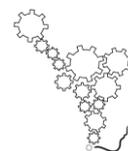




www.relainep.ufpr.br



DISCRETE EVENT SIMULATION: CASE STUDY OF A CAR WASH

SIMULAÇÃO DE EVENTO DISCRETO: ESTUDO DE CASO DE UM LAVA A JATO

Elizângela Quintão¹, Sionara Coelho¹, José P. da S. Neto¹, Patrícia L. C. Silva¹, Bruna A. Rezende^{✉2}

¹ Faculdade Adjetivo-CETEP, Mariana, Minas Gerais/MG, Brasil

² Instituto Federal de Minas Gerais, Bambuí, Minas Gerais/MG, Brasil

✉ bruna.rezende@ifmg.edu.br

Recebido: 03 setembro 2021 / Aceito: 13 outubro 2021 / Publicado: 15 dezembro 2021

ABSTRACT. Companies are increasingly looking for ways to make decisions about the production process or service to be provided, in order to better serve their customers. Given this scenario, simulation has become a very useful tool. The aim of the present study was to demonstrate the applicability of the discrete event simulation technique (DES) in a car wash, guided by a case study carried out at the Small Automotive Center, located in Antônio Pereira, Ouro Preto/Minas Gerais (MG). A survey of material and human resources was carried out to verify the system's bottlenecks, thus proving the importance of the DES technique in service provision ventures. From the information provided by the owners and timing of arrival and service times, it was possible to simulate the washing and/or finishing process in light vehicles, cargo vehicles and equipment through the Arena software. The results of the real scenario showed that the retention of resources used for washing is 91.70%, causing queue congestion and increased waiting time. In the simulated scenario, the utilization rate reduced to 83.12%, which contributed to minimizing the queue size and waiting time.

Keywords: Car wash, simulation, Arena software, queue theory.

RESUMO. Cada vez mais as empresas procuram formas para tomadas de decisões a respeito do processo produtivo ou serviço a ser prestado, de forma a melhor atender os seus clientes. Diante deste cenário, a simulação tem se tornado uma ferramenta bastante útil. O objetivo do presente estudo foi demonstrar a aplicabilidade da técnica simulação de eventos discretos (SED) em um lava a jato, norteador por um estudo de caso realizado no Centro Automotivo de pequeno porte, localizado em Antônio Pereira, Ouro Preto/Minas Gerais (MG). Foi realizado o levantamento dos recursos materiais e humanos para verificar quais são os gargalos do sistema, comprovando assim, a importância da técnica SED em empreendimentos de prestação de serviços. A partir das informações disponibilizadas pelos proprietários e cronometragem dos tempos de chegada e atendimento, foi possível realizar a simulação do processo de lavagem e/ou acabamento nos veículos leves, veículos de carga e equipamentos por meio do *software* Arena. Os resultados do cenário real evidenciaram que a retenção dos recursos utilizados para lavagem é de 91,70% ocasionando congestionamento na fila e aumento do tempo de espera. No cenário simulado, a taxa de utilização reduziu para 83,12%, o que contribuiu para a minimização do tamanho da fila e o tempo de espera.

Palavras-chave: Lava a jato, simulação, *software* Arena, teoria de filas.



www.relainep.ufpr.br



1 INTRODUÇÃO

1.1 SIMULAÇÃO

Segundo Prado (2014), com o advento do computador em 1950, a modelagem de fila pôde ser substituída pela Simulação, dispensando o uso de fórmulas matemáticas para tentar imitar o funcionamento do sistema real. As linguagens de programação surgiram em 1960 e posteriormente foram facilmente utilizadas em microcomputadores. Na década de 80, a técnica de Simulação visual teve adesão extraordinária, fato este que se deve também à sua capacidade de comunicação. Essa técnica teve o nível de complexidade minimizado, resultando em um crescimento exponencial. Algumas linguagens são mundialmente populares tais como: *Arena*, *Promodel*, *Automod*, *Taylor*, *Gpss*, *Gasp*, *Simscrip*, *Siman* e outros.

Simulação é a técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital (PRADO, 2014). A Simulação fica em evidência quando comparada às demais técnicas da Pesquisa Operacional (PO), sendo a mais utilizada entre elas (HILLIER; LIEBERMAN, 2013). Além de ser uma ferramenta flexível, poderosa e intuitiva, ela está sendo difundida rapidamente.

