



SIMULAÇÃO DISCRETA APLICADA À GESTÃO DE FILAS NO VAREJO

DISCRETE SIMULATION APPLIED TO RETAIL QUEUE MANAGEMENT

Recebido em: 09 set. 2019

Aprovado em: 13 fev. 2020

Versão do autor aceita publicada online: 13 fev. 2020

Publicado online: 19 maio 2021

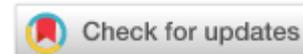
Como citar esse artigo - American Psychological Association (APA):

Moraes, D. G., & Silva, A. M. (2021, jul./set.). Simulação discreta aplicada à gestão de filas no varejo. *Exacta*, 19(3), 659-677. <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.14842>.

Submeta seu artigo para este periódico 



Dados Crossmark



SIMULAÇÃO DISCRETA APLICADA À GESTÃO DE FILAS NO VAREJO

DISCRETE SIMULATION APPLIED TO RETAIL QUEUE MANAGEMENT

 **Diego Galileu de Moraes¹**
 **Adriano Maniçoba da Silva²**

Resumo: A concorrência em mercados varejistas tem se tornado cada vez mais acirrada e com isso há uma preocupação crescente com a qualidade no atendimento como diferencial competitivo. Nessa perspectiva, a gestão de filas é um importante aliado e para tal, a utilização de técnicas de simulação de eventos discretos se faz extremamente útil, apesar das poucas pesquisas desenvolvidas. Desta forma, o objetivo desse estudo foi analisar o dimensionamento de atendentes nos caixas de um supermercado a fim de verificar o impacto no atendimento devido a variação dos resultados decorrente da alteração no número de atendentes. Foi possível constatar que o método de simulação a eventos discretos combinado com a simulação computacional permite analisar cenários diversos apoiando as tomadas de decisão para o dimensionamento adequado do número de atendentes nos caixas, a viabilidade e o ponto de ruptura entre o fluxo contínuo de clientes e a geração de filas.

Palavras-chave: Simulação Discreta. Gestão de Filas. Mercado Varejista.

Abstract: The competition in retail markets has become increasingly fierce, and there is a growing concern about service quality as a competitive differentiator. In this perspective, queue management is an important ally and for this, the use of discrete event simulation techniques is extremely useful, despite the little research developed. Thus, the objective of this study was to analyze the sizing of attendants at the cashiers of a supermarket in order to verify the impact on attendance due to the variation of results resulting from the change in the number of attendants. It was found that the discrete event simulation method combined with the computer simulation allows to analyze different scenarios supporting decision making for the appropriate sizing of the number of cashiers, the viability and the breaking point between the continuous flow of customers and the generation of queues.

Keywords: Discrete Simulation. Queue management. Retail Market.

¹Tecnólogo em Logística
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de São Paulo – IFSP.
Suzano, São Paulo – Brasil.
professordi@gmail.com

²Doutor em Administração
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de São Paulo – IFSP.
Suzano, São Paulo – Brasil.
adrianoms@ifsp.edu.br

Recebido em: 09 set. 2019
Aprovado em: 13 fev. 2020

Introdução

Devido ao cenário cada vez mais competitivo do mercado varejista, há uma preocupação constante com a qualidade do atendimento aos clientes como diferencial competitivo.

O setor varejista apresentou em 2018 alta de 2,3%, a maior taxa anual desde 2013, quando as vendas aumentaram 4,3%. Foi o segundo resultado positivo consecutivo, ficando ligeiramente acima do desempenho de 2017, quando subiu 2,1%, segundo a (PMC) Pesquisa Mensal de Comércio (Brasil, 2019).

O aumento da competitividade no mercado e o crescimento das organizações têm exposto as empresas a uma demanda por competências no atendimento de suas necessidades, incluindo o dimensionamento ideal de operadores ou máquinas em cada estação de trabalho, afim de eliminar filas e tempos ociosos.

Neste sentido, a gestão de filas representa um desafio para as organizações, de maneira que, determinar os gargalos de uma produção ou de um atendimento, passou a significar um dos fatores de vantagem competitiva para as empresas, conforme apresentado por Bitencourt e Garcez (2013), onde observaram que é possível influenciar o nível de satisfação dos clientes com a melhora no atendimento prestado na fila do caixa. Uma das atividades deste processo é a gestão do indicador do tempo de espera dos clientes. Este indicador influencia a satisfação geral dos clientes de um sistema de serviço (Favaretto, 2018).

Dada a importância do mercado de varejo e da gestão de filas, foram realizadas buscas sistemáticas entre os anos de 2015 e 2019, com as palavras chave “Filas”, “Simulação”, “Pesquisa Operacional” e “Monte Carlo”, em eventos nacionais de referência no tema - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO), Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP), Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia (SEGET), Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), e em periódicos agrupados na base de dados da Scientific Periodicals Electronic Library (SPELL), não havendo trabalho realizado neste período sobre o gerenciamento de filas no setor varejista (supermercados).

Desta forma, dada a representatividade econômica do setor e a falta de estudos para o gerenciamento de filas no atendimento a clientes em supermercados varejistas, este estudo fez uso do modelo proposto por Favaretto (2018) e teve como objetivo analisar o dimensionamento de atendentes nos caixas em um supermercado afim de avaliar o impacto no atendimento e outros indicadores importantes para o mercado varejista.

Este trabalho está estruturado de forma que após esta introdução, será apresentada a revisão da literatura. Na seção 3 será abordada a metodologia de pesquisa utilizada. Os resultados serão apresentados na seção 4 e discutidos na seção 5. Por fim, a seção 6, apresenta as considerações finais sobre o trabalho e ao final do texto estão referências bibliográficas.



1 Revisão da literatura

Conforme discutido por Bitencourt e Garcez (2013), a satisfação dos clientes como vantagem competitiva no varejo, põe em foco o gerenciamento das filas. Neste sentido, buscou-se na literatura as melhores abordagens para investigar a gestão de filas, e conforme evidenciado por Favaretto (2018) e Ribeiro (2016) as técnicas de simulação são ferramentas que apoiam este estudo, o que foi norteador para a escolha das técnicas utilizadas neste estudo, com o intuito de contribuir com proposições de como investigar e mitigar a geração de filas.

1.1 Conceito de simulação

Inserida no campo de conhecimento da pesquisa operacional, a simulação é uma representação da operação de um processo ou sistema real, num dado período, que envolve a geração de uma história artificial desse sistema e a observação desta para fazer inferências relativas às características do processo real (Banks, Carson, & Nelson, 1996). Hillier e Liberman (1995) indicam que a realização de uma simulação inicia-se com o desenvolvimento de um modelo que represente o sistema a ser investigado, modelo este que, no entendimento de Pidd (1996), consiste em uma representação explícita e externa de um extrato parcial da realidade vista pela pessoa que deseja usar um modelo para entender, mudar, gerenciar, indicar políticas e controlar parte daquela realidade.

