Utilizando o *software* arena como ferramenta de apoio da pesquisa operacional em um supermercado do interior paulista

USING THE ARENA SOFTWARE AS A SUPPORT TOOL FOR OPERATIONS RESEARCH IN A SUPERMARKET IN THE INTERIOR OF SÃO PAULO STATE

Rhadler Herculani
Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS) – Faculdade de Tecnologia de Bebedouro
E-mail: rhadler.herculani@cps.sp.gov.br . ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2639-8868.

Introdução

Com a crescente desaceleração da economia, principalmente devido a pandemia de COVID-19, as lojas de varejo como supermercados, shopping centers, agropecuárias, calçadistas e outros, necessitaram de novas estratégias para sobreviver devido à queda do poder aquisitivo das famílias, uma vez que se diz que "não haverá retorno à normalidade". (FUCS, 2020).

Sendo assim, a área de engenharia e tecnologia de produção auxilia tais empresas na tomada de decisões, através de algumas disciplinas de cunho gerencial, como é o caso da Pesquisa Operacional (PO), uma vez que ela pode auxiliar esses varejistas com estudos de aprimoramento de seus processos, qualidade na entrega de produtos e logística eficiente, principalmente no que diz respeito aos cuidados com os estoques dessas lojas que devem ser otimizados para se reduzir seu custo com perdas, tornaram-se um diferencial diante dos concorrentes

O problema dos estoques em supermercados foi evidenciado nesse artigo, uma vez que abrange os processos de chegada dos produtos em caminhões, a conferência dos mesmos, separação dos produtos em bons e com defeito, devolução dos defeituosos, cadastro dos bons no sistema do supermercado, armazenagem, reposições nas gôndolas e vendas. Com o uso da disciplina de Pesquisa Operacional aliada à matemática computacional, foi utilizado a simulação para estudar e propor melhorias no sistema de estoques de um supermercado do interior paulista.

De acordo com Prado (2014), unindo os recursos de linguagem de simulação à facilidade de uso do simulador, a utilização desses métodos trata-se de uma maneira racional, lógica e organizada para solucionar problemas ajudando a diagnosticar e prevenir falhas dentro de uma empresa. Conforme Erland (2017), a simulação por computador pertence à disciplina de

PO e a outras, como a de análises de previsão meteorológica, treinamento de estratégias para militares, estatísticas populacionais etc.

Assim, o objetivo desse trabalho foi abordar a utilização de simulação computacional, como método de PO, para identificar problemas na gestão dos estoques de um supermercado, priorizando agilidade dos serviços e qualidade, proporcionando aos clientes uma maior satisfação.

Como métodos de pesquisa se utilizou de pesquisa bibliográfica, estudo de caso, cronometragens de tempos e o uso de um *software* de simulação que será mais bem abordado na seção 2. Os métodos de pesquisa acima descritos serão minuciosamente explanados na seção 3 e os resultados da pesquisa, na seção 4.

Referencial teórico

Todo o referencial teórico foi embasado e se ramificou em três partes que analisarão, em separado, primeiramente sobre o que trata a PO e uma de suas áreas de apoio, após isso, em segundo lugar, sobre a Simulação Computacional e, por último, sobre a computação em Arena.

Pesquisa operacional

A expressão Pesquisa Operacional (PO) surgiu durante a Segunda Guerra Mundial; Pesquisadores buscavam desenvolver métodos de melhorias nas operações militares.

Ela se difundiu da área militar e indo para a área civil, sendo hoje um ram o da ciência administrativa. Este avanço deve-se ao grande desenvolvimento dos computadores tornando os cálculos e manipulação de dados mais célere e simples, ajudando ainda mais na Pesquisa Operacional. (PINTO, 2002)

A PO é uma ferramenta matemática que auxilia no processo de decisão, abordando os problemas enfrentados, com a finalidade de encontrar soluções e objetivando a minimização do impacto desse na organização como um todo.

Para Andrade (2004), a PO possui dois enfoques: o clássico (tradicional) e o atual. O primeiro conceitua-se pelo método quantitativo da Pesquisa Operacional, utilizando modelos matemáticos e estatísticos visando a obtenção de uma solução ótima; já o enfoque atual deriva- se de um conceito qualitativo da área buscando uma compreensão mais profunda do problema, averiguando o ponto que precisam de intervenção.

A Simulação e Otimização são os apoios da PO, cuja aplicação permite a dar suporte à decisão em ambientes produtivos. (PIDD,1998)

Segundo Felipe (2017, p. 26), a pesquisa operacional (PO) “envolve pesquisa sobre operações”, sendo aplicada “a problemas que compreendem a condução e coordenação das operações em uma organização”.

Ainda segundo Felipe (2017, p. 26):

> A Pesquisa Operacional é um campo da ciência em evolução, em constante expansão, entretanto existem alguns modelos mais generalizados e difundidos: Probabilidade e Distribuições de Probabilidade (Análises Estatísticas); Programação Linear Simples;Programação Linear Inteira; PERT (Program Evoluation and Review Technique) e COM (Critical Path Method); Previsão; Teoria da Decisão; Modelos de Rede; Modelos de LinX'has de Espera (Filas); Simulação; Teoria dos Jogos e Análise de Regressão.

Este artigo se focará na área da simulação, que é um dos campos da PO, segundo Myata, et al. (2010).

Simulação computacional

Para Pedgen, Shannon e Sadowski (1990 apud HERCULANI; PEREIRA, 2019, p. 75) "a palavra simulação é definida como uma projeção computadorizada de um processo existente, a fim de entender o comportamento dos mesmos e traçando estratégias operacionais com o intuito de melhorias".

