

SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS APLICADA À GESTÃO DE FILAS EM UMA LOJA DE TECIDOS

SIMULATION OF DISCRETE EVENTS APPLIED TO QUEUE MANAGEMENT IN A FABRIC STORE

Raquel Santana Barbosa dos Santos

IFSP, Campus Suzano

raquelsantana700@gmail.com

Renan Miguel Felix Cajui

IFSP, Campus Suzano

renanmiguelcajui@gmail.com

Profº. Dr. Adriano Maniçoba da Silva

IFSP, Campus Suzano

adrianoms@ifsp.edu.br

Resumo

O presente artigo busca compreender e aplicar o método de simulação discreta, utilizado largamente para análise de demanda e estudo de filas. Para isso, como objeto do estudo, tem-se a análise da fila dos caixas de uma loja de tecidos localizada no bairro do Brás, em São Paulo, onde o principal intuito é a identificação do fluxo de clientes, bem como tempos de atendimento e formação de filas. Para a realização do trabalho, foi feita a devida análise de filas junto a equipe do estabelecimento, para então, executar a aplicação do método. Com os dados e métodos aplicados foi possível compreender o fluxo de filas da loja e minimizar a quantidade de funcionários necessários para realizar um atendimento igualmente satisfatório.

Palavras-chave: Simulação; filas; atendimento.

Abstract

The present paper seeks to understand and apply the method of discrete simulation, widely used for demand analysis and queuing studies. For this, as an object of the study, there is the analysis of the cashier queue of a fabric store located in the Brás neighborhood, in São Paulo, where the main purpose is to identify the flow of customers, as well as service and training times. of queues. In order to carry out the work, the queue analysis was carried out with the establishment's team, to then execute the application of the method. With the data and methods applied, it was possible to understand the store's queue flow and and minimize the number of employees needed to provide an equally satisfactory service.

Keywords: Simulation; Queues; attendance.

1 Introdução

Atualmente é imprescindível para o sucesso de todo e qualquer negócio um atendimento eficiente e satisfatório ao seu cliente, porém, nem sempre é possível vislumbrar um atendimento ideal sem que antes seja feito um estudo adequado sobre a movimentação de clientes e de como essa necessidade pode ser atendida da melhor forma possível e, ainda assim, minimizar custo para a empresa. Segundo Andrade (2015, p. 127) “O método de Monte Carlo é um processo de operações de modelos estatísticos de modo a lidar experimentalmente com variáveis descritas por funções probabilísticas.” Dessa forma, a principal motivação para a confecção deste trabalho se trata da obtenção de dados probabilísticos que auxiliem a empresa em sua gestão de filas e no dimensionamento de seus atendentes.

Devido à observação da necessidade de minimização do quadro de funcionários para o atendimento dos clientes nos caixas, foi verificada a necessidade da implantação de uma ferramenta que auxilie e forneça dados probabilísticos para a compreensão do fluxo de clientes e de atendimento com maior precisão. Para isso, a ferramenta selecionada foi a Simulação de eventos discretos, pois segundo Andrade (2015, p. 123) “Mesmo sendo possível desenvolver um modelo matemático do sistema em foco,

a sua solução pode ser muito trabalhosa e pouco flexível.” Logo, pode-se considerar que a Simulação fornece dados mais precisos, além de ser mais simples e flexível em detrimento as demais técnicas. O principal objetivo do estudo foi identificar o fluxo de clientes nas filas dos caixas da loja, bem como identificar a melhor forma para atendê-los mediante a aplicação da Simulação de eventos discretos. Além disso, foram objetivos complementares compreender a teoria e aplicação da Simulação ao estudo e verificar a eficiência da mesma no gerenciamento de filas.

2 Revisão da literatura

2.1 Conceito de simulação

Com o surgimento dos computadores tornou-se muito mais fácil a utilização de técnicas de Simulação, como a de Monte Carlo, pois a sua capacidade de calcular incontáveis números em pouquíssimo tempo permite uma simulação mais precisa e parecida com o real. Segundo MOREIRA (2010, p.271) “A simulação envolve a construção de um modelo aproximado da realidade, o qual será operado muitas e muitas vezes, analisando-se então seus resultados para que ele possa ser bem mais compreendido, manipulado e controlado”.

