



SIMULAÇÃO DE SISTEMAS MEDIANTE MODELAGEM EM UMA EMPRESA FICTÍCIA NO *SOFTWARE ANALOGIC*

Gabriel Mendes de Souza, (UFCEG), gabrielmendes384@gmail.com

Ravenna Lins Rodrigues, (UFCEG), ravennalinsrodrigues@gmail.com

Resumo

Com o surgimento do computador na década de 50, tornou-se possível analisar a modelagem de filas pelo ângulo da simulação, em que não mais se usam fórmulas matemáticas, porém tenta-se imitar o funcionamento do sistema real. A simulação pode ser empregada em diferentes locais, áreas e segmentos, tanto na produção, quanto na manufatura, por exemplo, em supermercados. Destarte, esse presente trabalho tem como objetivo geral fazer uma simulação de sistema em um supermercado fictício para otimizar o atendimento nas filas dos caixas dessa empresa reduzindo o tempo médio de atendimento e o tamanho tanto da fila média quanto da máxima. Tais resultados foram obtidos no *software Analogic* após a duração de 15 minutos da modelagem ocorrendo: a fila média de atendimento teve 0.28 clientes atendidos; a fila máxima de atendimento teve 4 clientes; o tempo médio foi de 2,3 segundos com mínimo de 0.311 segundos e o máximo de 6.016 segundos; o desvio padrão de 1.22; mais da metade (92,67%) dos clientes (291 de 314) demoraram de 0.3 a 4.3 segundos a serem atendidos na média. Desse modo, é necessário que o dono do mercado coloque mais um caixa no atendimento, ficando 3 caixas no total, com a finalidade de atender os seus desejos em relação a esses resultados obtidos, porém, ele terá que custear com a operação da inserção do novo caixa e com o salário mensal do funcionário extra. Portanto, espera-se que as informações fornecidas a partir desse estudo possam sustentar discussões e questionamentos, quanto à utilização de simulação de sistemas e à aplicação da teoria das filas, para extração de conhecimentos que subsidiem às tomadas de decisão, intervindo assim em problemas futuros.

Palavras-chave: Simulação de Sistemas; *Analogic*; modelagem; Tempo médio de atendimento.

1. Introdução

O futuro da inovação é a simulação já que diversas situações em diferentes meios podem ser modeladas de forma virtual, otimizando diversos processos de trabalho em múltiplas áreas como, por exemplo, os clientes de um supermercado sendo atendidos em caixas. Destarte, a simulação é de extrema importância justamente porque ela é a responsável por retratar a

realidade mediante o uso de experimentos em *softwares* de simulação, podendo usar também planilhas eletrônicas e programação.

Um ganho a ser destacado na simulação é a possibilidade de identificar e eliminar problemas e ineficiência de processos e/ou operações, uma vez que em análises de cenário a inviabilidade do projeto é evidente, antes mesmo de sua implantação. Assim, a economia está presente na eliminação de desvios nos projetos e diminuição nos fatores de risco quando há incerteza nas projeções (SIMÃO, 2020, p.8).

Conforme Chwif e Medina (2010), existem vários tipos de simulação encontrados na literatura. As três categorias mencionadas por esses autores são: simulação de Monte Carlo, simulação contínua e simulação de eventos discretos. A simulação presente nesse artigo é a pertencente da terceira categoria citada (simulação a eventos discretos) por se tratar da Teoria das Filas.

A simulação a eventos discretos se responsabiliza por englobar o estudo de modelos de simulação no qual as variáveis mudam de estado de forma instantânea em pontos específicos de tempo, isto é, uma transição ou mudança de estado no sistema é causada pela ocorrência de um evento (CASSANDRAS, 2008).