De acordo Hillier e Lieberman (1988 apud HERCULANI ET AL., 2017, p. 88), "a simulação, dentro da pesquisa operacional, precisa da construção de um modelo matemático", que "necessita descrever a operação dos sistemas em termos dos fatos individuais de cada elemento do sistema", ao invés de apresentar inteiramente o procedimento geral dele.

Esse modelo matemático é necessário para que seja possível de se realizar uma análise quantitativa do problema e possui variáveis de decisão que são entradas do processo modelado através de algum *software*. (AOKI, 2018)

Embora existam uma variedade de *softwares* de simulação atualmente, o *software* de simulação que foi utilizado nesse artigo é o Arena que, segundo Prado (2014), trata-se do *software* mais antigo e mais distribuído do mundo nessa área.

Simulação em Arena

Segundo Prado (2014), o *software* Arena existe da união de dois outros, os *softwares* SIMAN e o CINEMA. O Siman foi desenvolvido em 1983, sendo o primeiro programa de simulação para PCs (computadores pessoais). O CINEMA, de 1984, foi o primeiro programa para animação de simulação em PCs e, a partir de 1993, ambos foram transformados em um único *software*, o Arena.

Segundo Paragon (2021), "o *software* Arena é a ferramenta para simulação de eventos discretos mais usada no mundo". Ele possui ambiente gráfico integrado, "recursos para análise estatísticas, modelagem de processos, animação e análise de resultados".

Segundo Herculani et al (2017, p. 85):

> O Arena é formado por um conjunto de blocos e módulos que se referem a uma aplicação real e funcionam através de comandos por meio de programação visual. Seus princípios básicos são entidades que representam pessoas, objetos, transações ou que demonstram serviços ou transformações ou que revelam o fluxo que a empresa vai atravessar ao longo das estações.

Conforme anteriormente comentado nas palavras de Aoki (2018), os modelos de simulação necessitam de entidades de entrada. O mesmo ocorre com o Arena que precisa ter tempos de execução bem definidos a fim de se idealizar seu modelo, utilizando de uma ferramenta de entrada do próprio Arena chamada de Input Analyzer, que possui o papel de transformar as entidades de entrada (como os tempos de algum processo industrial em estudo) registradas em um arquivo em formado de texto (ou *txt), em expressões estatísticas representativas da realidade do processo em estudo. Para isso, deve-se ter um número relevante de dados, na casa dos trinta dados ou mais, para que os resultados façam sentido.

Isso está de acordo com Santos (1992 apud HERCULANI et al., 2017, p. 84), que comenta ser uma função da simulação "analisar resultados colocados em situações reais, aumentado a visão para avaliar as estratégias e ações do sistemas".

No Input Analyser, ao registrar os dados de entrada em um bloco de notas e os inserir no programa, ocorre a criação de um gráfico do tipo histograma. Após esse processo, deve-se buscar a opção de "ajustar todas" para que o *software* busque, através de dois teste de hipóteses (sendo o primeiro chamados de teste qui-quadrado e o segundo de teste Kolmogorov-Smirnov), a curva de probabilidade que representa melhor aquela distribuição estatística e quais seus parâmetros que serão inseridos para se programar um dos módulos do Arena. (PRADO, 2014) As distribuições estatísticas contempladas no Input Analyser, sua abreviatura, parâmetros e melhor aplicação estão no quadro 1.

Quadro 1 – Pequeno resumo sobre as distribuições de frequência do Input Analyser

Distribuição	Abreviatura	Parâmetros	Melhor Aplicação
Poisson	POIS	Média	Chegada
Exponencial	EXPO	Média	Chegada
Triangular	TRIA	Min/ Média/Max	Atendimento
Uniforme	UNIF	Min/ Média/Max	Atendimento
Normal	NORM	Média/Desvio	Atendimento
Johnson	JOHN	G, D, L, X	Atendimento
Log Neperiano	LOGN	Média Logrtm.	Atendimento
Weibull	WEIB	Beta, Alfa	Atendimento
Discreta	DISC	P1, V1, ...	Cheg/Atendim
Contínua	CONT	P1, V1, ...	Cheg/Atendim
Erlang	ERLA	Média / K	Atendimento
Gamma	GAMM	Beta, Alfa	Atendimento

Fonte: Araújo (2006)

Nota-se na imagem 1 a parte inferior do painel do Input Analyser, realçado em amarelo, com a expressão: 14 + LOGN(6.01, 2.29), ou seja, um Logaritmo Neperiano.

Imagem 1. Exemplo de saída de dados do Input Analyser

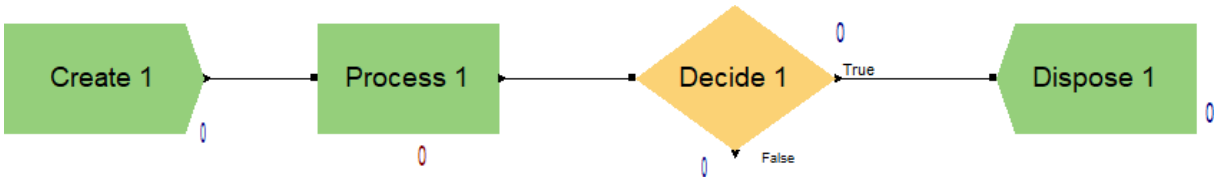
```
        Distribution Summary

Distribution:   Lognormal
Expression:     14 + LOGN(6.01, 2.29)
Square Error:   0.001818

Chi Square Test
  Number of intervals   = 30
  Degrees of freedom    = 27
  Test Statistic        = 322
  Corresponding p-value < 0.005

Kolmogorov-Smirnov Test
  Test Statistic        = 0.0478
  Corresponding p-value < 0.01
```

Fonte: Araújo (2006)

Os módulos do Arena estão localizados nos chamados de *templates* e são conjuntos de elementos que ajudam a desenhar os processos por meio de fluxogramas que simulam os cenários desejados. (PARAGON, 2005)

Conforme se observa na imagem 2, há um exemplo de quatro dos módulos principais do Arena que foram utilizados nesse artigo.