A simulação pode ser aplicada nas mais diversas áreas, conforme afirmam Hillier e Lieberman (2013, p.907) “A simulação é uma técnica extremamente versátil. Ela pode ser usada para investigar praticamente qualquer tipo de sistema estocástico”. Dessa forma, entende-se que o método é uma ótima ferramenta no que diz respeito ao presságio e compreensão da realidade, tornando-se assim, uma técnica largamente utilizada por empresas e profissionais das mais diversas áreas para a obtenção de dados estatísticos e probabilísticos que auxiliem na tomada de decisões.

2.2 História da simulação monte Carlo

Atualmente, a técnica é largamente utilizada nas mais diferentes áreas, porém, muitos desconhecem sua origem e motivo de criação.

A simulação Monte Carlo teve como seu principal precursor o matemático Stanislaw Ulam, que desenvolveu o método durante uma partida do jogo de cartas intitulado “Paciência”. Seu objetivo consistia em obter êxito no cálculo de possibilidades para uma determinada jogada, para isso, Ulam utilizou a análise combinatória.

Porém, após dedicar-se por muito tempo aos cálculos percebeu-se que seria mais viável a realização de jogadas randômicas, visto a alta utilização de tempo e excesso de operações. Coincidentemente, surge na mesma época ENIAC, o primeiro computador eletrônico possibilitando a realização de cálculos extremamente longos e complexos, fazendo com que ENIAC tivesse um significativo papel na formulação e aplicação de estratégias da 2ª Guerra Mundial. Com isso, é considerável que:

O uso moderno do termo “Simulação”, no sentido em que é empregado em Pesquisa Operacional, tem origem num trabalho de 1940 de Von Neumann e Ulam que associaram a expressão “Análise de Monte Carlo” a uma técnica matemática que utilizaram para resolver problemas de blindagem de reatores nucleares. (ANDRADE, 2015, p.123)

E ainda assim, após quase oito décadas o Método Monte Carlo ainda se prova funcional e extremamente atual em relação a previsão, compreensão e auxílio referente à tomada de decisão dentro das empresas.

2.3 Tipos de simulação

Conforme dito no início deste estudo, segundo Prado (2013, p. 111) a simulação “É a técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital.” Assim como em outros campos de estudo, na simulação também observa-se a ramificação e a divisão de vertentes do estudo. Assim, considera-se que existem alguns métodos que se diferenciam entre si na simulação:

1. Estático: que consiste na representação do sistema em um dado momento;
2. Dinâmico: que representa as mudanças do sistema ao passar do tempo;

3. Determinísticos: onde o sistema não tem dependência de nenhuma variável estatística com condições aleatórias;
4. Estocástico: onde o sistema depende de variáveis estatísticas aleatórias.

Além dos modelos citados acima, observa-se que na Simulação Monte Carlo são comumente utilizados dois tipos: por eventos discretos e contínua. As maiores diferenças entre esses métodos estão em como ocorrem os eventos e como estes implicam mudanças no sistema. Segundo Hillier e Lieberman. (2013, p.898), pode-se definir a simulação por eventos discretos como sendo “aquela em que as mudanças no estado do sistema ocorrem instantaneamente em pontos aleatórios no tempo como resultado da ocorrência de eventos discretos.” Segundo os mesmos autores, é válido considerar que “A simulação contínua é aquela na qual as mudanças no estado do sistema ocorrem continuamente ao longo do tempo.” É possível analisar que em um único estudo utilizando este método pode-se aplicar mais de um tipo de simulação, fazendo com que o objeto de estudo seja mais específico e delimitado, tornando-o assim, muito mais objetivo e real.

2.4 Simulação a eventos discretos

Como visto anteriormente, a simulação é parte fundamental para a compreensão de um sistema durante um determinado período de tempo, com configurações pré-determinadas, a fim de “imitar” o que se vê em uma situação real. Elas geralmente são feitas por meio de uso de computador, utilizando softwares específicos – como o Arena Simulator -, ou softwares mais gerais – como o Excel ou Calc -.