De acordo com Hillier e Lieberman (2013), a utilização de um computador possibilita o uso de Simulação para representar com semelhança um processo na íntegra ou sistema. Ela é utilizada, por exemplo, para simular a análise de riscos em processos financeiros, processando repetidamente a evolução das transações para retornar um perfil de prováveis resultados. Ela também é viável para analisar sistemas estocásticos (aleatórios, probabilísticos) que continuarão a operar indefinitivamente.

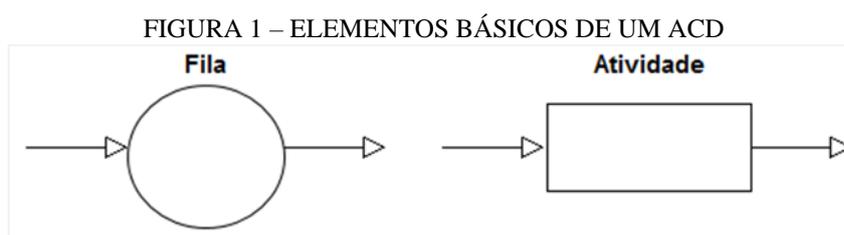
Segundo Tardivo *et al.* (2017) a simulação de eventos discretos (SED) pode ser aplicada em diversas disciplinas do conhecimento. Esta metodologia é proveniente da Teoria das Filas, seja ela uma fila de documentos até uma linha de produção em que são inseridas informações sobre cada processo que a compõe. Normalmente, estes sistemas possuem algumas características, mas não se limitam a: tempo, postos de trabalhos, quantidade de recursos,



quantidade de funcionários. Baseado na coleta de dados é realizada uma Simulação em um *software* nos quais obtém-se os resultados, podendo observar de forma clara os gargalos e as melhorias a serem aplicadas.

Ainda segundo o autor, a maioria dos programas de Simulação disponíveis para realização destes estudos são versões básicas gratuitas com finalidade acadêmica. Contudo, para se realizar a Simulação de sistemas mais complexos as versões disponíveis não suprem as necessidades. Para se obter a versão com melhor capacidade de operações é necessário haver um investimento monetário.

De acordo com Chwif e Medina (2015) a SED é aplicada para modelar sistemas que são versáteis em momentos discretos no tempo, a partir da ocorrência de eventos. A SED, como o próprio nome diz, é orientada por eventos, no qual o relógio de Simulação sempre indica o um instante em que um evento ocorre. O diagrama de ciclo de atividades (ACD) é uma forma de modelagem das interações entre os objetos pertencentes a um sistema. Esta técnica de modelagem conceitual contempla o princípio da parcimônia, ou seja, utiliza apenas dois símbolos que descrevem um ciclo de vida das entidades ou de objetos do sistema. Nesta técnica uma circunferência representa uma “fila” e um retângulo representa uma “atividade”, conforme Figura 1.



FONTE: Chwif e Medina (2015)

De acordo com Aoki (2018) um conjunto de termos é utilizado para definir e promover o entendimento sobre um sistema a ser modelado, sendo eles: variáveis de estado, entidade, atributos associados às entidades, recursos, processos (ou atividades), tempo simulado e eventos (Quadro 1):



www.relainep.ufpr.br



QUADRO 1 – TERMOS E DEFINIÇÕES USADOS EM UM SISTEMA

Componentes de um Modelo de Simulação	Variáveis de estado	Fornecem as informações do que está acontecendo no sistema em um determinado momento. Exemplo: quantidade de carros esperando em uma fila para pagar o pedágio em um determinado momento da Simulação.
	Entidade	Representa um objeto que precisa de uma definição clara e explícita. Exemplo: pessoas entrando e saindo de uma fila do caixa de supermercado são entidades dinâmicas. Os caixas do supermercado são as entidades estáticas.
	Atributos associados às entidades	Dependem do tipo de averiguação que está sendo realizada. O uso de atributos permite caracterizar e individualizar as entidades e também possibilita a obtenção de dados estatísticos importantes sob o comportamento do sistema em estudo.
	Recursos	São considerados entidades estáticas que fornecem serviços e são utilizados pelas entidades dinâmicas. Um recurso pode servir uma ou mais entidades dinâmicas ao mesmo tempo, operando como um servidor paralelo.
	Processos (ou atividades)	Satisfaz a um período de tempo predeterminado. A duração de um processo não necessariamente será uma constante. Pode depender de uma função matemática, um valor aleatório baseado em uma distribuição de probabilidade.
	Tempo simulado	Refere-se ao tempo real, e o tempo de Simulação é o tempo que se necessita para a execução total de uma Simulação.
	Eventos	São os fatos acontecidos, que podem ter sido programados ou não, e que quando acontecem provocam uma alteração no estado do sistema.