Para Cassandras (2008), um sistema de eventos discretos pode ser interpretado como um sistema, no qual o espaço de estados é considerado tanto discreto quanto dinâmico, isso quer dizer que há uma dependência em relação à evolução dos estados no que se refere à ocorrência de eventos vistos como discretos assíncronos e instantâneos. Logo, o objetivo primário da simulação de eventos discretos é a representação de sistemas reais cujo comportamento se assemelha a essa situação. Para isso, a simulação é feita em programas de computador para gerar visões e cenários do ambiente estudado. Dessa forma, há vantagens quando se usa esse tipo de modelo de simulação como os dados aleatórios interdependentes e discretos advindos do sistema real ou de axiomas factíveis (ALBRIGHT e WINSTON, 2012).

Nesse contexto, é importante frisar que um dos modelos de sistemas de eventos discretos comumente utilizados são Sistemas de Filas (*Queueing System, Waiting Line*). Diante disso, a teoria de filas é usada em várias áreas, tais como: sistemas de atendimento a clientes (agências bancárias, supermercados, entre outros) e sistemas de manufatura (COZMAN e MARUYAMA, 2014).

Desse modo, no *software Analogic*, esse presente trabalho teve como objetivo geral fazer uma simulação de sistema em um supermercado fictício para otimizar o atendimento nas filas dos

caixas dessa empresa reduzindo o tempo médio de atendimento e o tamanho médio da fila média e máxima.

2. Referencial Teórico

2.1 Teoria das Filas

A abordagem matemática de filas teve início por volta de 1908 em Copenhague, Dinamarca, através de A. Kendall Erlang, considerado o pai da Teoria das Filas (MARTINS, 2010). Segundo Dávalos (2012), a teoria parte do seguinte pressuposto: "a formação de filas excede a capacidade de fornecer determinado serviço" e envolve o estudo matemático utilizando ferramentas de tratamento estatístico ou estocástico.

Com o surgimento do computador na década de 50, tornou-se possível analisar a modelagem de filas pelo ângulo da simulação, em que não mais se usam fórmulas matemáticas, porém tenta-se imitar o funcionamento do sistema real. As linguagens de simulação apareceram na década de 60 e atualmente, devido a existência dos microcomputadores, podem ser facilmente usadas (MARTINS, 2010).

Sheik e colaboradores (2013), desenvolveram um modelo, a partir da Teoria das Filas, no qual apresentam matematicamente a possibilidade de se encontrar as quantidades ideais de filas e de postos de serviços, bem como uma taxa de serviço ótima, através das quais haverá redução no tempo de espera nas filas e, conseqüentemente, aumento da satisfação dos clientes.

Existem seis características básicas que compõem o processo de filas: processo de chegada de clientes (esta característica está relacionada com a distribuição probabilística do tempo entre sucessivas chegadas de clientes), padrões de serviços prestados (depende de como o atendimento é realizado, por exemplo, se é feito individualmente ou em grupo), disciplina da fila (é o critério de como os clientes são selecionados para o atendimento quando há existência de fila), capacidade do sistema (refere-se a limitação física do local onde há a prestação de serviço), número de canais de atendimento (trata-se do número de estações de serviço em paralelo que podem atender clientes simultaneamente) e estágios do serviço (trata-se das etapas a serem percorridas pelo cliente até que todo o atendimento seja feito). (Gross *et.al* (2008); Camelo *et.al* (2010)).