A simulação tem sido utilizada na engenharia para tratar situações em que se tenta compreender características de um sistema pelo conhecimento de outro que lhe é similar (Prado, 2017), sendo especialmente útil em situações que envolvem análise de riscos (Lustosa, Ponte, & Dominas, 2004).

A simulação possui dependência com o tipo de variável a ser considerada no modelo. Law e Kelton (1991) e Winston (1994) consideram que existem dois tipos de simulação: (I) de eventos discretos; e (II) de eventos contínuos. Sakurada e Miyake (2009) fazem uma descrição sucinta dos tipos de simulação, com o argumento de que a simulação de eventos discretos engloba o estudo de modelos de simulação, onde as variáveis mudam de estado em pontos específicos do tempo instantaneamente, ao contrário de que ocorre com modelos contínuos, onde as variáveis podem mudar de estado constantemente durante o decorrer do tempo.

No entendimento de Borshchev e Filippov (2004), as simulações de eventos discretos englobam sistemas com níveis altos e médios de detalhamento, no entanto geralmente são aplicadas para modelagem de sistemas com níveis de abstração mais baixos (como exemplo o chão de fábrica). Já as simulações de eventos contínuos, assim como as baseadas na dinâmica de sistemas (Forrester, 1961), são utilizadas em modelagem de sistemas agregados com níveis mais altos de abstração (como dinâmicas populacionais).

Segundo Pegden et al. (1995), a simulação é o método de projetar um modelo de uma situação real e realizar testes com esse modelo, no intuito de compreender suas reações e/ou avaliar as táticas para sua operação, ou seja, a simulação consiste na técnica de estudo do desempenho e comportamento de determinadas ocorrências, utilizando técnicas matemáticas, as quais possibilitam imitar o comportamento das operações reais.

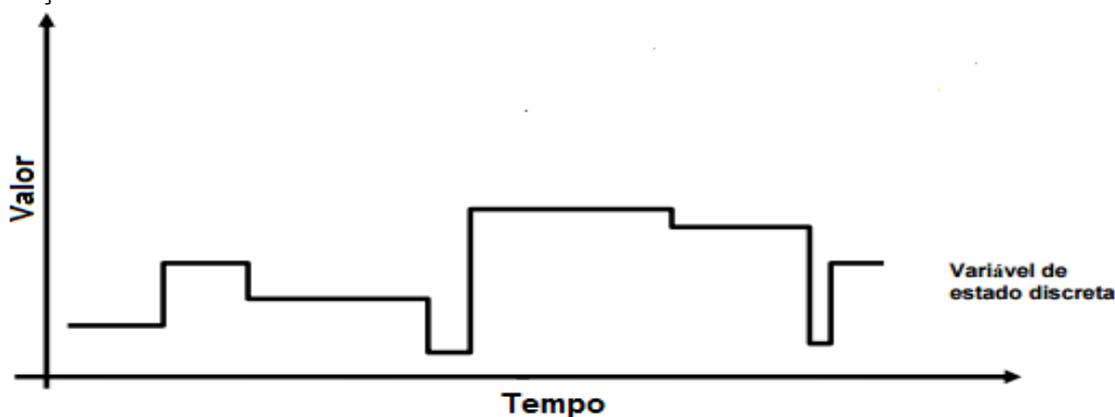
1.1.1 Simulação a eventos discretos (SED)

Em modelos de simulação baseados em SED, o estado do sistema analisado é alterado discretamente ao longo do tempo, de forma não contínua o resultado determinístico decorrente não segue um padrão. Na SED os eventos são aleatórios e são representados por uma distribuição de probabilidade que se enquadre ao fenômeno real estudado (Sakurada & Miyake, 2009).

A SED se caracteriza por eventos em que as mudanças acontecem de maneira descontínua, sofrendo mudanças bruscas, conforme ilustrado na Figura 1 (Duarte, 2003).

Figura 1

Simulação de Eventos Discretos



Fonte: Duarte (p.72, 2003) adaptado pelos autores.

Para de Souza (2017), a SED tem como objetivo estimar o desempenho do sistema, possibilitando a realização de diversas análises. Segundo Harrell, Ghosh, & Bowden (2002), o avanço na tecnologia de simulação discreta tem tornado possível a utilização de modelos computacionais aplicados à tomada de decisão de rotina, especialmente em projetos de sistemas futuros, baseados em dados atuais.

Para Freitas Filho (2008), a aplicação de simulação não busca somente a construção de um modelo mais também busca descrever o comportamento do sistema, construir teorias e hipóteses



considerando as observações efetuadas, além de usar o modelo para prever o comportamento futuro, isso é, os efeitos produzidos por alterações no sistema ou nos métodos empregados em sua operação.

Diversos estudos anteriores investigaram questões relevantes com uso da SED e chegaram a resultados satisfatórios (Da Costa et al., 2017; Clementino et al., 2018; Campos et al., 2019; Dos Santos et al., 2020; Pereira Júnior et al., 2020).

1.2 Método de Monte Carlo (MMC)

Prado (2017) define, resumidamente, o MMC como uma maneira de transformar um conjunto de números aleatórios em outro conjunto de variáveis, com a mesma distribuição da variável considerada.

O MMC é uma expressão muito geral, onde as formas de investigação baseiam-se no uso de estatística de probabilidade através de números aleatórios. Afirmam ainda que é uma metodologia de simulação baseada na utilização de números aleatórios que são sorteados para gerar resultados e as distribuições de probabilidades correspondentes (Zuccolotto & Colodeti, 2007). Esse método permite, essencialmente, simular o comportamento de processos que dependem de fatores aleatórios.

Designa-se por MMC qualquer método de uma classe de [métodos estatísticos](#) que se baseiam em amostragens aleatórias massivas para obter resultados numéricos, isto é, repetindo sucessivas simulações um elevado número de vezes, para calcular probabilidades [heurísticamente](#), tal como se, de fato, se registrassem os resultados reais em jogos de cassino. Este tipo de método é utilizado em simulações [estocásticas](#) com diversas aplicações em áreas como a [física](#), [matemática](#) e [biologia](#). O método de Monte Carlo tem sido utilizado há bastante tempo como forma de obter aproximações numéricas de funções complexas em que não é viável, ou é mesmo impossível, obter uma [solução analítica](#) ou, pelo menos, determinística.