FONTE: Aoki (2018)

Devido ao fato de que os clientes vinham reclamando do tempo gasto para a lavagem dos veículos, bem como do tempo de espera na fila, buscou-se realizar um levantamento dos recursos materiais e humanos para verificar quais os gargalos do sistema, comprovando assim, a importância da técnica de simulação de eventos discretos em empreendimentos de prestação de serviços. Para a elaboração do estudo, coletou-se informações por meio dos proprietários e foi realizada a cronometragem dos tempos de chegada e atendimento. Para a verificação do atual sistema utilizou-se o software Arena.

2 MÉTODO

2.1 DEFINIÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA



www.relainep.ufpr.br



O processo selecionado para simulação foi o atendimento em um lava a jato de veículos leves, veículos de carga e equipamentos, tendo como objetivo avaliar a possibilidade de melhorias para redução de filas, tempo de espera com o redimensionamento de recursos.

O estudo de caso foi concretizado nas dependências de um lava a jato de um Centro Automotivo, localizado no distrito de Antônio Pereira, Ouro Preto/MG, no qual diariamente, exceto domingo, são lavados veículos leves, veículos de carga e equipamentos, gerando filas de espera. O lava a jato possui três valas equipadas com jatos de pressão e um box com aspirador de pó e demais recursos necessários para executar o acabamento. O efetivo possui 13 lavadores distribuídos em três turnos, conforme Quadro 2:

QUADRO 2 - ESCALA DE TRABALHO DO LAVA A JATO

HORÁRIO	EFETIVO	ESCALA	DIAS DA SEMANA
07:00h às 14:00h	6	Revezamento	2ª feira a sábado
14:00h às 21:00h	6	Revezamento	2ª feira a 6ª feira
07:00h às 17:00h	1	Administrativo	2ª feira a 6ª feira

FONTE: Autores (2020)

Segundo os proprietários do lava a jato a sujeira oriunda da mineração no interior e exterior dos veículos, são mais difíceis de remover, em comparação aos veículos que não acessam áreas das mineradoras. Por isso o tempo necessário, para lavagem da maioria dos veículos, está no intervalo entre 1h30min a 2h. Por este motivo os veículos leves que possuem horário agendado têm tolerância de 20 minutos de atraso e chegam no máximo até 20:00h. Esporadicamente ficam 3 carros para fazer o acabamento no dia seguinte.

O contrato com a mineradora local, referente à maior demanda frequente do lava a jato prevê penalidade, caso o atendimento entre a chegada e a entrega dos veículos agendados seja superior a 2 (duas) horas. É relevante ressaltar que o lava a jato foi dimensionado para atender 30 veículos leves por dia. Porém, atualmente com a alta demanda para lavar veículos de carga, teve como consequência o aumento das filas e o tempo de espera, pois, estes necessitam do dobro de esforço em horas para limpeza do seu interior e exterior atrasando o atendimento dos veículos da mineradora que chegam no horário.



Diante do disposto, o problema a ser sanado no estudo, é redução da taxa de retenção dos recursos utilizados para lavagem de veículos (trabalhadores) para garantir a liberação dos veículos da mineradora em tempo hábil evitando multas contratuais ou retrabalho para rastrear os veículos que não cumpriram o horário agendado. Atualmente o lavador conta com 3 equipes para a execução da lavagem de veículos leves e veículos de carga e uma equipe para acabamento.