A simulação por eventos discretos nada mais é do que o ensaio de situações que acontecem em um determinado período de tempo, onde cada evento acontece dentro de um dado instante e leva a mudanças que ocorrem dentro do sistema:

Em uma simulação discreta, considera-se somente os eventos onde há alteração do sistema, ou seja, o tempo decorrido entre alterações do estado do sistema não é relevante para a obtenção dos resultados da simulação, embora o tempo nunca pare. Alguns autores a chamam de Simulação de Eventos Discretos, enfatizando assim que a discretização se refere apenas à ocorrência dos eventos ao longo do tempo. (SANTOS, 1999, p.4)

As simulações podem ser aplicadas em diversas áreas da vida, mas são comumente utilizadas para determinar tamanhos de peças com exatidão, simular a economia de uma nação ou mesmo de um setor, testar atividades militares para verificar eficiência dos armamentos, demonstrar linhas de produção e, nesse caso, realizar estudo de filas, verificando o tempo entre chegadas de clientes e o atendimento dos mesmos.

O ato de simular sistemas e situações agregam muitos pontos positivos a área na qual está sendo aplicada, além de conhecer melhor o objeto com o qual está trabalhando e em como suas variáveis podem influenciar em sua mudança de estado, permitindo assim, a criação de hipóteses para experimentos, compreensão dos tempos em uma fila e qual a melhor solução e aplicação para ela, além disso, a simulação apresenta a possibilidade de compreender o funcionamento de um sistema como um todo, suas entradas, transformações e saídas.

3 Metodologia

Para o presente trabalho, foi observada a atividade da loja em um sábado, para isso, foram utilizadas duas horas observando o movimento das filas e o atendimento dos caixas. Feito isso, os dados foram devidamente coletados para a formação do sistema de estudo. Segundo Prado (2013, p. 111) “Sistema é uma agregação de objetos que têm alguma interação ou interdependência” dessa forma, pode-se interpretar o fluxo da fila e o atendimento aos clientes e estabelecer uma correlação entre elas.

Os dados foram coletados por meio da observação e estudo de filas feitos na loja considerando os tempos de entrada na fila, início e fim de atendimento. O objeto da pesquisa nesse caso se trata de uma fila que pode ser definida da seguinte maneira:

Um sistema de filas pode ser descrito como clientes chegando, esperando pelo serviço, se não forem atendidos imediatamente, e saindo do sistema após serem atendidos. O termo cliente é usado de maneira geral e não implica necessariamente num cliente humano, como por exemplo, um processo esperando para utilizar a CPU. (COSTA, 2010, p.2)

Os dados obtidos são partes fundamentais para a realização da simulação, Prado (2013, p. 111) comenta o método “É a técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital.” Além disso, foi utilizada a revisão de literatura para compreender e analisar a técnica aplicada e seus desdobramentos, Marconi e Lakatos (2003, p. 183) definem a revisão da literatura ou pesquisa bibliográfica como sendo: “colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto, inclusive conferências seguidas de debates que tenham sido transcritos por alguma forma, quer publicadas, quer gravadas.”

Foram coletados os tempos de 120 clientes que passaram pelos caixas da loja naquele sábado. Para isso, foram observados o momento em que o cliente chegava na fila, em que ele era atendido pelo funcionário do caixa e o instante em que seu atendimento era finalizado e ele deixava a fila. Após essa coleta foi, então, feito o devido tratamento dos dados, ou seja, para a obtenção do tempo entre chegadas foi subtraído o tempo do cliente atual do tempo do anterior, além disso, para adquirir o tempo de atendimento de cada indivíduo, foi considerada a diferença entre o horário de saída do caixa e o horário de entrada no mesmo.

Com os dados devidamente filtrados foi, então, desenvolvido o modelo conceitual IDEF-SIM. Essa técnica de modelagem é de grande eficiência para a ilustração de sistemas de eventos discretos, pois descreve claramente o objeto estudado e suas divisões no processo. Para Nunes e Rangel (2009, p. 2272) a modelagem IDEF-SIM pode ser apresentada como um método de arquitetura científica que demonstre todos os trâmites existentes no sistema, fazendo com que sejam facilmente compreendidos e que além disso estejam de acordo com a interface computacional do Arena Simulation. Com o modelo conceitual devidamente elaborado foi utilizado o software Arena Simulation para a modelagem do sistema computacional com as funções aplicadas e para a simulação do mesmo.

4 Análise de resultados

4.1 Distribuição dos dados

A coleta foi realizada no dia 9 de novembro de 2019. Foram analisados os tempos entre chegadas de 120 clientes, bem como o tempo necessário para seu devido atendimento nos caixas no período entre as 9h e as 11h. A partir dos dados coletados, foram então utilizadas fórmulas básicas de subtração para a obtenção dos resultados.