Segundo Freitas Filho (2001), na aplicação dessa técnica, os dados são artificialmente gerados empregando-se um gerador aleatório de números e uma distribuição de frequência da variável de interesse. Estes dois são pontos fundamentais na aplicação desta técnica e na sua posterior aplicação em programas de simulação.

Martins, Werner e Pinto (2010) ressaltam que MMC não oferece como resultado uma afirmação explícita para se tomar uma decisão, mas um detalhamento com as possibilidades de resultado por meio de uma distribuição de frequência. Dependendo do problema, diferentes distribuições de probabilidade podem ser utilizadas para as variáveis independentes.

Conforme observou Ribeiro (2016), a utilização desse método de simulação destaca-se pela possibilidade de reduzir o nível de incerteza, pois gera informações consideráveis baseadas em milhares de situações, testando cenários pessimistas e otimistas.

1.3 Mercado Varejista

Para Levy e Weitz (2011) o mercado varejista é o elo final ligando fabricantes a consumidores, desempenhando basicamente quatro funções: prover sortimento de produtos e serviços, permitir o fracionamento, regular estoques e fornecer serviços.

De acordo com Varoto (2018, p.441), “O varejo é um dos setores mais dinâmicos da economia brasileira e que reflete as mudanças econômicas, sociais e de comportamento por que passou a sociedade brasileira ao longo dos anos”.

Com participação em torno de 20% na composição do Produto Interno Bruto (PIB), e empregando formalmente mais de 10,2 milhões de pessoas (Brasil, 2016), o setor varejista é um dos mais relevantes para a economia brasileira (Parente, 2014).

Nos últimos dois anos o mercado varejista apresentou crescimento acumulado de 4,4%, com destaque para as vendas de supermercados e hipermercados que cresceram 3,8% em 2018, frente ao ano anterior. O faturamento dos supermercados e hipermercados é responsável por 48% do total faturado pelo mercado varejista e contribuiu com 1,8% para o resultado total do setor (Brasil, 2019).

1.4 Indicadores de desempenho em gestão de filas

Em virtude do aumento na qualidade, muitas empresas estão percebendo a necessidade de reavaliarem seus processos a fim de permanecerem atuantes no mercado (Silva & Sassi, 2017).

Segundo Chwif e Medina, (2006), o estudo quantitativo de filas pode ser embasado nas interações entre alguns parâmetros, primordialmente a taxa de chegada ao sistema (λ) e a taxa de atendimento (μ). A interação entre a taxa de chegada dividida pela taxa de atendimento mostra a taxa de ocupação do sistema, que será representada por (ρ). Na hipótese da taxa de chegada ser maior que a taxa de atendimento, evidenciará que a capacidade de atender as chegadas ao sistema é insuficiente, ocasionando filas que enquanto mantidas as taxas, não diminuem (Favaretto, 2018).

Um sistema pode ser considerado permanente ou estável quando a ocupação do sistema está entre 0 e 0,8 (Chwif & Medina, 2006). Em um sistema estável, podem existir filas, porém na pior das situações, permanecerão com o mesmo tamanho. Em sistemas onde há mais de um servidor, deve-se considerar o quantitativo deles. Conforme apresentada por Chwif et Medina (2006) e Fitzsimmons e Fitzsimmons (2006), a Equação (1) calcula a ocupação (ρ) do sistema, onde λ é a taxa média de chegada (número de chegadas por intervalo de tempo), μ é a taxa média de atendimento (número de atendimentos por intervalo de tempo) e c é o número de servidores do sistema. Todos os diferentes servidores são considerados com a mesma eficiência ou taxa média de atendimento.

$$\rho = \frac{\lambda}{c \mu} \quad (1)$$



Outro indicador utilizado por Chwif e Medina (2006) e Fitzsimmons e Fitzsimmons (2006), considera a possibilidade de haver n clientes no sistema (P_n). Neste indicador considera-se todos os clientes que estão em atendimento no sistema e os que estão na fila. Sendo o foco deste trabalho o gerenciamento de filas, utilizou-se um indicador que demonstra a probabilidade de, no momento da chegada de um novo cliente, não haver fila, equivalendo às chegadas atendidas sem espera. Em um sistema com dois servidores, para que isso aconteça, pelo menos um deles deve estar disponível. A utilização deste indicador é justificada por ser particularmente interessante ao novo cliente, que espera atendimento imediato.

Chwif e Medina (2006) e Fitzsimmons e Fitzsimmons (2006) demonstram o indicador do tamanho médio da fila (L_q), levando em conta uma média do total de pessoas na fila durante todo o período em que foi observado. É pouco prática a obtenção do indicador L_q a partir de observações do sistema real, devido a sua necessidade de contagens constantes. Pode-se obter com mais praticidade o indicador de tamanho médio da fila no momento da chegada (L_{qa}), conforme proposto, realizando contagens de clientes na fila, a cada novo cliente que chega ao sistema.

A simulação proposta por Favaretto (2018, p.4) “procura reproduzir um sistema de prestação de serviços onde normalmente existe formação de fila para fazer o pagamento do serviço utilizado em um caixa”. Haverá sempre um caixa em funcionamento (chamado de primeiro colaborador), e a abertura de um segundo caixa é possível em caso de necessidade. O primeiro caixa é operado por um colaborador padrão, capacitado para a função. O segundo caixa poderá ser operado por outro colaborador treinado, mas nem sempre haverá a disponibilidade deste recurso.

Havendo um atendente com treinamento específico para a função de caixa e o gestor do sistema perceber a necessidade de abertura do segundo posto, o operador disponível será utilizado, mesmo sua eficiência não sendo a mesma do primeiro atendente. A eficiência sofre variação equivalente a um segundo colaborador mais ou menos capacitado à execução da tarefa. Possuindo o segundo colaborador uma eficiência 0,5 (ou 50%), equivale a um recurso com menos treinamento ou prática, e que levaria o dobro do tempo em comparação ao primeiro colaborador exercendo a mesma tarefa. Neste sentido, o primeiro colaborador é sempre preferencial para atendimento e quando estiver ocupado, o segundo só é utilizado. Estando ambos os colaboradores livres, a prioridade é do primeiro, mais bem treinado. Caso os dois colaboradores estejam ocupados haverá necessariamente uma espera e conseqüentemente a formação de uma fila.