Assim, a capacidade de atendimento passou a ser de 25 veículos leves e 3 veículos de carga, com um acréscimo de uma hora na jornada de trabalho, ou seja, de 14:00h às 22:00h, acarretando um custo total de horas extras estimado em R\$ 1.763,18, por mês, conforme Tabela 1.

TABELA 1 – CÁLCULO HORA EXTRA MENSAL LAVA A JATO

INFORMAÇÃO	VALOR	OBSERVAÇÃO
Teto salarial Ajudante de Polidor de Veículos	R\$ 1.724,00	Site Salário (2019). ¹
Jornada	220	-
Salário por hora	R\$ 7,84	Salário/220.
Cálculo de hora extra 50%	R\$ 11,75	Salário por hora x 1,5. ²
Hora Extra 6 empregados	R\$ 70,53	Valor pago para 6 lavadores no mês.
Custo hora extra no mês	R\$ 1.763,18	Hora extra dos 6 empregados/h x 25 dias.

FONTE: Autores (2020)

Os administradores também relataram que na presente data está ocorrendo alto índice de *turnover*.

3 RESULTADOS

Nessa seção serão detalhadas as etapas de construção, solução e validação do modelo.

¹ Remuneração CBO 5199-35, Ajudante de Polidor de Veículos - Salário 2019 - Ouro Preto/MG, para uma jornada de trabalho de 44 horas semanais. Site Salário (2019).

² LEI Nº 13.467, DE 13 DE JULHO DE 2017: § 1º A remuneração da hora extra será, pelo menos, 50% superior à da hora normal.



3.1 CONSTRUÇÃO DO MODELO

Os dados da pesquisa foram observados e registrados entre os meses de setembro e outubro de 2019. O Gráfico 1 demonstra a quantidade de veículos atendidos por modelo nos dias de observação.

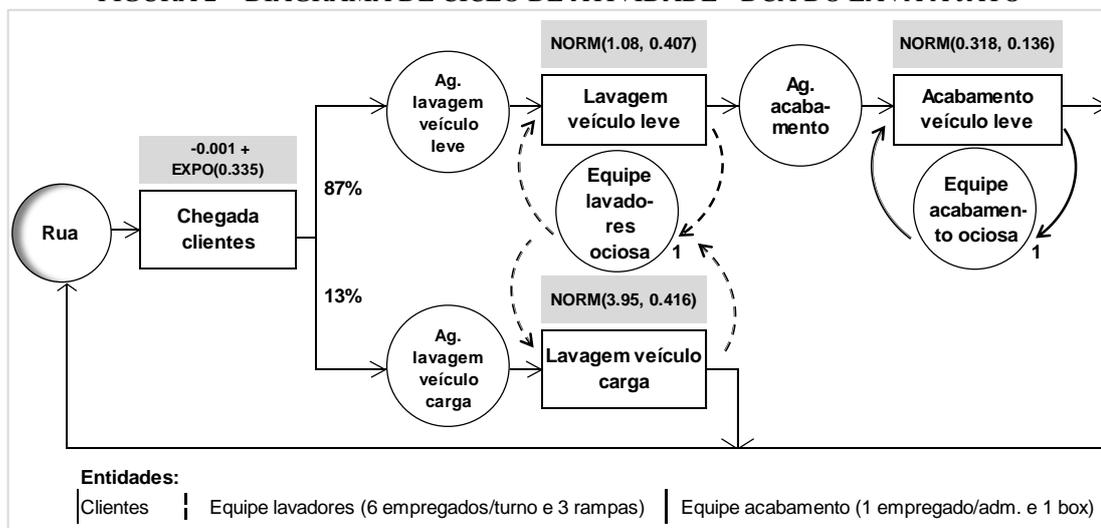
GRÁFICO 1 – ESTRATIFICAÇÃO QUANTITATIVA DOS DADOS DA PESQUISA



FONTE: Autores (2020)

Os dados comprovam que a maior demanda são os modelos Caminhão, *Pick up* e *Sport Utility Vehicle* - SUV, sendo estes veículos que atendem as áreas das empresas mineradoras e/ou suas contratadas. Na figura 2 é ilustrado o DCA que representa o sistema estudado.