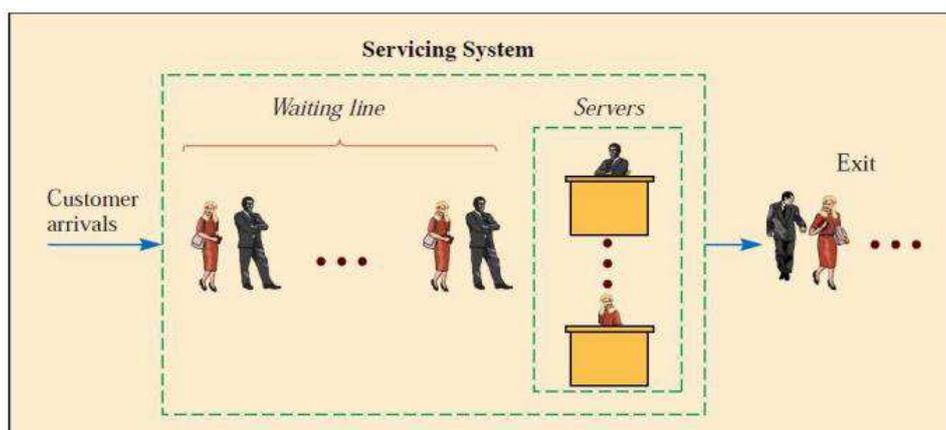
2.2 Simulação de Sistemas

Miyagi (2006), descreve simulação como sendo a representação de um sistema do mundo real (físico) que envolve a criação de uma “história artificial de um sistema para a análise de suas características operacionais”. Conforme Assis (2010), a simulação minimiza riscos, custos e tempo de execução de processos. Para isso é necessário criar um modelo matemático que descreva a atuação de um sistema. Essa representação permite analisar e prever o comportamento de fenômenos naturais observados na realidade das organizações.

A simulação pode ser empregada em diferentes locais, áreas e segmentos, tanto na produção, quanto na manufatura. Dentre os setores de aplicações da simulação, Prado (1999) destaca supermercados, bancos e escritórios.

Nos supermercados em relutância do elevado fluxo de pessoas, diversos clientes aguardam por longos períodos de tempo o atendimento nos caixas, o que implica em desconforto e redução da demanda (SAMPAIO; OLIVEIRA, 2013). Nesse contexto, a simulação computacional vem demonstrando ser uma ferramenta indispensável no desenvolvimento de sistemas e na análise de problemas reais (ARAGÃO, 2011). Dessa forma, a teoria de filas é usada em várias áreas, tais como: sistemas de atendimento a clientes (agências bancárias, supermercados, entre outros) e sistemas de manufatura, como mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Sistemas de fila de atendimento a clientes



Fonte: Cozman e Maruyama (2014)

3. Metodologia

O propósito da pesquisa é descritivo; a abordagem é qualitativa e quantitativa do tipo estudo de caso e bibliográfica; os métodos do trabalho são constituídos por estudo na área de

Simulação de Sistemas. Além do que, as técnicas usadas para a obtenção da coleta dos dados brutos foram pelo estudo de caso em uma empresa fictícia varejista vista como supermercado cujo arranjo físico se dá por processo ou funcional. Em adição, para a realização da simulação de sistema da tal empresa fictícia, foi-se necessário fazer uma pesquisa bibliográfica mediante sites, livros e artigos encontrados em plataformas como o *Google* acadêmico em relação ao assunto da Teoria de Filas para o aprofundamento do conhecimento na área. Outrossim, portanto, é importante salientar que a simulação do sistema foi realizada no *software Analogic*, no qual os dados brutos foram analisados e tratados para chegar a resultados melhores do funcionamento do mercado fictício, pois havia esperas demasiadas no atendimento nas filas dos caixas.

4. Resultados

4.1 Estudo de Caso

Foi-se considerado um mercado local com a seguinte estrutura/layout de arranjo por processo ou funcional. Atualmente, o mercado funciona com dois caixas/atendentes. Além disso, o mercado adota uma estrutura de fila única, isto é, há apenas uma fila, que são atendidas por um dos dois caixas na medida em que estes ficam disponíveis.

Considera-se que a empresa realizou um estudo para compreender o fluxo de entrada de clientes no mercado, e observou a taxa entre chegadas de clientes que obedece uma distribuição triangular, com: min: 15 segundos, média: 50 segundos e max: 120 segundos. Além disso, a empresa realizou um estudo para compreender o tempo em que o cliente circula no mercado escolhendo produtos antes de ir para a fila do caixa, e notou que obedece uma distribuição triangular, com: min: 40 segundos, média: 380 segundos e max: 980 segundos.

Por fim, após coletar os dados com relação ao tempo de atendimento dos atendentes, a empresa conseguiu perceber que o atendimento obedece uma distribuição triangular, com: min = 15 segundos, med = 28 segundos e max = 320 segundos.