Conforme as considerações mencionadas anteriormente, o indicador de chegadas atendidas sem espera será utilizado, equivalente à possibilidade da chegada de um cliente ao sistema e não haver fila – com a notação P_0 . Este indicador pode ser usado pelo gestor afim de identificar e estipular um nível de serviço ou de atendimento, através do atendimento imediato dos clientes. Conforme apresentado na Equação (2), o indicador é resultante da proporção percentual dos clientes atendidos

sem espera pelo total de clientes. Propõe-se este indicador por não ser de uma média, facilitando sua obtenção (FAVARETTO, 2018).

$$P_0 = \frac{\text{Número de clientes atendidos sem espera}}{\text{Número total de clientes atendidos}} \quad (2)$$

2 Metodologia

2.1 Estudo de caso do trabalho

Este estudo de caso caracteriza-se por ser de natureza aplicada, com abordagem quantitativa, utilizando-se o método de modelagem e simulação. Segundo Jung (2004), a pesquisa aplicada gera novos conhecimentos resultantes do processo de investigação, pelo emprego de conhecimentos básicos aplicados a um novo processo. O aspecto quantitativo da pesquisa se caracteriza ao estabelecer relações que são analisadas ou testadas

Este estudo de caso é quantitativo e tem a intenção de determinar através do método de SED, o número de atendimentos baseados em um dia de funcionamento de um supermercado. Para o presente estudo os dados foram coletados em um supermercado que atende em média 5000 cliente por mês, situado em bairro suburbano de classe média na cidade de Santo André que denominaremos neste estudo como Supermercado Beta. Foi utilizado o *software*, EXCEL da *Microsoft* para tabular em planilhas os dados coletados e gerar gráficos e ainda o *software* ARENA da *Paragon* desenvolvido para gerar simulações. A execução desse processo atendeu ao propósito básico da pesquisa científica que segundo Severino (2017) consiste no conhecimento de um objeto em suas fontes primarias e fundamentos.

2.2 Dados coletados

Os dados para este estudo foram coletados através da tomada dos horários de chegada e dos tempos de atendimento dos clientes nos caixas do Supermercado Beta, durante o dia 21 de agosto de 2018, um dia de funcionamento típico.

2.3 Forma de coleta dos dados

Os horários foram coletados in loco, durante um dia típico de funcionamento, das 7 às 20 Horas, durante um dia inteiro de funcionamento, exclusivamente em um caixa comum, sendo desconsiderados caixas rápidos ou caixas preferencias. Os horários foram coletados in loco, durante um dia típico de funcionamento. Primeiramente apontou-se os horários de chegadas dos clientes no supermercado e posteriormente a coleta dos horários de saída dos clientes através do histórico dos cupons fiscais e os



horários registrados neles. Com a diferença entre os tempos pôde-se determinar os tempos entre atendimentos dos clientes nas filas dos caixas. Foram apurados 184 atendimentos.

Para este estudo considerou-se os mesmos tempos de chegada e atendimento para todos os pontos de processamento que são chegadas, gôndola, padaria, caixa e saída.

3 Resultados

3.1 Tempo entre chegadas

Na tabela 1 demonstra-se a quantidade da amostra, número de intervalos representado pela raiz quadrada da quantidade da amostra, mínimo, máximo, amplitude, média e desvio padrão dos dados coletados.

Tabela 1

Análise dos Dados Coletados

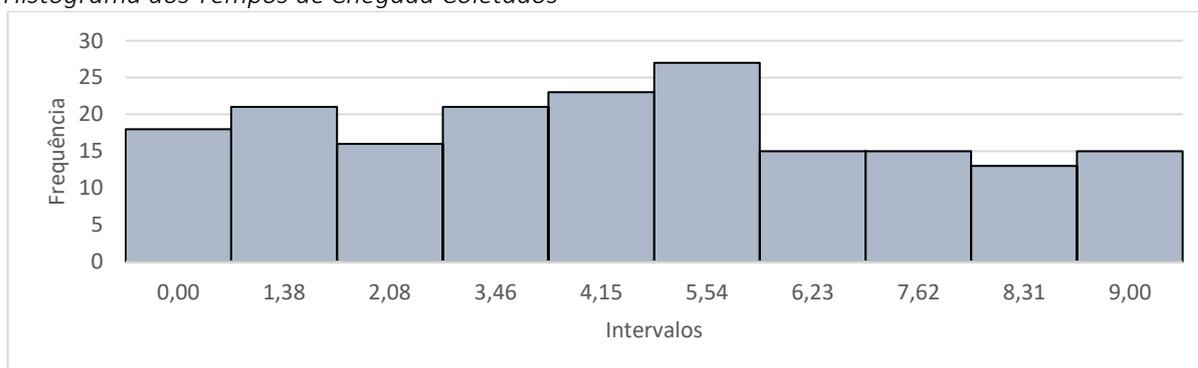
Número de Intervalos	Quantidade Amostra	Mínimo	Máximo	Amplitude	Média	Desvio Padrão
13	184	0	9	0,69	4,22	2,72

Fonte: Os autores.

No gráfico 1 é possível observar o histograma dos dados coletados, gerado a partir dos intervalos e frequência com que ocorrem.

Gráfico 1

Histograma dos Tempos de Chegada Coletados



Fonte: Os autores.

A partir dos dados coletados, foi realizado o teste de aderência no software Arena que testa todas as formas possíveis de distribuição e verifica qual a melhor para simular os dados. Para que a amostra seja aderente o valor de “P-value correspondente” deve ser $\geq 0,05$. Neste caso foi de 0,45, comprovando a aderência dos dados.

O teste de aderência também indicou que a distribuição Beta com parâmetros (1,13; 1,25 – média e desvio padrão respectivamente) é a mais indicada para simular o fenômeno de onde os dados são provenientes.

3.2 Tempo de permanência

Na tabela 2 é apresentado a quantidade da amostra, número de intervalos representado pela raiz quadrada da quantidade da amostra, mínimo, máximo, amplitude, média e desvio padrão dos dados coletados.

Tabela 2

Análise dos Dados Coletados dos Tempos de Permanência

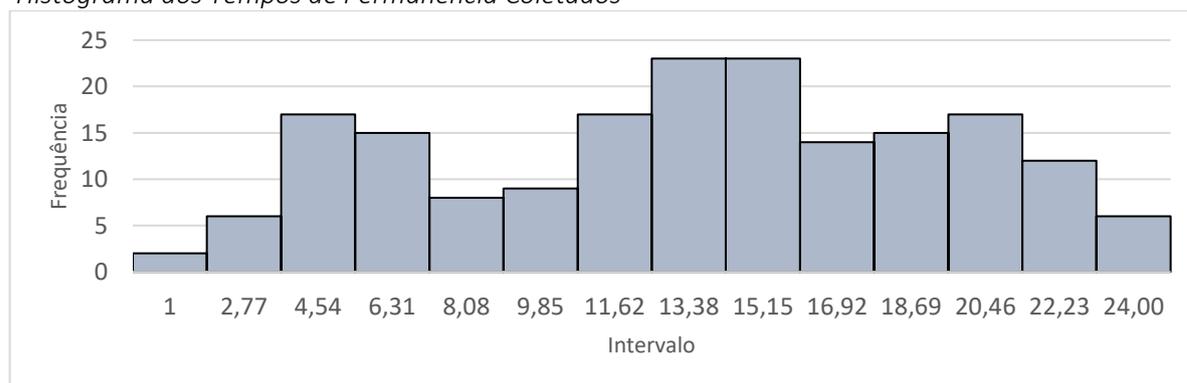
Número de Intervalos	Quantidade amostra	Mínimo	Máximo	Amplitude	Média	Desvio Padrão
13	184	1	24	1,77	12,61	5,98

Fonte: Os autores.