FIGURA 2 – DIAGRAMA DE CICLO DE ATIVIDADE - DCA DO LAVA A JATO



FONTE: Autores (2019)



Na Tabela segue o detalhamento da distribuição, testes e histograma *Input Analyzer* inerentes ao intervalo de chegada dos veículos leves e veículos de carga no lava a jato.

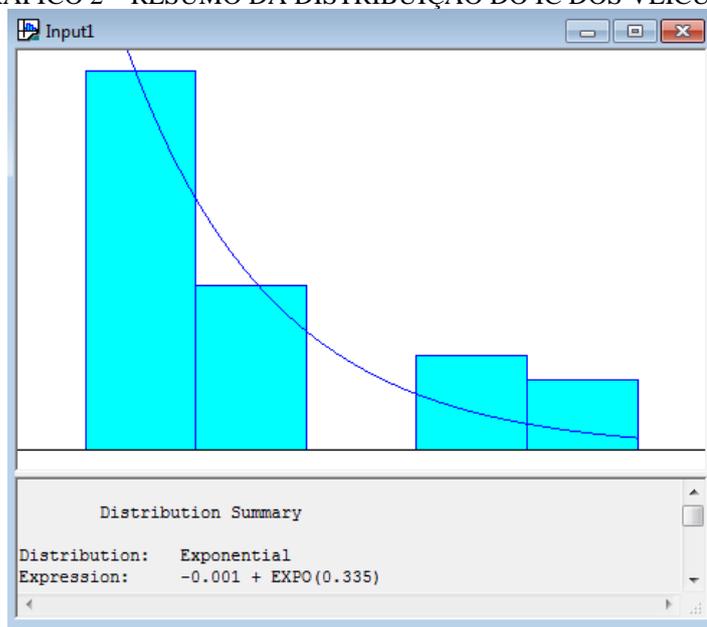
TABELA 2 – RESULTADO DO AJUSTE DE DADOS PROCESSADOS NO *INPUT ANALYSER*)
IC DOS VEÍCULO E CAMINHÕES NO LAVA A JATO

<i>Distribution Summary</i>	<i>Chi Square Test</i>	<i>Data Summary</i>	<i>Histogram Summary</i>
<i>Distribution:</i> <i>Exponential</i>	<i>Number of intervals = 3</i> <i>Degrees of freedom = 1</i> <i>Test Statistic = 0.48</i>	<i>Number of Data Points = 30</i> <i>Min Data Value = 0</i> <i>Max Data Value = 1.13</i>	<i>Histogram Range = -0.001 to 1.25</i> <i>Number of Intervals = 5</i>
<i>Expression: -0.001 + EXPO(0.335)</i>	<i>Corresponding p-value = 0.493</i>	<i>Sample Mean = 0.334</i>	
<i>Square Error: 0.025640</i>	<i>Kolmogorov-Smirnov Test</i>	<i>Sample Std Dev = 0.37</i>	
	<i>Test Statistic = 0.176</i> <i>Corresponding p-value > 0.15</i>		

FONTE: Autores (2020)

O Gráfico 2 evidencia o histograma do intervalo entre chegadas (IC) dos veículos leves e veículos de carga no lava a jato.

GRÁFICO 2 – RESUMO DA DISTRIBUIÇÃO DO IC DOS VEÍCULOS

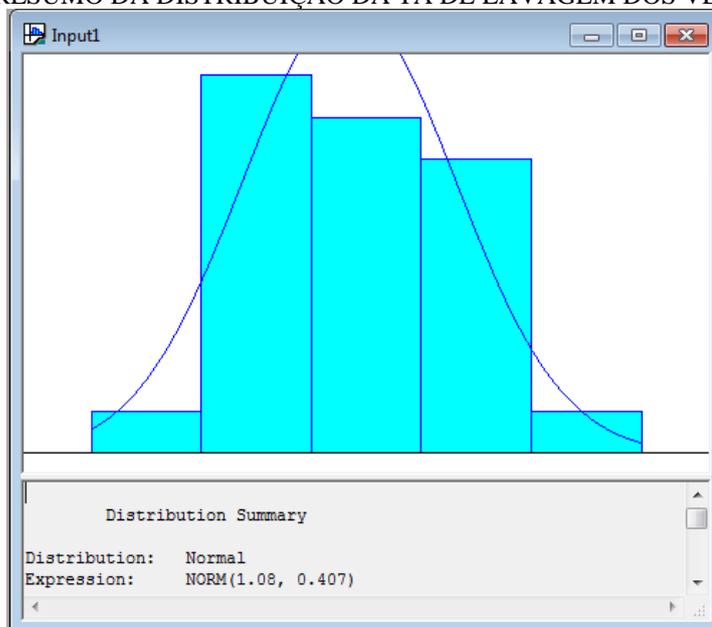


FONTE: Autores (2020)



O Gráfico 3 demonstra o histograma do tempo de atendimento (TA) de lavagem dos veículos no lava a jato.