Imagem 1. Exemplo de módulos do ARENA



Fonte: Elaborado pelo autor

O exemplo da imagem 1 pode ser visto como um fluxograma do Arena, onde o fluxograma se inicia com módulo '*Create*' que indica a chegada das entidades (como exemplos de entidades, tem-se clientes, peças, lote do sistema etc.). (AOKI, 2018)

Ao entrar no sistema, "a entidade deve ser atendida (utilizando um equipamento, atendido por uma pessoa" ou "processado por uma máquina), e os dados são inseridos no módulo '*Process*'", traduzido como módulo de processamento. (AOKI, 2018, p. 38)

O módulo '*Decide*' permite modelar no processo a tomada de decisões que podem ser do tipo binária (como uma resposta que ou é verdadeira ou falsa), ou do tipo múltipla. A escolha pode ser feita através de probabilidades (por exemplo, existe 60% de chance de o cliente ir para o caixa A e 40% de ele ir para o caixa B), de atributos (como peças do tipo A seguem para uma máquina e as do tipo B, para outra diferente) de expressões (como a avaliação de que se

o tamanho da fila do caixa A for maior que dois, então a entidade cliente segue para o caixa B), ou de variáveis do processo. (ARAÚJO, 2006)

"E finalmente, uma vez finalizado o atendimento, a entidade sai do sistema através do módulo '*Dispose*'". (AOKI, 2018, p. 38)

Alguns relatórios podem ser gerados ao se finalizar a simulação para as análises dos resultados. Segundo Prado (2014), os relatórios principais são os de filas ou '*Queues*' e os de recursos ou '*Resources*'. Nos relatórios de filas se pode ver o tempo de fila para cada recurso criado nos módulos de processos e nos relatórios de recursos, pode-se ver a utilização de cada recursos durante o tempo total de simulação.

Materiais e métodos

Além dos métodos de pesquisa descritos no primeiro capítulo, como se pode ver na imagem 3, oito passos foram fundamentais para se formular a pesquisa, os quais, em resumo, consistem na formulação do problema através do estudo de caso de um supermercado, como material de pesquisa, onde se foi identificado seus processos, construído um modelo de simulação, validado, testado e analisado a fim de se chegar nos resultados do estudo os quais focaram em propor soluções para melhorar o estabelecimento comercial.

Imagem 3. Fluxograma das atividades adotadas

Fonte: Felipe (2017, p. 33)

Esse supermercado é de médio porte, está localizado na cidade de Bebedouro/SP, porém seu nome não será divulgado devido a questão da confidencialidade, conforme foi solicitado pelos seus dirigentes. A empresa conta com um quadro de quinze funcionários e setores

como gestão de estoques, caixas, padaria, açougue, mercearia, utilidades domésticas e hortifruti, e possui 12 horas de funcionamento diários, atendendo de segunda-feira à sábado todas as semanas, fora os feriados.

Para o desenvolvimento da simulação foram analisados os processos de estoque, desde a chega dos produtos até sua reposição nas gôndolas, conforme já explicados no capítulo 1. Foram coletados, através do método de cronometragem, trinta tempos na unidade de minutos, em um período de três vezes por semana durante dois meses e duas semanas, levando em consideração o horário total para finalizar todas as operações.

Devido ao fato de o supermercado possuir uma ampla variedade de produtos, apenas três produtos foram selecionados para se realizar as medições de tempos, ou seja, as cronometragens foram baseadas na quantidade de tempos que os funcionários levam para realizar as atividades de estoque, com os lotes de refrigerantes, arroz e detergentes. Nesses setores há quatro funcionários que ficam responsáveis por conferir os produtos, descarregá-los, cadastrá-los no sistema, realizar a armazenagem no estoque, e a reposição nas gôndolas. Os tempos coletados estão apresentados conforme o quadro 2.

Quadro 2. Tempos coletados de cada atividade de estoque

Chegada de Caminhões de 5 a 10 min.	Conferência de Produtos de 2 a 5 min.	Descarregamento de 2 a 3 min.	Cadastro de 5 a 8 min.	Reposição de 3 a 5 min.	Armazenagem de 4 a 7 min.
9,2	2,6	2,5	5,1	4	4,3
7,3	4,9	3	5,2	3	5
8,2	2,2	2	5,2	3	6
7,4	2,3	2	6	3	4
7,9	5	2	6,2	4,5	5
5	5	2	5	4,7	6
10	4,1	3	5	5	6,9
7,3	3,2	2	7	3,6	7
5	5,3	2	7,8	5	6
5,5	4,5	3	5,2	3,4	5
6,8	2,4	3	7,5	3	5,8
8,3	3,2	2,5	5,6	4	7
5	5	3	8	4,5	6,8
10	3	3	7	4,2	7
8	4,3	2	6,1	3,1	6
7,5	2,1	2	7,8	3,9	4
9,7	3,3	2	6,1	5	4

