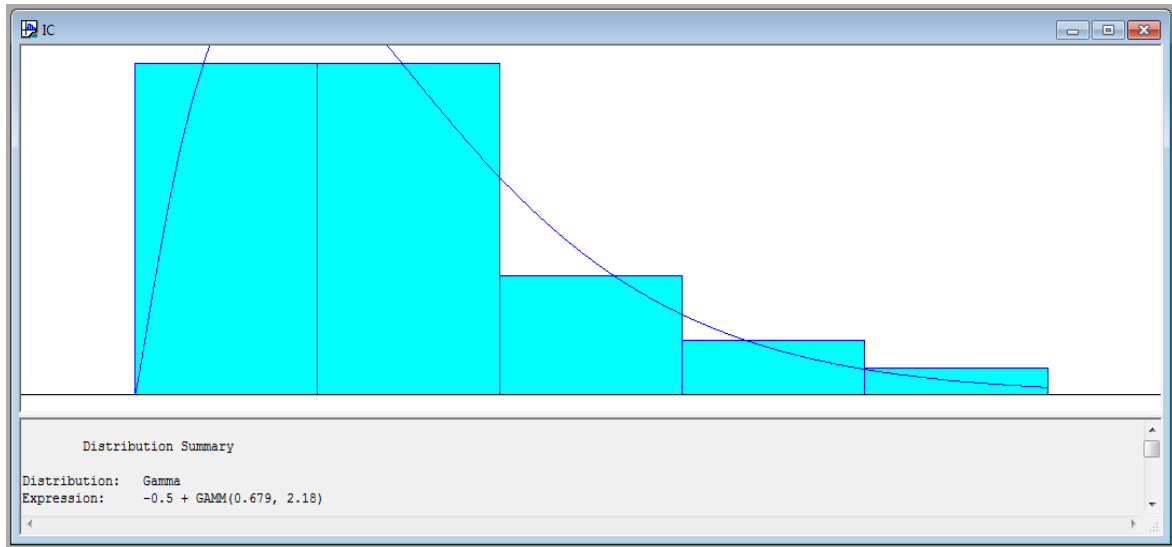


Figura 2 - Gráfico de distribuição do intervalo de chegada  
 Fonte: Autores

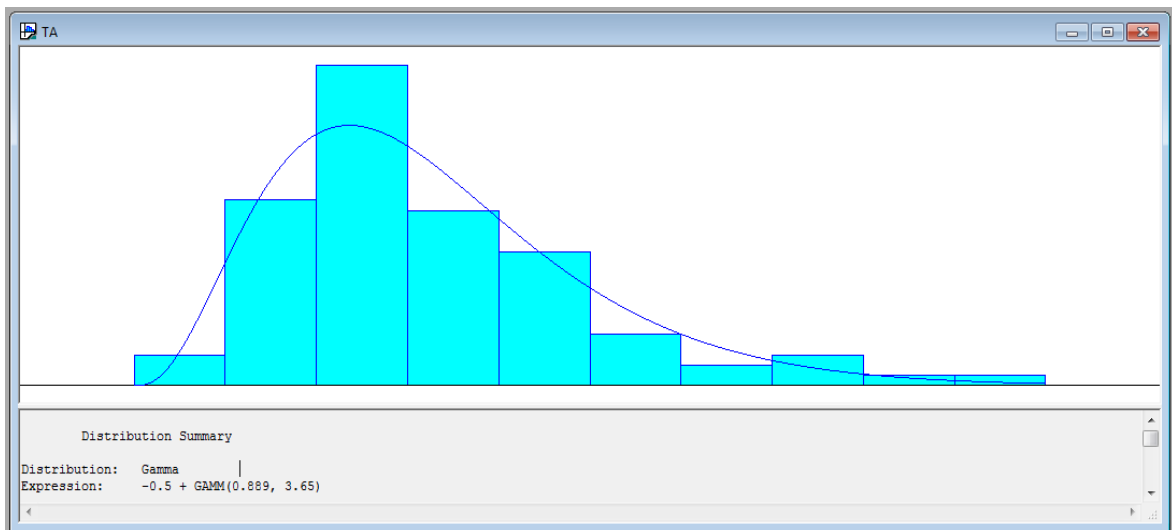


Figura 3 - Gráfico de distribuição do tempo de atendimento  
 Fonte: Autores

Dados de Entrada		
Variáveis	Tipo de Distribuição	Equação
Intervalo de Chegada	GAMMA	$-0.5 + \text{GAMM}(0.679, 2.18)$
Tempo de Atendimento	GAMMA	$-0.5 + \text{GAMM}(0.889, 3.65)$

Quadro 2 – Quadro resumo dos dados de entrada  
 Fonte: Autores

### 4.3 Formulação do modelo computacional



Para melhor entendimento do processo, foi elaborado um fluxograma com o encadeamento das etapas desde a chegada do cliente ao caixa, o efetuação do pagamento e posteriormente a sua saída (figura 4).