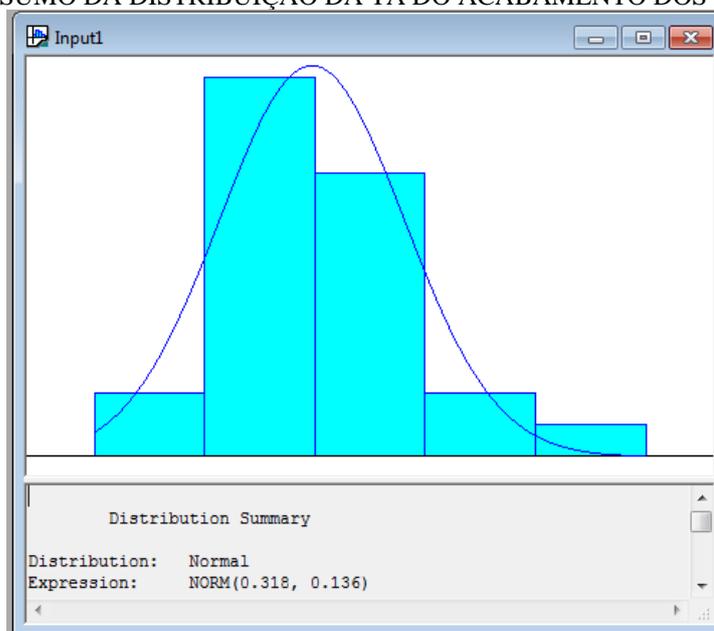
GRÁFICO 3 – RESUMO DA DISTRIBUIÇÃO DA TA DE LAVAGEM DOS VEÍCULOS LEVES



FONTE: Autores (2020)

No Gráfico 4 temos o histograma do TA do acabamento dos veículos no lava a jato.

GRÁFICO 4 – RESUMO DA DISTRIBUIÇÃO DA TA DO ACABAMENTO DOS VEÍCULOS LEVES

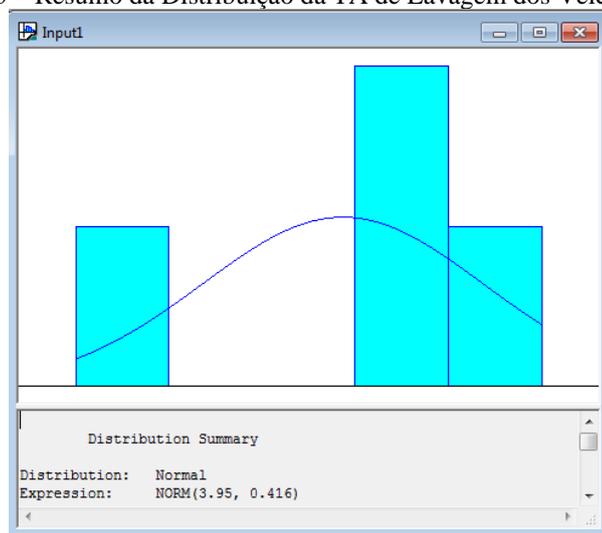


FONTE: Autores (2020)



No Gráfico 5 apresentamos o histograma do TA de lavagem dos caminhões no lava a jato.