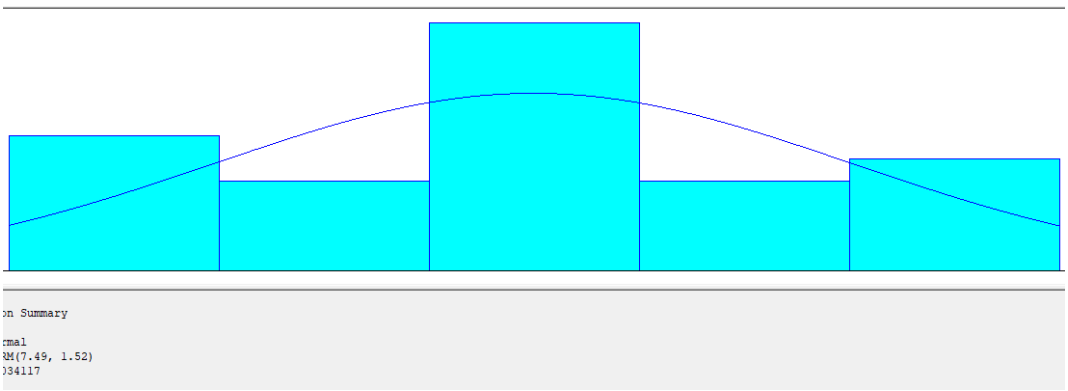
Chegada de Caminhões de 5 a 10 min.	Conferência de Produtos de 2 a 5 min.	Descarregamento de 2 a 3 min.	Cadastro de 5 a 8 min.	Reposição de 3 a 5 min.	Armazenagem de 4 a 7 min.
9,9	3,9	2	7,1	4,4	6,5
8	3,5	2,9	5	4	4,9
5,1	4,6	2	7	4,8	7
9	2,2	3	5,3	3,8	6
7,8	5	2,1	7,1	3,8	5,7
6	4	3	6,2	4,2	5
7,8	3,9	2	6	5	4,2
5	4,2	3	5,4	3,5	6
5,9	3,1	3	8	5	6,2
5,4	2,6	3	7,1	5	6
8,8	2,8	2	5,2	3	7
8	4,3	3	5,9	4	5
6	4,7	3	7	5	5,7

Fonte: Elaborado pelo autor

Em relação as análises dos tempos de cada operação, utilizou a ferramenta Input Analyser que integra o conjunto de ferramentas do *software* Arena, onde se calculou as expressões estatísticas necessárias à sua programação através dos dados do quadro 2 inseridos separadamente e por operação. Para cada atividade de estoque, notou-se que foram geradas expressões diferentes.

A operação de chegada de caminhões ocorre quando os fornecedores chegam até ao supermercado, havendo uma variação entre 5 a 10 minutos em relação ao horário agendado. De acordo com os 30 tempos cronometrados, a expressão estatística gerada foi: NORM(7.49, 1.52) conforme apresenta a imagem 4 e realçado em amarelo abaixo do gráfico.

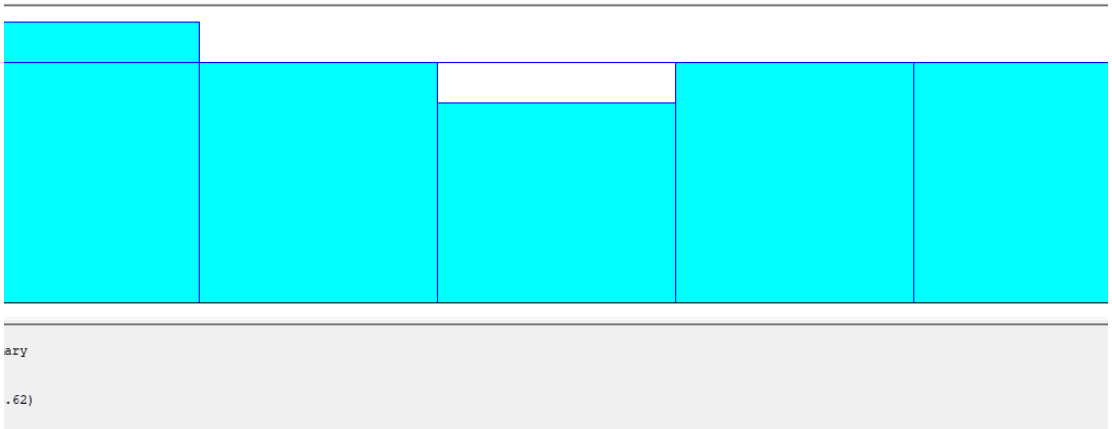
Imagem 4. Tempos de Chegada de caminhões



Fonte: Elaborado pelo autor

Logo após a chegada dos caminhões, um funcionário confere todos os produtos para verificar se está de acordo com o pedido realizado e se não existe algum produto que apresenta irregularidades. Esse processo leva em média de 2 a 5 minutos e cerca de 12% dos produtos apresentam defeitos e são mandados de volta ao fornecedor. De acordo com os 30 tempos cronometrados, a expressão estatística gerada foi: UNIF(2, 5.62) conforme apresenta a imagem 5 e realçado em amarelo abaixo do gráfico.