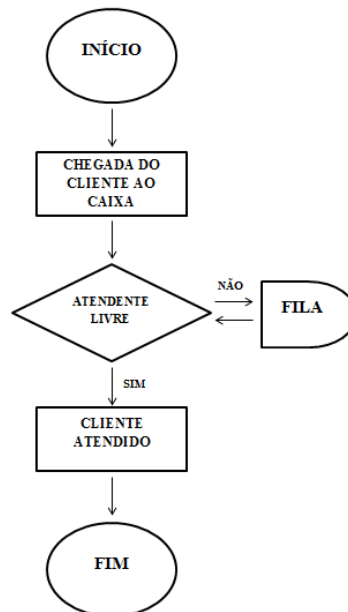


Figura 4 - Fluxograma do processo  
Fonte: Autores

Após o cliente escolher o artigo da loja de sua preferência, ele segue até o caixa, onde poderá encontrar o atendente livre ou não, caso o atendente não esteja livre, o cliente fica em fila e aguarda chegar a sua vez, caso o atendente já esteja livre, ele seguirá até o guichê onde será devidamente atendido e posteriormente, sair da loja.

Há outras ferramentas de fácil análise visual do processo, são elas, Rede de Petri e IDEF-SIM, que estão apresentadas a seguir (figura 5 e 6).

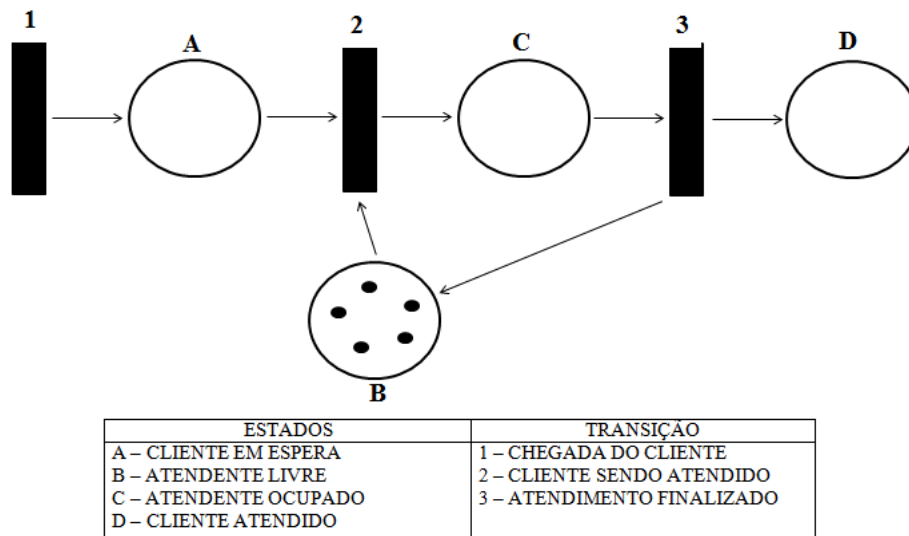


Figura 5 - Rede de Petri para o sistema de atendimento de uma loja de departamento  
Fonte: Autores