O gráfico 2 apresenta o histograma dos dados coletados, gerado a partir dos intervalos e frequência com que ocorrem.

Gráfico 2

Histograma dos Tempos de Permanência Coletados



Fonte: Os autores.

A partir dos tempos de permanência coletados, realizou-se o teste de aderência onde seu valor foi de 0,476, comprovando a aderência dos dados.

O teste de aderência também indicou que a distribuição Beta com parâmetros (1,53; 1,50 – média e desvio padrão respectivamente) é a mais indicada para simular o fenômeno de onde os dados são provenientes.

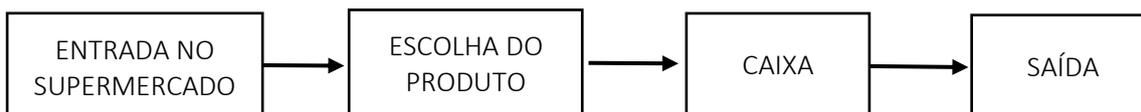


3.3 Fluxograma do processo analisado

A figura 2 apresenta o fluxograma do processo analisado.

Figura 2

Fluxograma do Processo



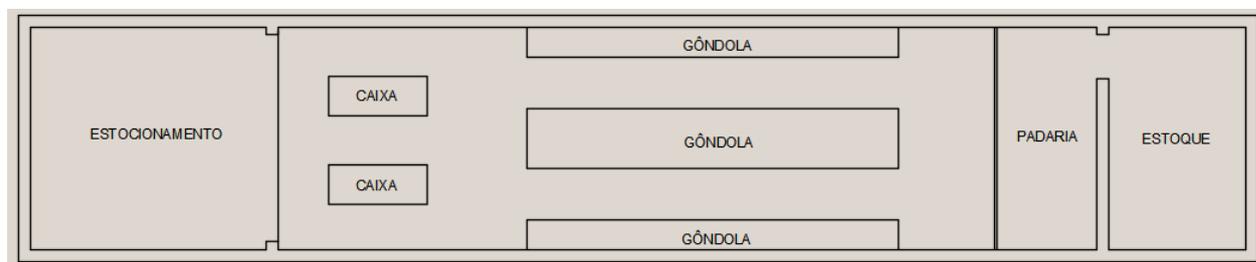
Fonte: Os autores.

3.4 Layout do supermercado do estudo de caso

O Layout do supermercado, objeto deste estudo de caso é representado na figura 3.

Figura 3

Layout do Supermercado



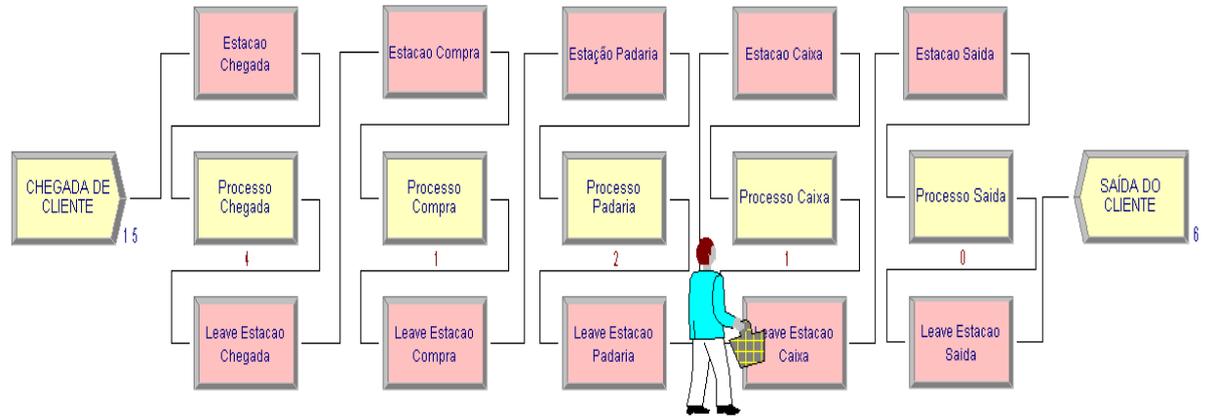
Fonte: Os autores.

3.5 Fluxograma da simulação no ARENA

A figura 4 demonstra o fluxograma do processo, analisado no software Arena.

Figura 4

Fluxograma do Processo Analisado, no Software ARENA



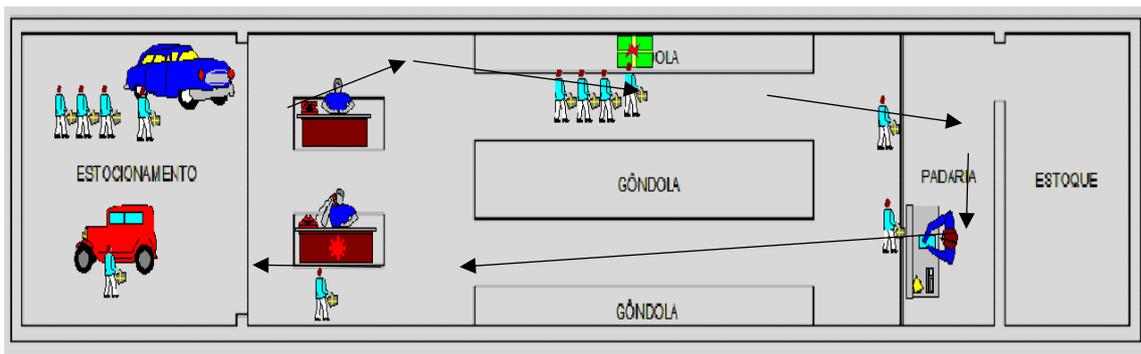
Fonte: Os autores.

3.6 Cenário animado no ARENA

A figura 5 retrata a imagem do layout animado conforme construído no software Arena e o caminho percorrido pelos clientes na simulação.

Figura 5

Cenário Animado do Processo, no software ARENA



Fonte: Os autores.