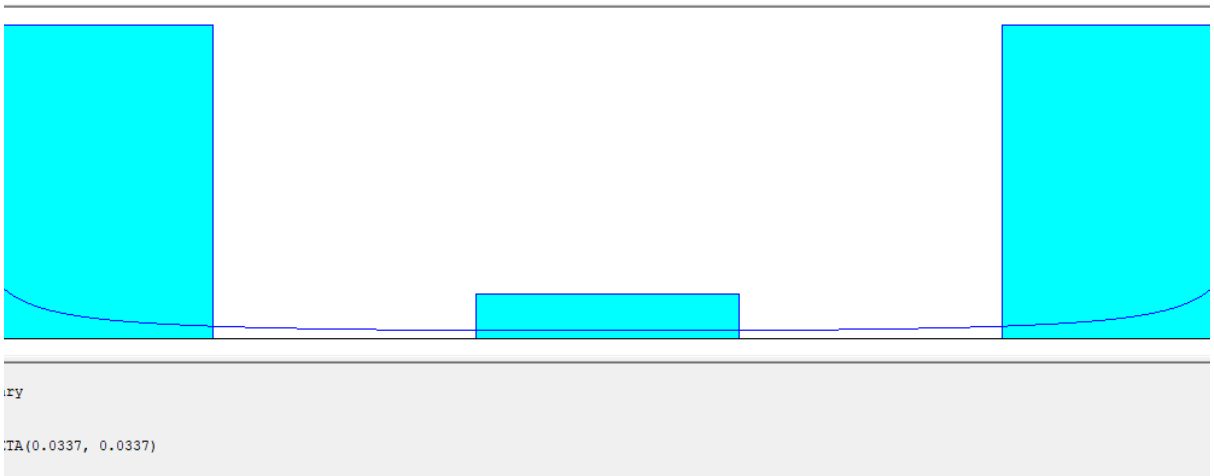
Imagem 5. Tempos de Conferência de lote/produto



Fonte: Elaborado pelo autor

Após a conferência de produtos, inicia-se o descarregamento para a área de estoque, atividade essa realizada por um funcionário que leva em média 2 a 3 minutos para finalizá-la. De acordo com os 30 tempos cronometrados, a expressão estatística gerada foi: 2 + 1 * BETA(0.0337, 0.0337) conforme apresenta a imagem 6 e realçado em amarelo abaixo do gráfico.

Imagem 6. Tempos de Descarregamento

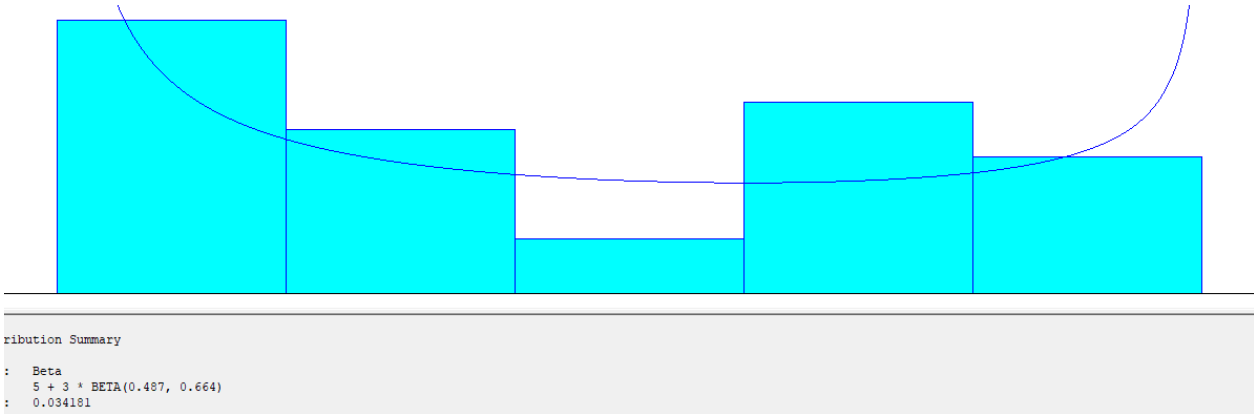


Fonte: Elaborado pelo autor

Posterior ao descarregamento dos produtos no estoque, eles são cadastrados no sistema do supermercado por duas funcionárias, que em média realizam essa atividade nos tempos en-

tre 5 a 8 minutos. A expressão estatística gerada de acordo com os tempos levantados foi: 5 + 3 * BETA(0.487, 0.664) conforme apresenta a imagem 7 e realçado em amarelo abaixo do gráfico.