GRÁFICO 5 – Resumo da Distribuição da TA de Lavagem dos Veículos de Carga



FONTE: Autores (2020)

Conforme evidenciado no DCA das 30 amostras coletadas, 87% representam o atendimento de veículos leves e os 13% restantes a lavagem de veículos de carga. É relevante ressaltar que os recursos utilizados para lavagem são compartilhados e os veículos de carga são isentos de acabamento. No lava a jato, os clientes chegam há um intervalo médio de $-0.001 + \text{EXPO}(0.335)$ horas segundo uma distribuição exponencial. Os clientes do lava a jato esperam em uma fila única, no estacionamento e são direcionados para uma das rampas organizados para atendimento de acordo com a ordem de chegada, caracterizando uma fila de tipo *First In, First Out* (FIFO), isto é, o primeiro a entrar é o primeiro a sair. Posteriormente, os veículos leves são direcionados para o box de acabamento. A lavagem e acabamento dos veículos leves possuem distribuição normal com média de 1,08 horas e desvio padrão 0,407 horas e média 0,318 horas e desvio padrão 0,136 horas, respectivamente. A lavagem de veículos de carga também segue uma distribuição normal com média 3,95 horas e desvio padrão 0,416 horas.

3.2 SOLUÇÃO DO MODELO



O modelo do sistema de atendimento do lava a jato foi desenvolvido Arena Acadêmico (*Student*), versão Arena 14.1 com a utilização dos Módulos de Fluxos Básicos: *Create*, *Process*, *Decide e Dispose*, conforme Figura 3.

FIGURA 3 – SIMULAÇÃO DO SISTEMA EM ANDAMENTO DO LAVA A JATO



FONTE: Autores (2020)

3.1 VALIDAÇÃO DO MODELO

Para validação do modelo foram testados dois cenários de simulação. No primeiro teste foram considerados um número de 52 replicações, com tamanho de 6 dias, durante 8 horas por dia. Gerando um relatório que não reflete a realidade, como por exemplo: chegada de 94,94 entidades e 27,41 saídas.

Na segunda observação foram considerados um número de 365 replicações, com tamanho de 1 dia, durante 8 horas por dia. Gerando um relatório que se aproxima da realidade, como por exemplo: chegada de 25,16 entidades e 13,45 saídas.

Diante do exposto, a segunda simulação foi validada para dar andamento ao estudo acadêmico.

O Cenário 1 é referente aos dados reais, composto de 3 equipes para a execução da lavagem de veículos leves e veículos de carga e uma equipe para acabamento nos veículos leves. No Cenário 2, o problema foi simulado com 4 equipes para a realizar a lavagem, mantendo a mesma quantidade de recursos do acabamento. O resumo das estatísticas do relatório do Arena está descrito na Tabela 3:



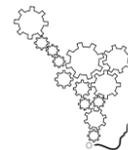
TABELA 3 – PRINCIPAIS RESULTADOS DO RELATÓRIO ESTATÍSTICO DO ARENA

Item	Categorias	Simulação Cenário 1			Simulação Cenário 2		
		Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo
Entidade (veículos)	Entrada	13,0000	25,1671	42,0000	13,0000	25,0877	43,0000
	Saída	6,0000	13,4575	22,0000	9,0000	16,0110	23,0000
Tempo Espera (horas)	Acabamento Veículo Leve	0,00	0,1023	0,4850	0,00392850	0,1881	1,3429
	Lavagem Veículo Leve	0,00	0,9170	3,6968	0,00	0,4518	2,2850
	Lavagem Veículo de Carga	0,03320490	1,0534	3,4552	0,00	0,5376	2,4513
Tamanho da Fila (veículos)	Acabamento Veículo Leve	0,00	0,1904	1,1773	0,00696704	0,4202	3,5835
	Lavagem Veículo Leve	0,00	0,5270	3,2838	0,00	0,2598	2,3659
	Lavagem Veículo de Carga	0,06024389	3,3057	10,8997	0,00	1,7127	8,3744
Taxa de Utilização (%)	Equipe Acabamento	16,62	49,54	85,89	27,92	59,03	91,43
	Equipe Lavador	62,41	91,70	99,82	44,87	83,12	99,37

FONTE: Autores (2020)

Os valores da média do tamanho das filas, tempo de espera e taxa de ocupação dos recursos no Cenário 1 comprovam que o gargalo no sistema estudado está no processo de lavagem de veículos.

A Simulação do Cenário 2 evidenciou que os resultados melhoraram no qual podem ser observadas: redução de número de clientes na fila, tempo de espera, redução da taxa de ocupação das equipes responsáveis pela lavagem e diminuição da taxa de ociosidade do lavador que realiza o acabamento.