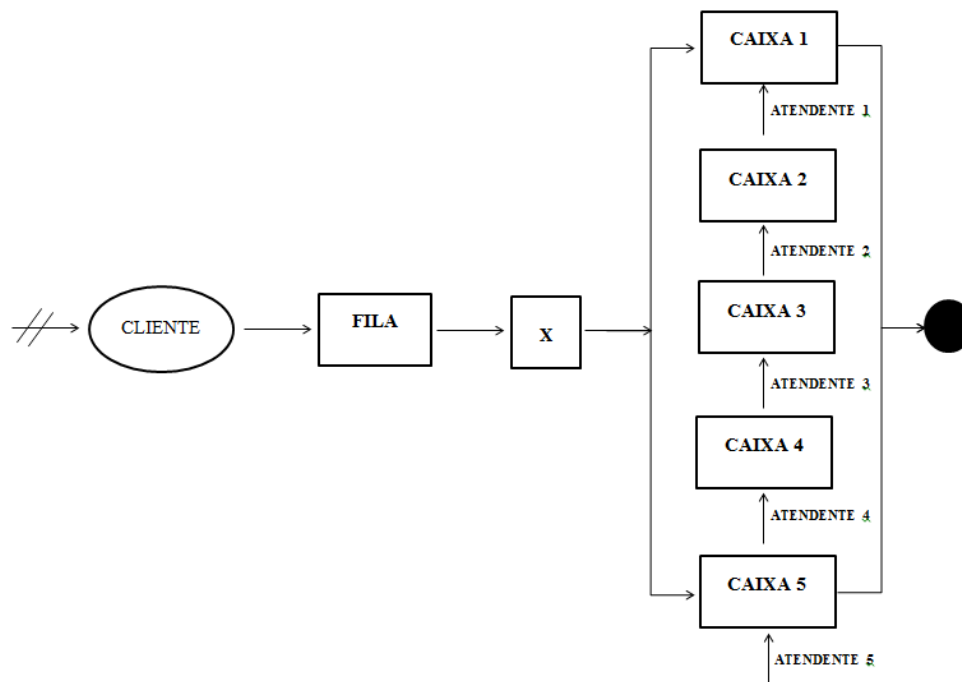


Figura 6 - Modelo IDEF-SIM para o sistema de atendimento de uma loja de departamento  
Fonte: Autores

#### 4.4 Verificação e validação do modelo

Após o término das etapas anteriores, foi possível elaborar um programa o qual pudesse simular o comportamento do sistema em estudo. Para que o modelo seja aceito, é necessário fazer uma verificação do mesmo, quer dizer, relacionar o modelo conceitual com o computacional. O código do programa segue em anexo no final do trabalho.

Outro ponto importante para a aceitação do modelo é a validação do mesmo, e para que isso seja verdadeiro, uma das formas é calcular a média do tempo em fila real e comparar com o intervalo de confiança dos dados gerados pelo modelo. Dessa forma, foi realizada 10 iterações com valores de sementes diferentes, para que se pudesse calcular o intervalo de confiança dos dados e verificar se os dados estão dentro desse limite.

Assim, com o cálculo do tempo médio em fila, foi possível calcular a média dos dados ( $\mu$ ) e o desvio-padrão ( $\sigma$ ):

Tabela 1 – Validação do Modelo

<b>Seed</b>	<b>Tempo médio em fila</b>
5	2,9443
10	1,2991
15	2,2226
20	1,6132
25	1,6429
30	3,7133
35	1,7060
40	2,2917
45	1,2674
50	1,4691
<b>Média do Tempo em Fila Calculado</b>	2,0170
<b>Desvio-Padrão</b>	0,7505
<b>t(9,90%)</b>	1,38
<b>Limite Superior</b>	2,34
<b>Limite Inferior</b>	1,69
<b>Média do Tempo em Fila Real</b>	1,76

De acordo com a tabela 1, é possível perceber que utilizando o T de Student com um grau de confiança 90%, os limites superior e inferior, são respectivamente, 2,34 e 1,69, afirmando que o modelo é válido, uma vez que a média do tempo em fila real resultou em 1,76, estando dentro do intervalo de confiança.

#### 4.5 Execução do Modelo

Uma das vantagens da simulação é verificar diferentes cenários, sem a necessidade de alterar o sistema real. Assim, com essa proposta, foram analisados diversos cenários para verificar como se comporta o sistema diante de algumas alterações.

- Cenário 1 - Apenas um atendente:

---

<b>Tempo Total de Execução</b>	600 min
<b>Tempo Médio em Fila</b>	216,1763 min
<b>Tempo Médio de Atendimento</b>	2,7541 min
<b>Taxa de Ocupação</b>	98,2278%
<b>Número de Clientes Atendidos</b>	214

---

- Cenário 2 – Com dois atendentes:

---

<b>Tempo Total de Execução</b>	600 min
<b>Tempo Médio em Fila</b>	99,5151 min
<b>Tempo Médio de Atendimento</b>	2,7870 min
<b>Taxa de Ocupação</b>	99,1721%
<b>Número de Clientes Atendidos</b>	427

---

- Cenário 3 – Com três atendentes:

---

<b>Tempo Total de Execução</b>	600 min
<b>Tempo Médio em Fila</b>	13,1933 min
<b>Tempo Médio de Atendimento</b>	2,8676 min
<b>Taxa de Ocupação</b>	91,6038%
<b>Número de Clientes Atendidos</b>	575

---

- Cenário 4 – Com quatro atendentes:

---

<b>Tempo Total de Execução</b>	600 min
<b>Tempo Médio em Fila</b>	4,5542 min
<b>Tempo Médio de Atendimento</b>	2,8775 min
<b>Taxa de Ocupação</b>	69,0609%
<b>Número de Clientes Atendidos</b>	576

---

- Cenário 5 – Com cinco atendentes:

---

<b>Tempo Total de Execução</b>	600 min
<b>Tempo Médio em Fila</b>	2,9443 min
<b>Tempo Médio de Atendimento</b>	2,8775 min
<b>Taxa de Ocupação</b>	55,2487%
<b>Número de Clientes Atendidos</b>	576

---

## 5. Considerações finais

O trabalho trouxe como objetivo, analisar a situação de atendimento na loja de Departamento na cidade de Mossoró/RN, quanto ao comportamento da fila de espera, verificando o tempo de espera, o número de clientes atendidos, o tempo de atendimento e a taxa de ocupação.