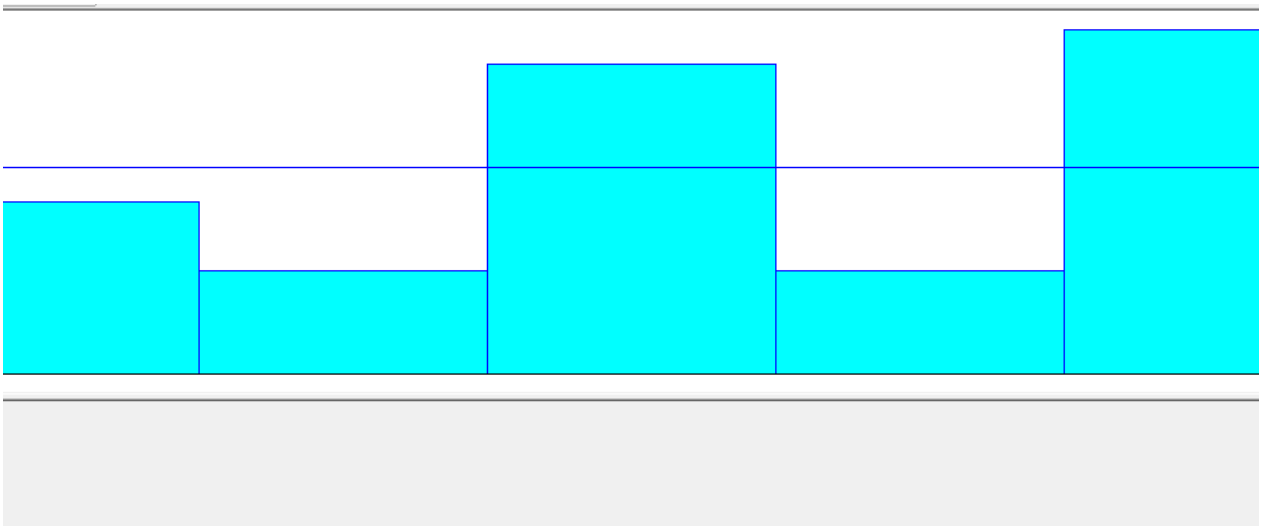
Imagem 7. Tempos de Cadastro



Fonte: Elaborado pelo autor

Em seguida, outro funcionário realiza a reposição de produtos nas gôndolas do supermercado, que representa 45% dos produtos que chegam no dia. Essa atividade leva em média de 3 a 5 min para ser realizada. A expressão estatística gerada de acordo com os tempos levantados foi: UNIF(3, 5) conforme apresenta a imagem 8 e realçado em amarelo abaixo do gráfico.

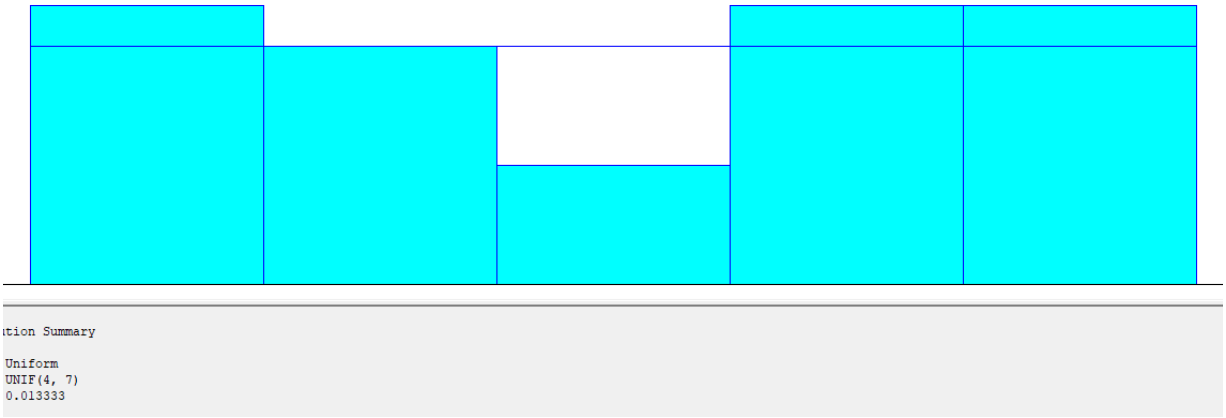
Imagem 8. Tempos de Reposição



Fonte: Elaborado pelos autores.

Após repor as gôndolas, um funcionário armazena o restante dos produtos no estoque segundo seu departamento, tendo uma duração de tempo de 4 a 7 minutos. A expressão gerada de acordo com os tempos levantados foi: UNIF(4, 7) conforme apresenta a imagem 9 e realçado em amarelo abaixo do gráfico.

Imagem 9. Tempos de Armazenagem

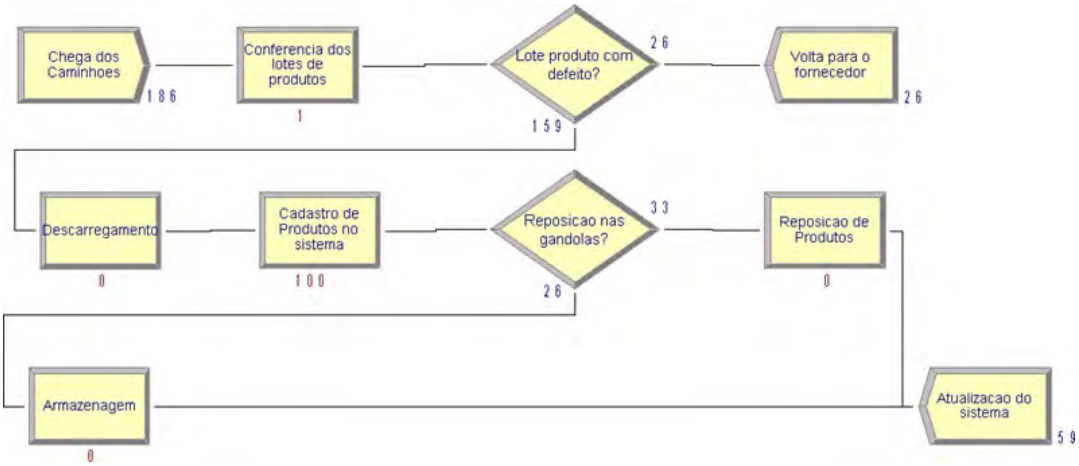


Fonte: Elaborado pelo autor

Resultados

Através da simulação realizada no *software* Arena, em um período de 12 horas de funcionamento do estabelecimento comercial, obteve-se o seguinte fluxograma da imagem 10.

Imagem 10. Fluxograma da simulação realizada



Fonte: Elaborado pelo autor

A imagem 10 apresenta a simulação das atividades de estoque do supermercado. Pode-se observar a chegada de 186 caminhões no supermercado, passando pela conferência de produtos, e um total de 14% indo de volta ao fornecedor e o restante sendo direcionado para o processo de descarregamento, que após a finalização do mesmo vai para o processo de cadastro, onde ocorre o maior número de filas, pois os produtos ficam muito tempo parados para serem cadastrados. Porém, notou-se uma fila significativa (de pelo menos 100 itens) no processo de Cadastro de produtos no sistema que possui apenas um funcionário atualmente.