Os dados adquiridos com base no cálculo do tempo de atendimento têm as seguintes distribuições (tempo utilizado está em minutos):

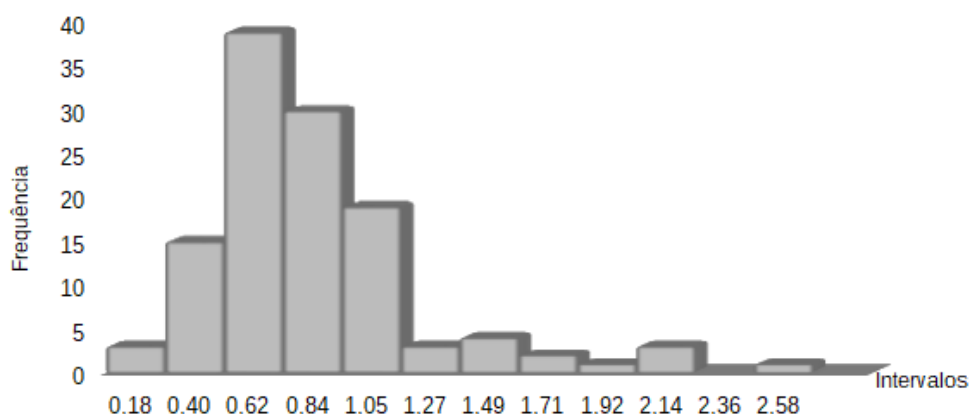
Tabela 1 – Dados do tempo de atendimento

Tempo de atendimento	
Nº de intervalos	11
Tamanho da amostra	120
Mínimo	0,18
Máximo	2,57
Amplitude	0,22
Média	0,73
Desvio Padrão	0,41

Fonte: elaborado pelos autores do estudo.

Além disso, o histograma dos dados obteve a seguinte distribuição:

Gráfico 1 - histograma do tempo de atendimento



Fonte
:
elabo
rado
pelos

autores do estudo.

De acordo com o gráfico, a maior concentração está no intervalo de tempo entre 0,40 minutos e 1,05 minutos, assim, a empresa pode ter uma maior noção da distribuição de seu atendimento e quais medidas tomar perante o seu vislumbre de atendimento, seja ele de permanecer o mesmo ou até aumentar a velocidade deste.

Também foram analisados os tempos de chegadas entre os clientes da loja, essa amostra obteve a seguinte distribuição:

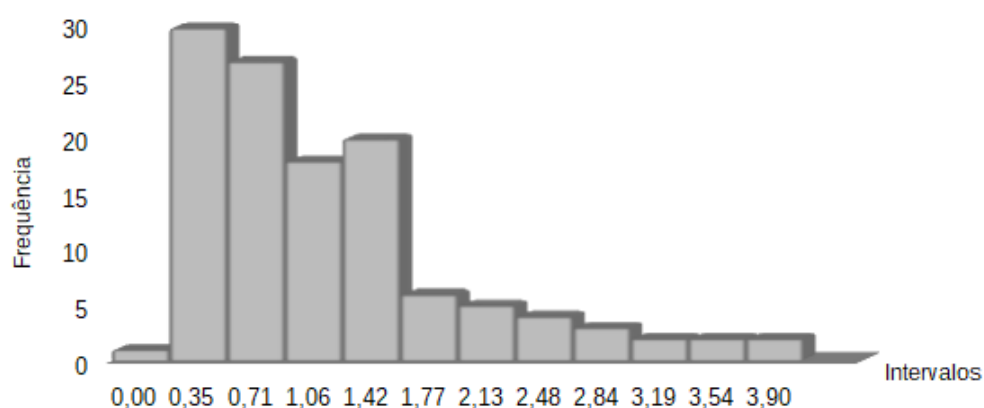
Tabela 2 – Dados dos tempos entre chegadas

Tempo entre chegadas	
Nº de intervalos	11
Tamanho da amostra	120
Mínimo	0,00
Máximo	3,88
Amplitude	0,35
Média	0,98
Desvio Padrão	0,84

Fonte: elaborado pelos autores do estudo.

Com base nos dados vistos na tabela anterior foi, então, construído o histograma dos dados que obteve a seguinte distribuição:

Gráfico 2 – Histograma dos tempos entre chegadas



Fonte: elaborado pelos autores do estudo.

Observa-se a grande concentração de chegadas entre os intervalos de 0,35 minutos e 1,42 minutos, ou sejam, a chegada entre um cliente e outro tem maior probabilidade de estar entre esse intervalo de tempo, o que interfere diretamente na formação ou não de filas no sistema.