Dessa forma, foram analisados cinco cenários diferentes, onde mudava a quantidade de atendentes nos caixas do pavimento térreo da loja. Assim, foi possível perceber, que de acordo com a amostra obtida e o modelo proposto, o menor tempo médio em fila é a do cenário 5, com 5 atendentes, porém, o cenário com três atendentes, possui uma taxa de ocupação bastante elevada e com uma diferença muito pequena no número de clientes atendidos ao comparar com o cenário 4 e 5. O seu ponto negativo está no tempo médio em fila, pois se torna maior que os cenários de maior quantidade de atendentes. O pior cenário ficou para o primeiro, com apenas um atendente.

Atualmente, a empresa adota o número de cinco atendentes no caixa, no entanto, os cenários obtidos por meio do modelo mostram que se a empresa passar a adotar três atendentes, ela consegue atender quase a mesma demanda, com uma taxa de ocupação muito maior. Podendo realocar esses funcionários a mais em outras funções, ou até mesmo diminuindo as despesas relativas a um uso desnecessário de colaborador para a empresa.

### Referências

- ALENCAR et al. *Modelagem matemática fundamentada em teoria das filas: um estudo do desempenho do sistema de filas em caixas rápidos de supermercado*. In: XVII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2010, Bauru. Anais... Bauru, 2010.
- ARENALES et al. *Pesquisa operacional*. Rio de Janeiro: Campus, 2007.
- CARNEIRO, W.M. *Experimentação em um sistema de filas utilizando a simulação computacional: um estudo de caso*. In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2008, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 2008.
- CHWIF, L.; MEDINA, A.C. *Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações*. 2.ed. São Paulo: Ed. do Autor, 2007.
- FOGLIATTI, M. C.; MATTOS, N. M. C. *Teoria de filas*. Rio de Janeiro: Interciência, 2007.
- HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.J. *Introdução à pesquisa operacional*. 8.ed. Porto Alegre: AMGH, 2010.
- JOHANSSON, B. *A strategic approach to performance enhancement in manufacturing systems*. Department of Product and Production Development Chalmers, University of Technology, Göteborg, Sweden, 2002.
- MACHADO, M.D.; QUEIROZ, T.R.; MARTINS, M.F. *Mensuração da qualidade de serviço em empresas de fast food*. *Gestão & Produção*, v. 13, n. 2, p. 261-270, maio/ago. 2006.
- MACIEL et al. *Análise do impacto dos tempos de setup na disponibilidade operacional de uma máquina de corte através da simulação a eventos discretos*. In: XIX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2012, Bauru. Anais... Bauru, 2012.
- MIGUEL, P. A. C. (organizador). *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- MORAES, L.H.; SANTORO, M.C. *Proposta de um processo genérico e prático para simulação de sistemas*. In: XXXII CONGRESSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2012, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves, 2012.
- OLIVEIRA, L.K.; PILLEGI, G.C.F.; PANAINO, A.C. *Simulação em sistemas de serviços: estudo da fila de um drive-thru*. In: XIX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2012, Bauru. Anais... Bauru, 2012.
- PRADO, D.S. *Teoria das filas e da simulação*. Belo Horizonte, MG: Editora de Desenvolvimento Gerencial. Série Pesquisa Operacional, vol. 2, 1999.

SHANNON, R.E. *Introduction to the art and science of simulation*. Proceedings of the Winter Simulation Conference, 1998.

SILVA, A. K. *Método para avaliação e seleção de softwares de simulação de eventos discretos aplicados à análise de sistemas logísticos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2006. 212p.

SILVA, L.C. *Simulação de processos*. (2005) Disponível em: <<http://www.agais.com/simula.htm#T5>> Acesso em: 29/03/2013

SPINA, C. *Aplicação de ferramentas lean seis sigma e simulação computacional ao aperfeiçoamento de serviços: roteiro de referência e estudo de caso*. Dissertação (Mestrado em Administração) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas, São Paulo, SP, 2007. 155p.

WINSTON, W. L. *Operations Research: Applications and Algorithms*. 3.ed. Duxbury Press, 1994.