3.7 Resultados das simulações

A partir das simulações realizadas, considerando as variações de recursos (atendentes dos caixas) e a variação no número de replicações (quantidade de dias da simulação), chegou-se aos resultados expressados nas tabelas e gráficos a seguir.

Na tabela 3 são apresentados os resultados da simulação com 01 replicação (um dia de funcionamento), variando de 01 à 10 o número de atendentes dos caixas (recursos), onde os tempo são dados em minutos, o número de espera é dado em quantidade de indivíduos e o atendimento e utilização do recurso são expressados em percentual de utilização.

Tabela 3

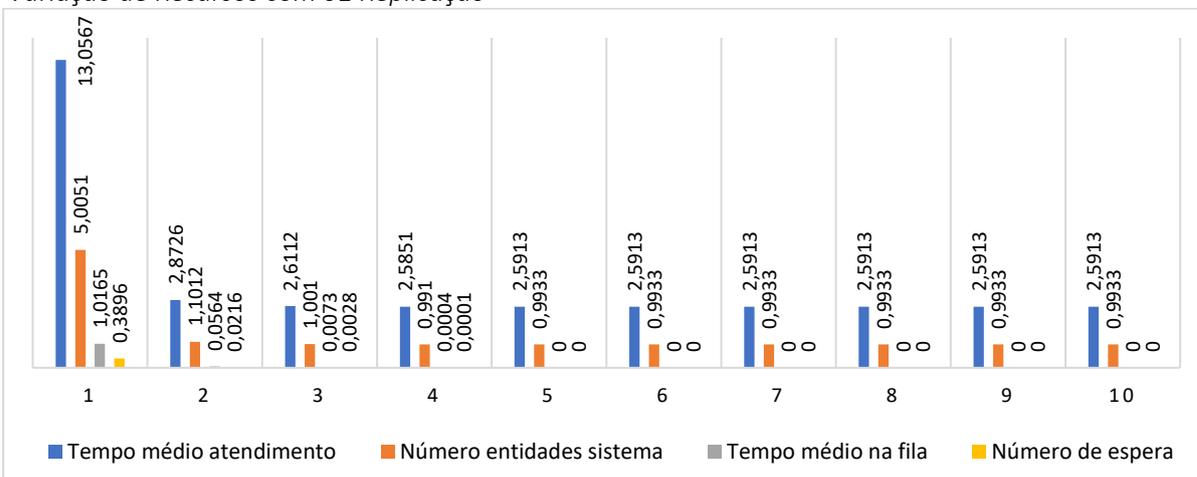
Resultados com 01 Replicação

Recursos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tempo médio de atendimento	13,0567	2,8726	2,6112	2,5851	2,5913	2,5913	2,5913	2,5913	2,5913	2,5913
Número de entidades do sistema	5,0051	1,1012	1,001	0,991	0,9933	0,9933	0,9933	0,9933	0,9933	0,9933
Tempo médio na fila	1,0165	0,0564	0,0073	0,0004	0	0	0	0	0	0
Número de espera	0,3896	0,0216	0,0028	0,0001	0	0	0	0	0	0

Fonte: Os autores.

Gráfico 3

Variação de Recursos com 01 Replicação



Fonte: Os autores.

É apresentado na tabela 4 os resultados da simulação com 02 replicações (dois dias de funcionamento), variando de 01 à 10 o número de atendentes dos caixas (recursos), onde os tempo são dados em minutos, o número de espera é dado em quantidade de indivíduos e o atendimento e utilização do recurso são expressados em percentual de utilização.

Tabela 4

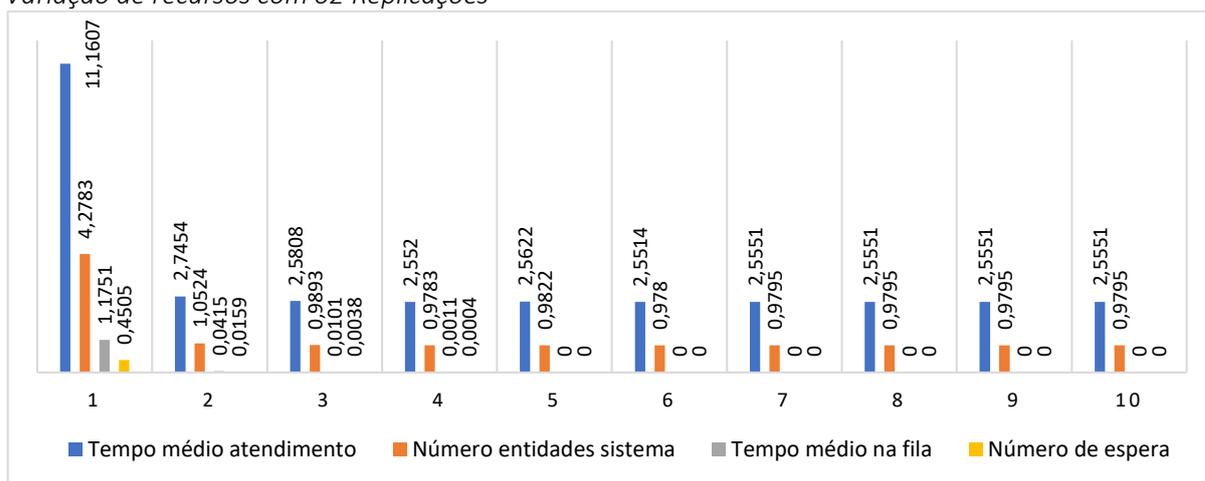
Resultados com 02 Replicações

Recursos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tempo médio de atendimento	11,1607	2,7454	2,5808	2,552	2,5622	2,5514	2,5551	2,5551	2,5551	2,5551
Número de entidades no sistema	4,2783	1,0524	0,9893	0,9783	0,9822	0,978	0,9795	0,9795	0,9795	0,9795
Tempo médio na fila	1,1751	0,0415	0,0101	0,0011	0	0	0	0	0	0
Número de espera	0,4505	0,0159	0,0038	0,0004	0	0	0	0	0	0

Fonte: Os autores.

Gráfico 4

Variação de recursos com 02 Replicações



Fonte: Os autores.

A tabela 5 apresentada os resultados da simulação com 03 replicações (dois dias de funcionamento), variando de 01 à 10 o número de atendentes dos caixas (recursos), onde os tempo são dados em minutos, o número de espera é dado em quantidade de indivíduos e o atendimento e utilização do recurso são expressados em percentual de utilização.