4.2 Aderência dos dados

Para o teste de aderência foi utilizado o software Arena Simulation. Dessa forma, os dados foram organizados em um arquivo de texto (.txt) para sua aplicação na ferramenta Input Analyzer do software. Essa ferramenta serve, principalmente, para análise e checagem da distribuição dos dados, sua aderência (normal, lognormal, weibull, exponencial, etc) e detalhes dos mesmos.

Foram verificados os tempos entre chegadas e o tempo de atendimento por cliente, dessa forma, se fez necessário a identificação da aderência de ambos os dados, para que assim, seja possível a execução da simulação com a distribuição correta. Assim, foi feita a análise do tempo de atendimento dos clientes, o que resultou na seguinte distribuição:

Tabela 3 – Teste de aderência do tempo de atendimento

Teste de aderência dos dados – Tempo de atendimento	
Distribuição	Lognormal
Teste Qui-Quadrado (P-valor)	0,00757
Teste Kolmogorov-Smirnov (P-valor)	>0,15
Média da amostra	0,734
Desvio padrão	0,407

Fonte: elaborado pelos autores do estudo.

Essa distribuição é considerada como Lognormal, e foi a utilizada para a simulação computacional.

Além do tempo de atendimento, foi necessário a identificação da distribuição do tempo entre chegadas:

Tabela 4 – Teste de aderência do tempo entre chegadas

Teste de aderência dos dados – Tempo entre chegadas	
Distribuição	Weibull
Teste Qui-Quadrado (P-valor)	0,179
Teste Kolmogorov-Smirnov (P-valor)	>0,15
Expressão	-0,001+WEIB (1.04, 1.21)
Alfa	1,04
Beta	1,21

Fonte: elaborado pelos autores do estudo.

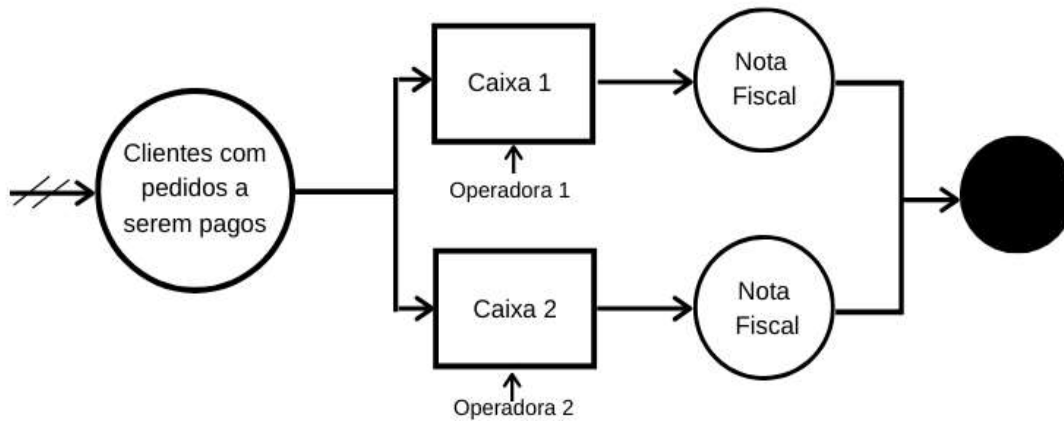
A distribuição apresentada é a Weibull e foi a mesma utilizada para a simulação.

A verificação da distribuição é parte fundamental para o sucesso da simulação dos mesmos, dessa forma, evitam-se precipitações quanto as fórmulas utilizadas e a validade das mesmas para aquela situação.

5 Modelagem dos dados

5.1 Modelo IDEF-SIM

A seguir, pode-se observar o modelo IDEF-SIM construído para representar a interface de atendimento nos caixas da loja em questão:

Figura 3 – Modelo conceitual do sistema

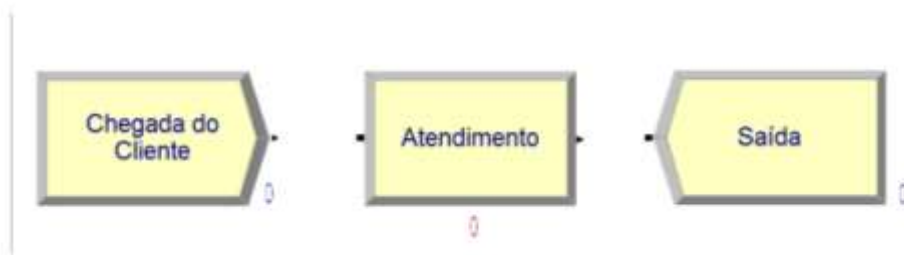
Fonte: elaborado pelos autores do estudo.