As imagens 11 e 12 apresentam os relatórios da quantidade de filas em cada atividade e a utilização dos funcionários.

Imagem 11. Relatório de Filas - Queues

11:50:07 **Queues** junho 3, 2019

Unnamed Project Replications: 1

Replication 1 Start Time: 0,00 Stop Time: 1.350,00 Time Units: Minutes

Queue Detail Summary

Time

	Waiting Time
Armazenagem.Queue	0.57
Cadastro de Produtos no sistema.Queue	425.14
Conferencia dos lotes de produtos.Queue	0.38
Descarregamento.Queue	0.36
Reposicao de produtos.Queue	1.09

Other

	Number Waiting
Armazenagem.Queue	0.01
Cadastro de Produtos no sistema.Queue	50.72
Conferencia dos lotes de produtos.Queue	0.05
Descarregamento.Queue	0.04
Reposicao de produtos.Queue	0.03

Fonte: Elaborado pelo autor

Imagem 12. Relatório de Recursos - Resources

:49:51 **Resources** junho 3, 20

nnamed Project Replications: 1

Replication 1 Start Time: 0,00 Stop Time: 1.350,00 Time Units: Minutes

Resource Detail Summary

Usage

	Inst Util	Num Busy	Num Sched	Num Seized	Sched Util
Funcionario 1	0,63	0,63	1,00	219,00	0,63
Funcionario 2	0,40	0,40	1,00	185,00	0,40
Funcionario 3	1,00	1,00	1,00	60,00	1,00
Funcionario 4	1,00	1,00	1,00	60,00	1,00

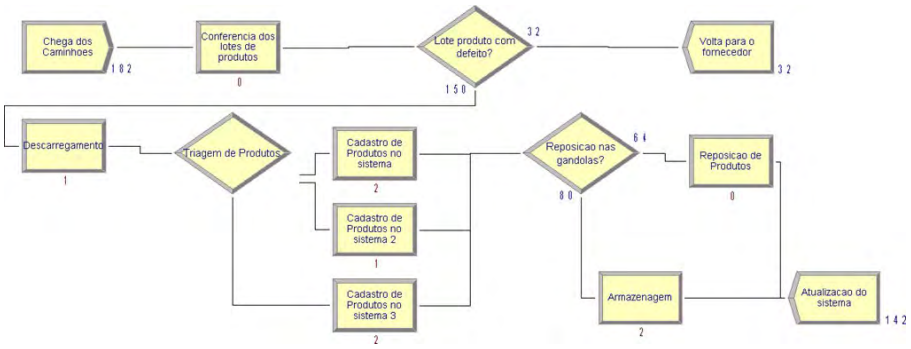
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que no processo atual de Cadastro de produtos, o tempo de fila é de 425.14 minutos (aproximadamente 7 horas, conforme a linha de Cadastro de produtos no sistema, da coluna "*Time*" da imagem 11), gerando um alto índice de gargalo, ocasionando a parada de 50.72 unidades (conforme a linha de Cadastro de produtos no sistema, da coluna "*Other*" da imagem 11). Nessas atividades de cadastro, os funcionários 3 e 4 são utilizados 100% (ou apenas 1, conforme a coluna Inst Util da imagem 12), enquanto que nas atividadesde conferência e reposição de produtos, o funcionário 1 é utilizado 63% (ou apenas 0,63), e o funcionário 2 , que está presente nas etapas de descarregamento, e armazenagem é utilizado 40% (ou apenas 0,4).

Através dessas análises realizadas, entende-se que o maior problema se encontra na atividadede cadastro de produtos gerando filas, e utilizando muito de seus funcionários. Devido a essa situação, foi proposto uma mudança no processo, com a finalidade de eliminar o gargalo existente na atividade de cadastro de produtos.

Decidiu-se sugerir melhorias no modelo de simulação da imagem 10, adicionando mais dois ajudantes de cadastro de produtos (funcionários 5 e 6), onde após os produtos serem descarregados, passam por uma triagem e são distribuídos para cada setor. Com o intuito de diminuiras filas, para deixar todo o processo mais produtivo.

Imagem 13. Simulação realizada com melhoria



Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme se vê na imagem 13, as filas existentes na atividade de Cadastro de produtos apresentadas na primeira simulação, foram minimizadas consideravelmente, de 100 itens com um funcionário para apenas 5 ítens com os dois funcionários a mais sugeridos, facilitando a operação em todas suas etapas.

Nas imagens 14 e 15, pode se observar os novos relatórios da quantidade de filas e de utilização de recursos.

Imagem 14. Relatório de Filas com as melhorias - Queues

Unnamed Project Replications: 1

Replication 1 Start Time: 0,00 Stop Time: 1.350,00 Time Units: Minutes

Queue Detail Summary

Time

	Waiting Time
Armazenagem.Queue	1.53
Cadastro de Produtos no sistema 2.Queue	21.23
Cadastro de Produtos no sistema 3.Queue	26.29
Cadastro de Produtos no sistema.Queue	12.36
Conferencia dos lotes de produtos.Queue	0.72
Descarregamento.Queue	1.26
Reposicao de produtos.Queue	1.59

Other

	Number Waiting
Armazenagem.Queue	0.09
Cadastro de Produtos no sistema 2.Queue	0.75
Cadastro de Produtos no sistema 3.Queue	1.13
Cadastro de Produtos no sistema.Queue	0.39
Conferencia dos lotes de produtos.Queue	0.10
Descarregamento.Queue	0.14
Reposicao de produtos.Queue	0.08

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando a imagem 14, é possível identificar que o tempo de espera no setor de cadastro foi distribuído entre os três funcionários de Cadastro de produtos, minimizando a quantidade de itens parados na operação. E por consequência deixando as atividades mais rápidas sem utilizar muito da capacidade de seus funcionários (imagem 15).