Tabela 5

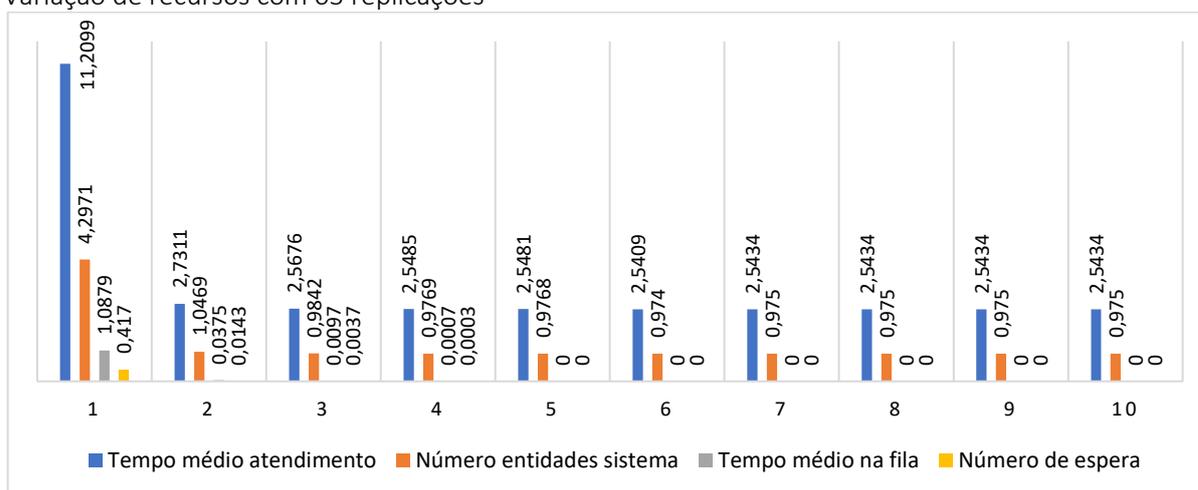
Resultados com 03 Replicações

Recursos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tempo médio de atendimento	11,2099	2,7311	2,5676	2,5485	2,5481	2,5409	2,5434	2,5434	2,5434	2,5434
Número de entidades do sistema	4,2971	1,0469	0,9842	0,9769	0,9768	0,974	0,975	0,975	0,975	0,975
Tempo médio na fila	1,0879	0,0375	0,0097	0,0007	0	0	0	0	0	0
Número de espera	0,417	0,0143	0,0037	0,0003	0	0	0	0	0	0

Fonte: Os autores.

Gráfico 5

Variação de recursos com 03 replicações



Fonte: Os autores.

4 Discussão

Como pode-se constatar nos resultados obtidos, após feita a tabulação dos dados considerando a taxa de chegada ao sistema e a taxa de atendimento conforme proposto por Chwif e Medina (2006), foi criado o modelo no software arena e determinou-se que o sistema atual do supermercado que conta com apenas um atendente/caixa, tem tempo médio de atendimento, considerando as simulações com 01, 02 e 03 replicações, gira em torno de 11 e 13 minutos, o tempo médio em fila gira em torno de 1 e 1,17 minutos e a quantidade de pessoas esperando na fila gira em torno de 0,39 à 0,45.

Observou-se que com a inclusão de um segundo atendente/caixa, ~~que~~ o tempo médio de atendimento reduz-se significativamente passando do intervalo entre 11 e 13 minutos para um intervalo entre 2,87 à 2,73 minutos, o que representa uma redução de 78%, corroborando com a



explicação de Favaretto (2018) onde afirma que a taxa de chegada maior que a taxa de atendimento, gera filas que não diminuem enquanto mantidas as taxas. Após a inclusão do segundo atendente/caixa, os tempos tendem a se manterem estáveis, apresentando pequena variação, até sua completa estabilização depois de determinado número de atendentes utilizados. Essa completa estabilização de acordo com o número de atendentes, é retardada de acordo com o número de replicações realizadas.

Constatou-se também que conforme proposto por Chwif e Medina (2006) e Fitzsimmons e Fitzsimmons (2006) o indicador tamanho médio da fila (L_q), considerado como uma média da quantidade de pessoas na fila em todo o período observado quando simulado com apenas 01 atendente/caixa ao mesmo tempo é de 05 pessoas/entidades e quando aumentamos para 02 atendentes esse número passa para cerca de 01 pessoa/entidade no sistema por vez, em média, o que se mantém, com pequena variação, mesmo aumentando a quantidade de atendentes/caixas.

O tempo médio de espera na fila vai naturalmente diminuindo, à medida em que aumenta-se a quantidade de atendentes/caixas, até zerar a espera e todos serem atendidos prontamente. O mesmo acontece com o número de clientes/entidades que esperam na fila, pois vão diminuindo com o aumento dos atendentes/caixas. Isso colabora para o aumento na qualidade do atendimento, permitindo ao supermercado otimizar seus processos a fim de permanecerem atuantes no mercado (Silva & Sassi, 2017).

A variação do número de replicações do modelo (dias simulados), que variamos de 01 a 03, apresenta pequenas oscilações que para os nossos modelos não são representativas, no entanto para outros estudos a quantidade a se variar de atendentes e as oscilações presentes, podem ser significativas, devendo ser investigadas conforme a necessidade do objeto observado.

5 Conclusão

Foi possível constatar que o método de SED combinado com a simulação computacional nos permite analisar cenários diversos apoiando as tomadas de decisão. Demonstrou-se também que é possível dimensionar adequadamente o número de atendentes para suprir a demanda necessária e que a simulação com variação da quantidade de atendentes nos caixas permite analisar a viabilidade e o ponto de ruptura entre o fluxo contínuo de clientes e a geração de filas, podendo essa técnica ter aplicação prática em diversos segmentos que necessitam gerenciar filas.

Evidenciou-se neste estudo a dificuldade de coleta dos dados (tempos entre chegadas e tempos de permanência nas filas), pois o volume em grandes hipermercados é muito alto, impossibilitando a tomada de tempo manual. Porém, foram encontradas disponíveis para venda, câmeras de vídeo com sistemas de coleta e processamento de dados através de imagens, o que permitiria a análise de diversas filas ao mesmo tempo e com maior precisão, viabilizando futuros estudos em hipermercados maiores.



Para próximos estudos recomenda-se a tomada dos tempos de chegada e atendimento de cada fase do processo, gerando assim dados mais precisos do sistema e melhor entendimento do comportamento das filas em cada etapa, já que, para este estudo consideramos os mesmos tempos de chegada e atendimento para todos os pontos de processamento que são chegada, gôndola, padaria, caixa e saída.