O modelo conceitual elaborado mostra o objeto a ser estudado e onde serão devidamente aplicadas técnicas de simulação. Podemos considerar, então, o seguinte circuito: Após efetuar o pedido e a confirmação do mesmo com um dos vendedores que ficam espalhados por toda a loja – sem que haja a necessidade de uma fila específica para isso – o cliente é encaminhado ao início da fila de espera para os caixas para efetuar o pagamento do pedido e receber a nota fiscal dos produtos comprados. Então, o cliente aguarda sua vez na fila, até que o cliente anterior seja liberado pelo operador, o operador por sua vez analisa o pedido, efetua a cobrança dos produtos e emite a nota fiscal.

5.2 Modelo arena simulation

Com o Software Arena Simulation foi desenvolvido um modelo dinâmico e computacional do sistema conforme sugerem Chwif e Medina (2007), ou seja, um modelo onde foram aplicadas todas as variáveis, tornando assim, a simulação da realidade mais eficiente e melhorando a percepção de resultados, o modelo construído foi organizado conforme observado na figura 4:

Figura 4 – Modelo elaborado no Arena Simulation



Fonte: elaborado pelos autores do estudo.

Na imagem, estão representadas a chegada dos clientes até o caixa para realizar o pagamento da mercadoria após a separação e processamento da mesma, o processo de atendimento está localizado no centro e a saída após o atendimento, ambos estão devidamente configurados com os parâmetros anteriormente calculados.

No software foram, então, utilizados 3 cenários para a simulação: com um, com dois e com três caixas para atendimento. A seguir, pode-se observar uma tabela com os resultados das três simulações realizadas:

Tabela 5 – Resultados das simulações efetuadas no Arena Simulation

		Utilização dos recursos	Tempo de espera da fila	Tamanho da fila	Tempo de espera no sistema	Tempo de atendimento
1 caixa	Média	0.7037	0.0112	0.6228	0.0240	0.0112
		0,0000	0,0000	0,0000	0.0053	0,0000
		1,0000	0.0533	6,0000	0.0054	0.0533
2 caixas (cenário atual)	Mínimo	0,3669	0.0008	0.0429	0.0137	0.0008
		0,0000	0,0000	0,0000	0.0033	0,0000
		1,0000	0.0122	2,0000	0.0408	0.0122
3 caixas	Máximo	0.2472	0.00002	0.0013	0.0129	0.00002
		0,0000	0,0000	0,0000	0.0027	0,0000
		1,0000	0.0011	1,0000	0.0387	0.0011

Fonte: elaborado pelos autores do estudo.

Com base na observação da tabela pode-se notar o impacto que cada caixa tem no atendimento aos clientes e no andamento do sistema e, diante dos índices apresentados na utilização de nossos recursos – que, no caso, são os próprios atendentes – fica nítido que um funcionário é o suficiente para atender a demanda gerada pela loja, dessa forma, os demais funcionários empregados nessa função foram realocados para outras funções no estabelecimento, como a de vendas.

Vale ressaltar que a loja tem a possibilidade de alocar até três funcionários em seu atendimento, ou seja, caso o volume de clientes cresça a ponto de haver a necessidade do aumento de atendentes isso é possível, porém, no cenário atual a empresa consegue manter um nível de atendimento satisfatório com apenas um funcionário.

6 Conclusão

Neste artigo foi simulado o método de uma fila de atendimento nos caixas de um a loja de tecidos tradicional no bairro do Brás, em São Paulo. Foram analisados os tempos entre chegadas dos clientes e o tempo de atendimento no estabelecimento. Com base nos dados coletados foram, então, realizadas simulações a partir da distribuição dos mesmos, além de efetuar a modelagem do sistema estudado.

Foram analisadas as atividades da empresa e em como elas impactam no atendimento, dessa forma, se tornou possível a sugestão da minimização de funcionários nessa função, já que um funcionário consegue manter um nível de atendimento satisfatório e a redistribuição dos demais funcionários em outras funções na loja.