Considera-se ainda que o mercado: tem capacidade de até 100 pessoas na fila de atendimento; tem capacidade de até 600 no mercado ao mesmo tempo; está aberto entre 9h da manhã e 19h, ou seja, opera durante 10 horas seguidas (espaço temporal usado na simulação). Nota-se que o modelo deverá ser criado com tempo padrão em minutos, então deve-se lembrar que simulando na velocidade 10x, por exemplo, a cada segundos reais passados durante a execução da simulação, são simulados 10 minutos no sistema criado.

O dono da empresa, observando a realidade, acredita que pode estruturar melhor suas filas de atendimento para atender seus objetivos. A priori, ele possui alguns desejos: Que a fila máxima durante a operação do mercado não ultrapasse 15 clientes, e que a fila média durante o dia seja de no máximo 2 clientes. Além disso, ele gostaria que o tempo médio que os clientes passam na fila aguardando para serem atendidos não seja maior do que 3 minutos. Nisso, é questionado se essa a situação atual que foi relatada é compatível com os desejos do dono e, para isso, é preciso realizar análises com o resultado da simulação para justificá-la.

4.2 Análises do Estudo de Caso do Sistemas de Filas

Em primeiro plano, é válido salientar que a velocidade escolhida (*speed up*) foi de 2x. Nisso, é importante salientar que, na simulação no programa *Anylogic*, um segundo equivale a dois minutos em tempo real para a velocidade 2x. Com isso, foi-se feita a relação e conversão das 10 horas para segundos (espaço temporal usado na simulação), haja vista que o mercado está aberto das 09:00 da manhã às 19:00 da noite, que é igual a 300 segundos, uma vez que uma hora equivale a 60 minutos, então, 10 horas equivalem a 600 minutos. Dessa forma, daí, se um segundo equivale a dois minutos em tempo real, logo, 600 minutos equivale a 300 segundos ((600 min*1seg) /2 min)).

Em segundo plano, é válido frisar que o mercado adota uma estrutura de fila única atendida por dois caixas na medida em que eles ficam disponíveis. Dessa forma, abaixo, são mostrados os valores referentes à inserção deles na distribuição do tipo triangular:

- Para a entrada de clientes no mercado:

- Mínimo: 15 segundos;
- Média: 50 segundos;
- Máximo: 120 segundos.

- Para a circulação de clientes no mercado antes do atendimento no caixa:

- Mínimo: 40 segundos;
- Média: 380 segundos;
- Máximo: 980 segundos.

- Para o atendimento no caixa em fila única com dois caixas:

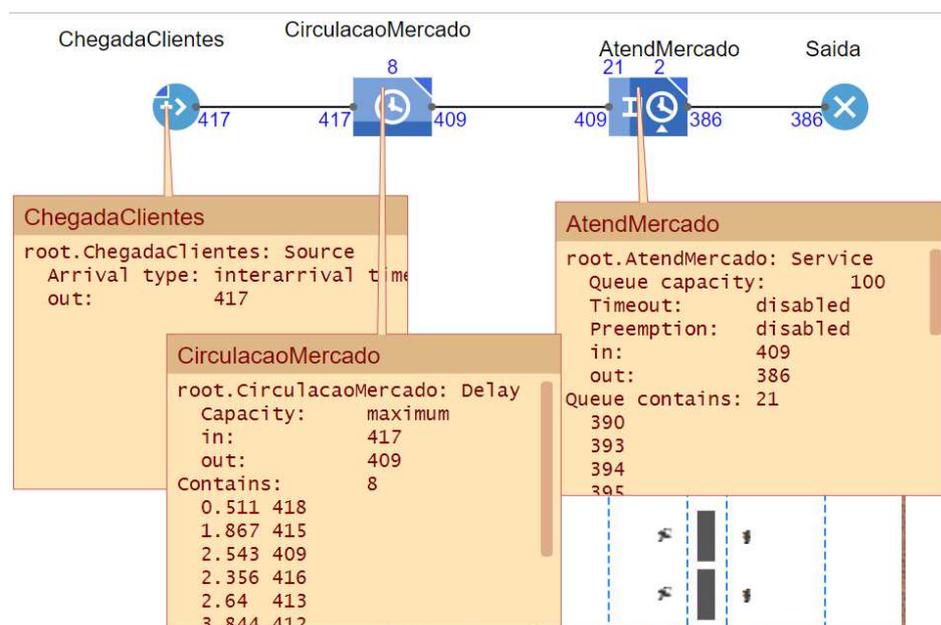
- Mínimo: 15 segundos;
- Média: 28 segundos;
- Máximo: 320 segundos.