Referências

- Banks, J.; Carson, J.; Nelson, B. (1996). *Discrete-event system simulation*. New Jersey: Prentice Hall.
- Bitencourt, L. C.; Garcez, M. P. (2013). A Influência da Gestão de Projetos na Qualidade de Serviços Prestados no Caixa: Um Projeto Desenvolvido em uma Empresa Varejista. *Revista de Gestão e Projetos – GeP*, v. 4, n. 1, p. 224-241.
- Brasil - IBGE (2016) - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. In: *Pesquisa Mensal do Comércio*. Rio de Janeiro, RJ. Acesso em 09 mai. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/comercio/9075-pesquisa-anual-de-comercio.html?=&t=destaques>.
- Brasil - IBGE (2019) - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. In: *Pesquisa Mensal do Comércio*. Rio de Janeiro, RJ. Acesso em 09 mai. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/comercio/9227-pesquisa-mensal-de-comercio.html?=&t=series-historicas>.
- Borshchev, A., & Filippov, A. (2004). From system dynamics and discrete event to practical agent based modeling: reasons, techniques, tools. In: *International Conference Of The System Dynamics Society*, Oxford, England.
- Campos, C. C. S., da Encarnação, E., & da Silva, A. M. (2019). Simulação discreta aplicada à distribuição da alimentação escolar: Estudo de caso em uma escola pública. *South American Development Society Journal*, 5(14), 290.
- Chwif, L., & Medina, A. C. (2006) “Uma análise crítica da Lei Municipal 13.948 ou ‘Lei das Filas’ sob a ótica da Pesquisa Operacional: conclusões derivadas de modelos de simulação de eventos discretos”, *Anais... XXVI ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Fortaleza, CE, 2006.
- Clementino, M. R.; Silva, T. T. DA; Silva, A. M. DA; Tanaka, W. Y.; Zampini, E. D. F. (2018). Discrete simulation applied to a gas appliance company. *Independent Journal of Management & Production*, v. 9, n. 5, p. 699.
- Da Costa, L. S., Lúcio, W. D. S., Da Silva, A. M., & Ferreira, W. D. P. (2017). Discrete simulation applied to the production process of electronic components. *Independent Journal of Management & Production*, 8(5), 596-613.
- De Souza, W. A. P., Martins, J. H., Amantéa, R. P., & Fortes, M. (2017). Simulação do processo de triagem neonatal usando modelagem por eventos discretos. *Revista Gestão & Tecnologia*, v.17, n.2, p.111-133.

- 
- Dos Santos, R. S. B., Cajui, R. M. F., & Da Silva, A. M. (2020). Simulação a eventos discretos aplicada à gestão de filas em uma loja de tecidos. *South American Development Society Journal*, 6(17), 117.
- Duarte, R. N. (2003). Simulação computacional: análise de uma célula de manufatura em lotes do setor de auto-peças. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Itajubá de Minas Gerais, Itajubá, MG, Brasil.
- Favaretto, F. (2018). Gestão de filas atendidas por dois servidores com taxas de atendimento diferentes. *Sistemas & Gestão*, v.13, n.1, p.2-9.
- Fitzsimmons, J. A., & Fitzsimmons, M. J. (2006), *Service management: Operations, strategy, and information technology*, 5ª Ed. New York: McGraw Hill.
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial dynamics*. Cambridge: MIT Press.
- Freitas Filho, P. J. de (2001). *Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena*. Visual Books.
- Hammersley, J. M., & Handscomb D. C. (2013). *Monte Carlo Method*. Berlim: Springer Science & Business Media.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (1995). *Introduction to operations research*. New York: McGraw Hill.
- Harrell, C. R., Ghosh, B. K. & Bowden, R. (2002). *Simulação otimizando os sistemas*. São Paulo: Belge IMAM.
- Harrel, C. R., Ghosh, B. K., & Bowden, R. (2011). *Simulation using promodel*. 3ª Ed. Boston: McGraw-Hill/Higher Education
- Jung, C. F. (2004) *Metodologia para pesquisa & desenvolvimento: aplicada a novas tecnologias, produtos e processos*. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil Editora.
- Law, A. M., & Kelton, W. D. (1991). *Simulation modeling and analysis*. New York: McGraw-Hill.
- Levy, M., & Weitz, B. A. (2011) *Retailing management*. 8ª Ed. New York: McGrawHill/Irwin.
- Lustosa, P. R. B., Ponte, V. M. R., & Dominas, W. R. (2004). Simulação. In: Corrar, L. J.; Theòphilo, C. R. (Orgs.). *Pesquisa Operacional para decisão em contabilidade e administração*. São Paulo: Atlas.
- Martins, V. L. M., Werner, L., & Pinto, F. T. (2010). Uso da Simulação de Monte Carlo para Avaliação da Confiabilidade de um Produto. *XIII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais*. SIMPOI.
- Parente, J. (2014). *Varejo no Brasil*. 2ª. Ed. São Paulo: Atlas S.A.
- Pegden, C. D., Shannon, R. E., & Sadowski, R. P. (1995). *Introduction to Simulation using SIMAN*. 2ª Ed. New York: McGraw Hill.
- Pereira Junior, J. V., Da Silva, A. M., & Moraes, D. G. (2020). Discrete simulation applied to queue management in a supermarket. *Independent Journal of Management & Production*, 11(5), 1667-1684.



Pidd, M. (1996). *Modelagem empresarial: ferramentas para tomada de decisão*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul.

Prado, D. (2017). *Teoria das filas e da simulação*. 6ª Ed. Nova Lima, MG: Falconi.

Ribeiro, R. H. et al. (2016) Análise de viabilidade financeira de um investimento em uma empresa da indústria salineira com simulação de Monte Carlo. *Exacta*, v. 14, n. 3, p. 511-525.

Sakurada, N., & Miyake, D. I. (2009). Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. *Gestão & Produção*, v. 16, n. 1, p. 25-43.

Severino, A. J. (2017). *Metodologia do trabalho científico*. 24ª Ed. São Paulo: Cortez.

Silva, P. C., & Sassi, R. J. (2017) Simulação de Monte Carlo para construção de gráficos de controle no processo de carregamento de etanol no setor sucroalcooleiro. *Exacta*, v. 15, n. 3, p. 369-381.

Varotto, L. F. (2018). Varejo no Brasil—Resgate Histórico e Tendências. *Revista Brasileira de Marketing*, v. 17, n. 1, p. 429-443.

Winston, W. L. (1994). *Operations research: applications and algorithms*. Belmont: Duxbury Press.

Zuccolotto, R., & Colodeti Filho, E. (2007). Gerenciamento de preços em empresas de pequeno porte por meio do custeio variável e do método de Monte Carlo. *Enfoque: Reflexão Contábil*, v. 26, n.3.