Como intenção para trabalhos futuros, se deseja o estudo do estoque da empresa e aplicação de simulações que facilitem a compreensão de entradas e saídas do mesmo, auxiliando a loja na gestão de estoque e nas tomadas de decisões.

O estudo teve como base autores da área de simulação, além de contar com a pesquisa de campo e aplicação dos conceitos, isso proporcionou compreensão do caso e mais objetividade na aplicação das ferramentas necessárias para o estudo do caso.

Referências Bibliográficas

ALVES, Antônio César Baleeiro; MENEZES, Marco Antonio Figueiredo. **Introdução à pesquisa operacional**. Goiás: Puc Goiás, 2010. 311 p. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/305729897_INTRODUCAO_A_PESQUISA_OPERACIONAL. Acesso em: 11 nov. 2019.

ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. **Introdução a Pesquisa Operacional: Métodos e modelos para análise de decisões**. Rio de Janeiro: Ltc, 2015.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações**. 2a ed. rev. São Paulo: Ed. dos Autores, 2007.

COSTA, Luciano Cajado. **Teoria das Filas**. São Luís: Universidade Federal do Maranhão, 2010. Color. Disponível em:

http://www.deinf.ufma.br/~mario/grad/filas/TeoriaFilas_Cajado.pdf. Acesso em: 14 fev. 2020.

DE OLIVEIRA, Francieli de Fátima et al. **Análise de teoria das filas: sistema de filas de um serviço de pronto atendimento**. Anais da Engenharia de Produção / ISSN

2594-4657, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 37 - 46, aug. 2017. ISSN 2594-4657. Disponível em: <https://uceff.edu.br/anais/index.php/engprod/article/view/88>. Acesso em: 06 abr. 2020.

FONTANA, Valderedo Sedano et al. **A simulação Monte Carlo como instrumento para a tomada de decisão: cenário alternativo em uma indústria de confecção**.

Dimensão Acadêmica, Castelo, v. 1, n. 1, p.51-66, jun. 2016. Disponível em: <https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2018/09/revista-dimensao-academica-v01-n01-completa.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2019.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J.. **Introdução a pesquisa operacional**. 9. ed. Porto Alegre: Amgh, 2013.

LAW, Averill M.; KELTON, W. David. **Simulation modeling and analysis**. 2. ed. New York: Mcgraw-hill, 1991. 749 p. Disponível em:
<https://fac.ksu.edu.sa/sites/default/files/index.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2020.

LEAL, Leonardo Rosas; OLIVEIRA, Mário Jorge Ferreira de. Simulação aplicada ao gerenciamento de projetos: uma revisão. **Revista Produção Online**, [s.l.], v. 11, n. 2, p. 503-525, 31 maio 2011. Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO. <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v11i2.737>. Disponível em:
<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/737>. Acesso em: 21 fev. 2020.

LIMA, Hadriel Toledo et al. **Aplicação da Simulação Discreta para Melhoria do Gerenciamento de Incidentes de Sistemas de Informação em uma Empresa do Setor de Petróleo e Gás. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p.12-12, out. 2015. Disponível em:
<<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/42222493.pdf>>. Acesso em: 2 dez. 2019

LIMA, Rodrigo Zago de; SOUZA, Alisson D C de; ARAUJO, Luciane Calixto de. **Manual do Arena 9.0**. Florianópolis, 2006. Color. Disponível em:
<http://mz.pro.br/simulacao/32-APOSTILA_ARENA_9.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2019.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2003. Disponível em:
<https://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india>. Acesso em: 04 jul. 2019.

MORABITO, Reinaldo; LIMA, Flavio C. R. de. **Um modelo para analisar o problema de filas em caixas de supermercados: um estudo de caso**. Pesquisa Operacional, [s.l.], v. 20, n. 1, p. 59-71, jun. 2000. FapUNIFESP (SciELO).
<http://dx.doi.org/10.1590/s0101-74382000000100007>. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-74382000000100007&lang=pt. Acesso em: 16 nov. 2019.

MOREIRA, Daniel Augusto. **PESQUISA OPERACIONAL**: Curso introdutório. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 376 p.

NUNES, Alessandro Fernandes; RANGEL, João José de Assis. **Aspectos da aplicação do IDEF-SIM na construção de modelos de simulação com Arena**. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Campos dos Goytacazes, p.2271-2282, set. 2009. Disponível em: <http://www.din.uem.br/~ademir/sbpo/sbpo2009/artigos/55581.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2020.