Em terceiro plano, após fazer a simulação com esses dados especificados acima, com o atendimento de dois caixas com um tempo total de 300 segundos equivalendo a 2 minutos em tempo real 600 minutos = 10 horas, foi-se percebido que:

- Para a chegada de cliente:
 - Chegaram 417 clientes ao mercado.
- Para a circulação no mercado antes do atendimento na fila:
 - Dentro dessa circulação, tem 417 clientes;
 - Saíram 409 clientes;
 - Permaneceram 8 clientes.
- Para o atendimento no caixa:
 - 409 clientes chegaram;
 - 21 clientes estiveram na fila;
 - 2 estiveram sendo atendidos;
 - 386 já foram atendidos para irem embora do mercado.

A Figura 2 mostra tais dados fornecidos acima, comprovando-os, da chegada dos clientes ao atendimento deles até serem despachados para saírem do mercado.

Figura 2 - Dados da quantidade de clientes no mercado da chegada ao atendimento

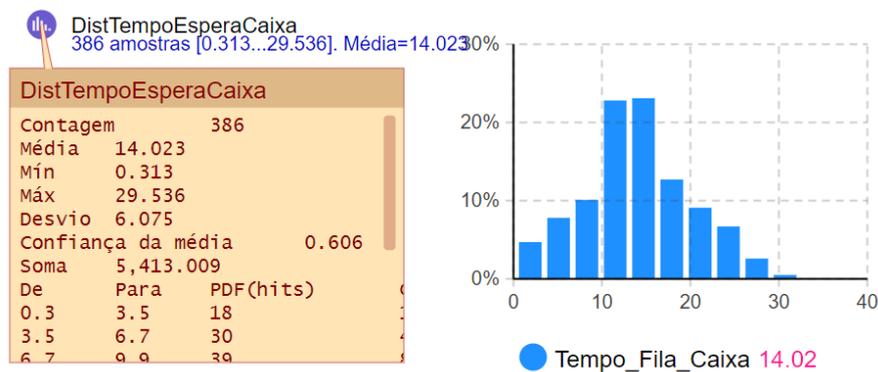


Em adição, outros dados, os mais importantes tiveram que ser analisados cuidadosamente:

- Fila média de atendimento teve 11 clientes atendidos;
- Fila máxima de atendimento teve 28 clientes;
- O tempo médio foi de 14,02 segundos com mínimo de 0.313 segundos e o máximo de 29.536 segundos;
- Mais da metade (58%) dos clientes (226 de 386) demoraram de 10 a 20 segundos a serem atendidos na média.

A Figura 3 mostra o histograma em relação ao tempo de atendimento no caixa, comprovando os dados mencionados acima.

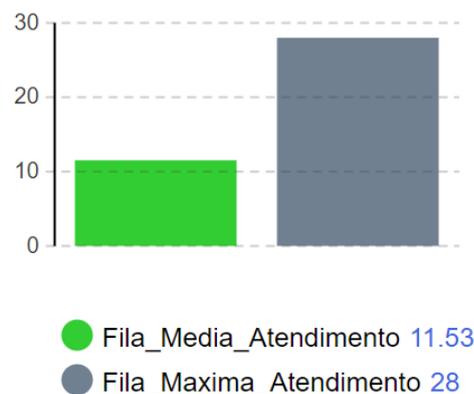
Figura 3 - Dados do tempo do atendimento no caixa com 2 atendentes



Fonte: Autoria própria (2021)

A Figura 4 mostra o gráfico de barras comprovando os dados relacionados à fila média e máxima de atendimento dos clientes.