4 DISCUSSÃO

Com base nos resultados dos relatórios do cenário real e o simulado, associados aos fatores que provavelmente estão causado sobrecarga no sistema, algumas ações e respectivos benefícios foram listados no quadro 3:

QUADRO 3 - AÇÕES PROPOSTAS E POSSÍVEIS BENEFÍCIOS

Ações Propostas	Benefícios
<ul style="list-style-type: none">- Desenvolver e implementar programas de retenção de capital humano (avaliação de desempenho, programas de treinamento e capacitação, <i>feedback</i>, comunicação clara, metas reais, atividades em equipe dentre outras);- Redimensionar o quadro efetivo de lavadores; pois, o custo com a hora extra é suficiente para admitir pelo menos mais um lavador.	<ul style="list-style-type: none">- Aumentar a produtividade;- Evitar fadiga por excesso de trabalho;- Evitar ocorrência de acidentes;- Evitar pressa para execução da atividade;- Garantir qualidade dos serviços prestados;- Melhorar a moral da equipe;- Reduzir <i>turnover</i> e outros;
<ul style="list-style-type: none">- Firmar parceria com concorrentes locais devido ao aumento substancial de lavagem veículos de carga;	<ul style="list-style-type: none">- Minimizar custos com fornecedores;- Otimizar tarefas e processos operacionais;- Possibilitar melhores preços para o cliente;- Aumentar o poder de alcance da empresa.
<ul style="list-style-type: none">- Trabalhar junto com os clientes na aderência de chegada, conforme agendamento prévio.	<ul style="list-style-type: none">- Assegurar mais satisfação dos clientes externos, com a redução de filas e tempo de espera.

FONTE: Autores (2020)

5 CONCLUSÃO

Durante a elaboração do modelo computacional foi possível confirmar a importância da função do analista, pois, um modelo de Simulação exige entendimento da natureza da Simulação, que é experimental. O fato do *Software Arena* e outros programas de Simulação, disponíveis no mercado, possuírem um arcabouço de componentes lógicos de processamento de dados de modelagem, estes não estão acima do profissional responsável pelo desenvolvimento do modelo, ou seja, a aplicação da SED não pode ser reduzida somente com a utilização do sistema informatizado de Simulação.



www.relainep.ufpr.br



Conclui-se que o estudo realizado foi capaz de simular de forma efetiva o cenário apresentado pela empresa estudada. Assim foi possível analisar os relatórios originados pelo Arena, mediante de ajuste dos recursos, os gargalos foram reduzidos. É relevante ressaltar que a técnica de Simulação permite simular vários cenários, obter resultados consistentes e sustentáveis, sendo assim, a proposta exposta nesse trabalho, reflete somente uma das muitas possibilidades.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

- Elizangela Quintão, Sionara Coelho, Patrícia Lidiane Carneiro Silva, José Paulo da Silva Neto e Bruna Aparecida Rezende foram responsáveis pela concepção e desenho da pesquisa. Elizangela Quintão e Sionara Coelho fizeram a obtenção dos dados, análise, interpretação e análise estatística e elaboraram a redação do manuscrito. Patrícia Lidiane Carneiro Silva, José Paulo da Silva Neto e Bruna Aparecida Rezende fizeram a revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo.

REFERÊNCIAS

- AOKI, Roberto Masahiko. **Pesquisa Operacional: Simulação**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.
- CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria & Aplicações**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- HILLIER, Frederick S; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução a Pesquisa Operacional**. Tradução: Ariovaldo Griesi. 9. ed. Mc Graw Hill :Porto Alegre, 2013.
- PRADO, Darci Santos do. **Teoria das Filas e da Simulação**. 4.ed. Nova Lima: Editora FALCONI, 2014.
- TARDIVO, Thaís Aparecida et al.. A Importância da Simulação de Eventos Discretos para a Armazenagem e Operações de Cross-Docking. In: OLIVEIRA, Antonella Carvalho de (org.). **Coletânea Nacional Sobre Engenharia de Produção 5: Pesquisa Operacional**. Curitiba: Atena Editora, 2017. v. 5, cap. 1, p. 8-20.