OLIVEIRA, N. M. C.; FAVARETTO, F. **Análise das filas de um sistema de serviços utilizando simulação a eventos discretos**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP 2013. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_177_014_23117.pdf. Acesso em 12 de nov. 2019.

PEDREIRA JÚNIOR, Jorge Ubirajara. **Modelagem, simulação e otimização do transporte de cargas na ferrovia de integração oeste leste (FIOL)**. 2015. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Industrial, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/19398>. Acesso em: 5 mar. 2020.

PELIGRINI, P.; REDIVO, A.; REDIVO, A.r.; BRATTI, C.. Modelo de Simulação Arena Aplicado ao Processo Produtivo na Área da Desossa de Um Frigorífico Bovino da Região Norte de Mato Grosso. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, [s.l.], v. 8, n. 2, p. 180-201, 30 ago. 2016. <http://dx.doi.org/10.18361/2176-8366/rara.v8n2p180-201>. Disponível em: <http://www.periodicos.unir.br/index.php/rara/article/view/1685>. Acesso em: 17 nov. 2020.

PIRATELLI, Claudio Luis; ACHCAR, Jorge Alberto; SANDRIM, Renata Regina. **Análise dos tempos entre chegadas de lotes em uma indústria alimentícia**. Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería, [s.l.], v. 23, n. 4, p.569-578, out. 2015. SciELO Comisión Nacional de Investigación Científica Y Tecnológica (CONICYT).

<http://dx.doi.org/10.4067/s0718-33052015000400008>. Disponível em:
<https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052015000400008>. Acesso em: 7 dez. 2019.

PIRATELLI, Claudio Luis; ACHCAR, Jorge Alberto; SANDRIM, Renata Regina. Análise dos tempos entre chegadas de lotes em uma indústria alimentícia. **Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería**, Ribeirão Preto, v. 23, n. 4, p. 569-578, out. 2015. SciELO Comision Nacional de Investigacion Cientifica Y Tecnologica (CONICYT).

<http://dx.doi.org/10.4067/s0718-33052015000400008>. Disponível em:
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052015000400008. Acesso em: 10 mar. 2020.

PRADO, Darci. **Teoria das filas e da simulação**. 5. ed. Belo Horizonte: Falconi, 2014. 2 v.

SAKURADA, Nelson; MIYAKE, Dario Ikuo. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. **Gestão & Produção**, [s.l.], v. 16, n. 1, p. 25-43, mar. 2009. FapUNIFESP (SciELO).

<http://dx.doi.org/10.1590/s0104-530x2009000100004>. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2009000100004. Acesso em: 20 fev. 2020.

SANTOS, Mauricio Pereira dos. **Introdução à Simulação Discreta**. 1999. 157 f. TCC (Graduação) - Curso de Estatística, Matemática Aplicada, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999. Cap. 1.

SCHONS, Claudio Henrique; RADOS, Gregório Varvakis. A importância da gestão de filas na prestação de serviços: um estudo na bu/ufsc. : um estudo na BU/UFSC. Rdbci: **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, [s.l.], v. 6, n. 2, p. 116-135, 13 mar. 2009. Universidade Estadual de Campinas.

<http://dx.doi.org/10.20396/rdbci.v6i2.1991>. Disponível em:
<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rdbci/article/view/1991>. Acesso em: 24 fev. 2020.

SILVA, L. M. F.; PINTO, M. G.; SUBRAMANIAN, A. **Utilizando o software Arena como ferramenta de apoio ao ensino em engenharia de produção**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP 2007. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR660482_9236.pdf. Acesso em: 12 nov. 2019.

SUZANO, Marcio Alves. **Administração da produção e operações com ênfase em logística**. 1 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. 1 v.

TORRES, Oswaldo Fadigas. Elementos da teoria das filas. **Revista de Administração de Empresas**, [s.l.], v. 6, n. 20, p.111-127, set. 1966. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-75901966000300005>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-75901966000300005&script=sci_arttext. Acesso em: 21 fev. 2020.

VAZQUEZ, Mariana; MORABITO, Reinaldo; MARCONDES, Cesar. **Caracterização, modelagem e simulação de enlace congestionado de uma universidade**. *Gestão & Produção*, [s.l.], v. 25, n. 3, p.583-594, 8 set. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530x1429-14>.