Figura 4 - Dados da fila média e máxima de atendimento com 2 atendentes



Fonte: Autoria própria (2021)

Em quarto plano, foi-se percebido que os desejos do dono do mercado não foram atendidos, uma vez que ele desejava que a operação do mercado não ultrapassasse 15 clientes para a fila máxima e 2 clientes à fila média. Além disso, o tempo médio, ele desejava que não fosse maior do que 3 minutos. Diante disso, foi-se percebido que o único desejo dele atendido foi o do tempo médio, pois ele foi de 14,02 segundos; enquanto as outras especificações dele não foram atendidas, haja vista que tanto a fila média quanto a máxima foram ultrapassadas por terem nelas 11 e 28 clientes de forma respectiva.

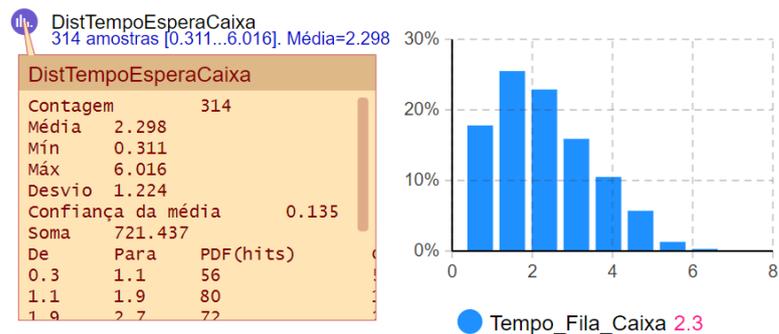
Desse modo, é necessário que o dono do mercado coloque mais um caixa no atendimento, ficando 3 caixas no total, com a finalidade de atender os seus desejos, porém, ele terá que custear com a operação da inserção do caixa e o com o salário mensal do funcionário extra.

Após a inserção de um caixa extra, ficando 3 caixas no mercado no atendimento dos clientes, fazendo, assim, a simulação novamente, foi-se notado que:

- Fila média de atendimento teve 0.28 clientes atendidos;
- Fila máxima de atendimento teve 4 clientes;
- O tempo médio foi de 2,3 segundos com mínimo de 0.311 segundos e o máximo de 6.016 segundos;
- Desvio padrão de 1.22;
- Mais da metade (92,67%) dos clientes (291 de 314) demoraram de 0.3 a 4.3 segundos a serem atendidos na média.

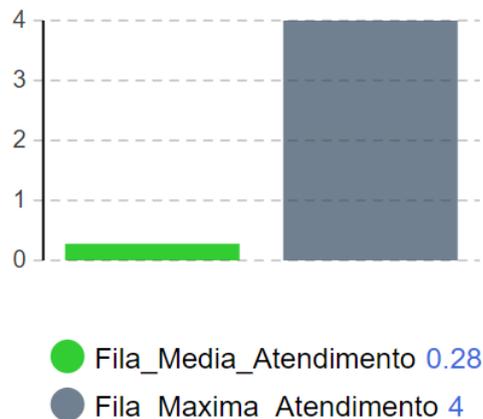
Diante disso, foi-se percebido que os desejos do dono do mercado foram atendidos dessa vez, uma vez que ele desejava que a operação do mercado não ultrapassasse 15 clientes para a fila máxima e 2 clientes à fila média. Outrossim, para o tempo médio, ele desejava que não fosse maior do que 3 minutos. Diante disso, foi-se percebido que o desejo dele em relação ao tempo médio foi atendido por ser de 2,3 segundos; enquanto as outras especificações dele foram atendidas também, haja vista que tanto a fila média quanto a máxima não foram ultrapassadas por terem nelas 0.28 e 4 clientes de forma respectiva. Desse modo, as Figuras 5 e 6 comprovam tais informações fornecidas acima com o gráfico do histograma e de barras respectivamente.