Imagem 15. Relatório de Recursos com as melhorias - Resources

Resources

Unnamed Project — Replications: 1

Replication 1 — Start Time: 0,00 — Stop Time: 1.350,00 — Time Units: Minutes

Resource Detail Summary

Usage

	Inst Util	Num Busy	Num Sched	Num Seized	Sched Util
Funcionario 1	0,70	0,70	1,00	246,00	0,70
Funcionario 2	0,59	0,59	1,00	228,00	0,59
Funcionario 3	0,67	0,67	1,00	41,00	0,67
Funcionario 4	0,67	0,67	1,00	41,00	0,67
Funcionario 5	0,76	0,76	1,00	48,00	0,76
Funcionario 6	0,76	0,76	1,00	48,00	0,76

Fonte: Elaborado pelo autor

Conclusão

Realizando o estudo com a abordagem da simulação computacional, como método de PO, pode-se observar um problemas existente na operação de estoque do supermercado, situado no setor de Cadastro de produtos, o qual possuia apenas um funcionário que acumulava um gargalo de mais de 7 horas de trabalho. A melhoria proposta foi aumentar mais dois funcionários nesse setor, o que resultou na minimização do gargalo e no aumento da eficiência do processo como um todo.

No entanto, mesmo com os aumentos dos funcionários ainda é possível se identificar filas na operação, mas elas não afetarão negativamente o processo, fazendo com queo setor fique sobrecarregado como está atualmente. Por isso, sugere-se que se implante o modelo de melhoria de simulação nesse setor para otimizar suas operações.

Outra sugestão é que o estabelecimento comercial realize mais análises de PO em outros setores considerados relevantes, como no atendimento aos clientes no período de compras no supermercado, tanto durante a realização do processo de compras, quanto durante a operação final nos caixas, para se levantar outros possíveis problemas que também poderão ser otimizados com o uso de ferramentas matemáticas computacionais.

Referências bibliográficas

AOKI, R. M. **Pesquisa Operacional:** Simulação. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2018.

ARAÚJO, L. C. **Manual do Arena 9**. 3ª ed. Santa Catarina: UFSC, 2006. Disponível em: < http://mz.pro.br/simulacao/32-APOSTILA_ARENA_9.pdf>. Acesso em: 07 maio 2021.

ERLANG. **O que é Simulação de processos/sistemas?** Disponível em:

<http://www.erlang.com.br/simulacao.asp>. Acesso em: 26 mai. 2017.

FELIPE, P. O. **A aplicação de pesquisa operacional na identificação de gargalos no ciclo de descarregamento de madeira: estudo de caso em uma empresa fabricante de celulose**. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção (TCC). Governador Valadares: IFMG, 2017. Disponível em: <http://repositorio.gv.ifmg.edu.br:8080/bitstream/123456789/126/1/tcc_aplicacao_pesquisa_operacional.pdf>. Acesso em: 03 maio 2021.

FUCS, J. **24 mudanças trazidas pelo coronavírus que devem sobreviver a pandemia.** Por Estadão, 19/10/2020. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/infograficos/economia, 24-mudancas-trazidas-pelo-coronavirus-que-devem-sobreviver-a-pandemia,1122998>. Acesso em: 11 jul. 2021.

HERCULANI, R.; ZUCENTE, R. P. **A utilização do software arena na otimização de processos de descarga de mercadorias.** Revista Interface Tecnológica. DOI: 10.31510/infa.v16i2. FATEC: Taquaritinga, 2019. Disponível em: <https://revista.fatectq. edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/643>. Acesso em: 13 maio 2021.

HERCULANI, R.; DIONÍZIO, P.T. **Simulação do software Arena para o abastecimento de refrigerantes em uma rede de supermercados no município de Bebedouro (SP).** Revista Interface Tecnológica. DOI: 10.31510/infa.v16i2. FATEC: Taquaritinga, 2019. Disponível em: < https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/634>. Acesso em: 13 maio 2021.

HERCULANI, R. et al.. **Simulação em Arena de uma fábrica de cigarros de palha.** Revista Produção em Destaque. UNIFAFIBE: Bebedouro, 2017. Disponível em: < https://www.unifafibe.com.br/revistasonline/arquivos/revistaproducaoemdestaque/sumario/53

/22052019163025.pdf>. Acesso em: 07 maio 2021.

MIYATA, H. H. et al.. **Previsão de Demanda por Simulação de Monte Carlo em uma Empresa Especializada em Produtos Odontológicos.** FECILCAM: Campo Mourão – PR, 2010. Disponível em: <http://www.fecilcam.br/anais/iv_eepa/data/uploads/3-pesquisa- operacional/3-01-com-autores.pdf >. Acesso em: 28 maio 2021.

PARAGON. **Introdução à simulação**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Porto Alegre: ENGENEP, 2005.

PARAGON. **ARENA**. Disponível em: <https://www.paragon.com.br/en/softwares-en/arena- en/>. Acesso em: 05 maio 2021.

PRADO, D. S. **Usando o Arena em simulação**. 5. ed. Belo Horizonte: Falconi, 2014.