Figura 5 - Dados do tempo do atendimento no caixa com 3 atendentes



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 6 - Dados da fila média e máxima de atendimento com 3 atendentes



Fonte: Autoria própria (2021)

5. Conclusão

Tendo em vista analisar os sistemas de filas dos caixas de atendimento de um supermercado fictício, realizou-se uma simulação do cenário proposto. A simulação foi a melhor opção para a análise dos sistemas, pois, além de representar com fidelidade o cenário sugerido, permitiu trabalhar com modelos hipotéticos do sistema. O sistema proposto visou a redução do tempo de atendimento dos clientes em filas. Desse modo, o modelo gerado proporcionou um quantitativo inferior a 15 clientes na fila de espera máxima e 2 clientes na fila de espera média. Além de um tempo médio de atendimento inferior a 3 minutos. Neste sentido, o presente estudo atingiu o objetivo proposto.

Espera-se que as informações fornecidas a partir desse estudo possam sustentar discussões e

questionamentos, quanto à utilização de simulação de sistemas e à aplicação da teoria das filas, para extração de conhecimentos que subsidiem as tomadas de decisão, intervindo assim em problemas futuros.

REFERÊNCIAS

ALBRIGHT, S Christian; WINSTON, Wayne L. Management science modeling. South-Western, 2012.

ARAGÃO, A. P. Modelagem e simulação computacional de processos produtivos: o caso da cerâmica vermelha de campos dos Goytacazes, RJ. 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2011.

ASSIS, R. Anexo VI “Técnicas Básicas de Simulação” do livro “Apoio à Decisão em Manutenção na Gestão de Activos Físicos”. LIDEL, 2010.

CASSANDRAS, Christos G. Introduction to Discrete event Systems. Springer Science Business Media, 2008.

CAMELO, G. R. COELHO, A, S. BORGES, R. M. SOUZA, R. M. Teoria das filas e da simulação aplicada ao embarque de minério de ferro e manganês no terminal marítimo de ponta da madeira. XXX Encontro Nacional De Engenharia De Produção, São Carlos, 2010.

CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso C. Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações, volume 4. Ed. São Paulo: Editora dos Autores, 2010.

DÁVALOS, R. V. Pesquisa Operacional II. Palhoça: Universidade Sul de Santa Catarina, 2012, 26p.

GROSS, D. SHORTLE, J. F. THOMPSON, J. M. HARRIS, C. M. Fundamentals of Queueing Theory. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

MARTINS, Walteno Parreira Júnior. Apostila de Modelagem e Avaliação de Desempenho: Teoria das Filas e Simulações, 2010. Disponível em: <http://www.waltenomartins.com.br/ap_mad_fila.pdf>. Acesso em: 02/02/2022.

MIYAGI, P. E. Introdução a Simulação Discreta. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos. São Paulo, 2006.

PRADO, D. Usando o ARENA em simulação. 3ª Edição. Belo Horizonte: Editora de desenvolvimento gerencial, 1999.

PARA AUTOMAÇÃO, PMR2300-Computação; COZMAN, Fabio Gagliardi; MARUYAMA, Newton. 2 Sistemas de Eventos Discretos, 2014.

SAMPAIO, P. G. V.; OLIVEIRA, S. D. Estudo de modelagem e simulação de filas num supermercado associado à análise de cenários. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33., 2013. Salvador. Anais... Salvador: ABEPRO, 2013.

SHEIKH, T. SINGH, S. K. KASHYAP, A. K. Application of queueing theory for the improvement of bank service. International Journal of Advanced Computational Engineering and Networking, v.1, n.4, jun. 2013.

SIMÃO, Diego Rodrigues Andrade. **Modelagem e Simulação de Sistemas a Eventos Discretos Utilizando Redes de Petri Coloridas: Uma Aplicação para o Sistema da Ferrovia Norte Sul**. 2020. Tese de Doutorado. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG.