



Ministério da Educação – Brasil
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Minas Gerais – Brasil
Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas
Reg.: 120.2.095 – 2011 – UFVJM
ISSN: 2238-6424
QUALIS/CAPES – LATINDEX
Nº. 16 – Ano VIII – 10/2019
<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

APLICAÇÃO DA MODELAGEM COMPUTACIONAL PARA MELHORIA DO ATENDIMENTO EM UMA EMPRESA DE LAVAGEM DE VEÍCULOS

Prof^a. Dr^a. Jaqueline Maria da Silva
Doutora em Modelagem Computacional pelo Laboratório
Nacional de Computação Científica - LNCC
Docente do Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia - ICET da
Universidade Federal Dos Vales Do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM
Minas Gerais - BRASIL
<http://lattes.cnpq.br/4343491423219191>
E-mail: jaqueline.silva@ufvjm.edu.br

Lucas Portes Lacerda
Graduando em Ciência e Tecnologia – UFVJM – MG – BRASIL
<http://lattes.cnpq.br/9254924398947230>
E-mail: lucaslegend4@outlook.com

Resumo: Na contemporaneidade, a formação de filas têm sido recorrentes na alocação de recursos, sobretudo, em um cenário de crescente urbanização. Nesse contexto, há diversas configurações de filas distintas, em setores que são indispensáveis para a população, tornando fundamental a gestão de processos que envolvem filas. Sendo assim, este artigo tem como objetivo investigar as principais ferramentas para a gestão de qualquer modelo de atendimento em que há formação de filas de espera fazendo uso de um modelo computacional. Tal investigação ocorrerá por meio da Teoria das Filas, da Teoria das Restrições (TOC – *Theory of Constraints*) e de Modelagem Computacional. A vista disso, visa-se evidenciar uma poderosa metodologia de otimização de processos que demonstrem como esses mecanismos foram empregados de forma conjugada.

Palavras-chave: Modelo Computacional. Teoria das Filas. Teoria das Restrições. Modelagem computacional.

Introdução

Hodiernamente o processo de urbanização tem promovido a competição por recursos, haja vista que, esses estão diretamente relacionados com a variação da densidade populacional. O crescimento industrial foi determinante para concentrar um grande número de pessoas nas metrópoles (SIMMEL, 1987). Nessa perspectiva, a formação de filas se torna uma característica inerente à sociedade e a gestão de processos que envolvem as filas e é de grande importância para qualquer empreendimento. Entende-se por filas um aglomerado de pessoas ou entidades que estão aguardando atendimento ou processamento.

A grosso modo, os serviços são entendidos como o exercício e o desempenho de qualquer laboração. As atividades de serviço ganham importância cada vez maior na sociedade contemporânea e passam a demandar formas mais eficientes e eficazes de gestão da capacidade das operações (SABBADINI, GONÇALVES e DE OLIVEIRA, 2006). Ademais, na maioria dos casos, as filas representam aborrecimento para os indivíduos e até mesmo prejuízo econômico, sobretudo, para empresários.

A formação das filas ocorre sempre que há oferta de um serviço em que a demanda sobrepõe a capacidade do sistema dispor essa função. Isso se dá predominantemente em virtude da inviabilidade econômica, gargalos do sistema e de limitações de espaço. Sendo assim, este trabalho aponta uma metodologia técnico-científica de investigação visando o aprimoramento de processos, inclusive, levando em consideração os recursos disponíveis, ou seja, artifícios que estão acessíveis para o provedor do serviço.

É importante pontuar que, um modelo de filas pode ser definido como; um processo de chegada; seguido do atendimento e da saída do sistema. Haja vista que, as filas não são constituídas somente por indivíduos em busca de uma atividade, as mesmas se estendem a processos de manufatura, fluxo de tráfego, escalonamento e prestações de serviço.

O gargalo do sistema é o setor em que há menor capacidade de processamento, sendo assim, está diretamente relacionado com a formação de filas.

Nesse sentido, por meio da Teoria das Restrições é possível gerir essas limitações a fim de aperfeiçoar o modelo de produção. Uma restrição pode ser identificada pela existência de filas de espera ou por tempos de processamento longos (GOLDRATT, 1990).

O sistema de filas faz parte do cotidiano e está presente nos mais diversos âmbitos de indispensabilidade para a população, como em serviços de saúde, bancos, supermercados, correios, postos de gasolina, sistema de manufatura, setores de transporte, entre outros. Porém, nem sempre a modelo de prestação de serviço vigente oferece o melhor rendimento.

É imperativo que sejam realizadas simulações do sistema de atendimento com a finalidade de obter uma visão sistêmica de modo que possa favorecer a identificação de medidas viáveis para serem implantadas na matriz, como tempo de atendimento em cada processo e identificação do gargalo.

Para melhor representar essas simulações, se faz necessário levar em consideração algumas variáveis como tempo médio de gasto no sistema por cliente, tempo médio de espera na fila, número médio de clientes na fila, número médio de clientes no sistema. Essas variáveis aleatórias compõem um grupo que vai servir de base para a descrição dos processos em uma simulação de prestação de serviços.

Dentre os vários software's de simulação, o ARENA, é reconhecido na literatura, como um exímia ferramenta para realizar simulações através de modelagem e fluxogramas. Essas simulações são de grande relevância para a identificação de possíveis gargalos no sistema, além de proporcionar um panorama, principalmente, no que tange a busca por melhores propostas de intervenções convenientes com os limites de recursos disponíveis. Segundo Banks e Carson (1984), a simulação de modelos de atendimento é uma técnica que imita operações de processos reais num dado período de tempo, sendo utilizada como ferramenta analítica e como instrumento de apoio à tomada de decisões.

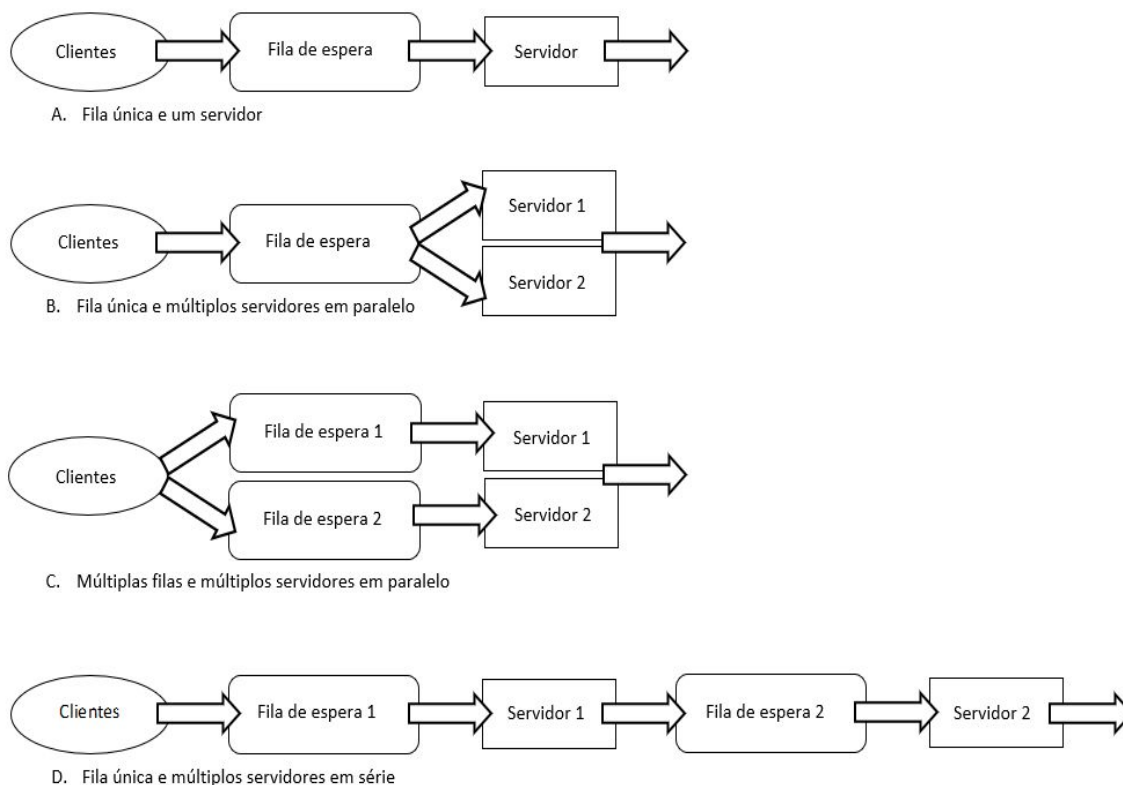
Teoria das Filas

A Teoria das Filas surgiu com a necessidade de solucionar um problema das redes telefônicas. O matemático *Agner Krarup Erlang* foi o precursor do advento dessa ideologia, criando a expressão matemática, conhecida como “Distribuição de *Erlang*”, que é considerado um modelo simplista. Porém, ainda é utilizada como base para estudos científicos relacionados com redes telefônicas.

Em suma, a Teoria das Filas se tornou um importante mecanismo para descrição matemática do comportamento de uma fila, considerando aspectos relevantes para o estudo de desempenho em sistemas de prestação de serviços.

Há diversas configurações de filas distintas, como filas de pessoas, filas geradas por sistemas computacionais, até mesmo filas desejadas como, por exemplo, em uma boate, em que a fila é um indicativo de um local movimentado que, geralmente é uma característica que muitos indivíduos procuram, dentre outras. Nesse contexto, para melhor representar uma fila, é fundamental distinguir algumas características próprias de cada fila. A Figura 1 exemplifica alguns exemplos de filas:

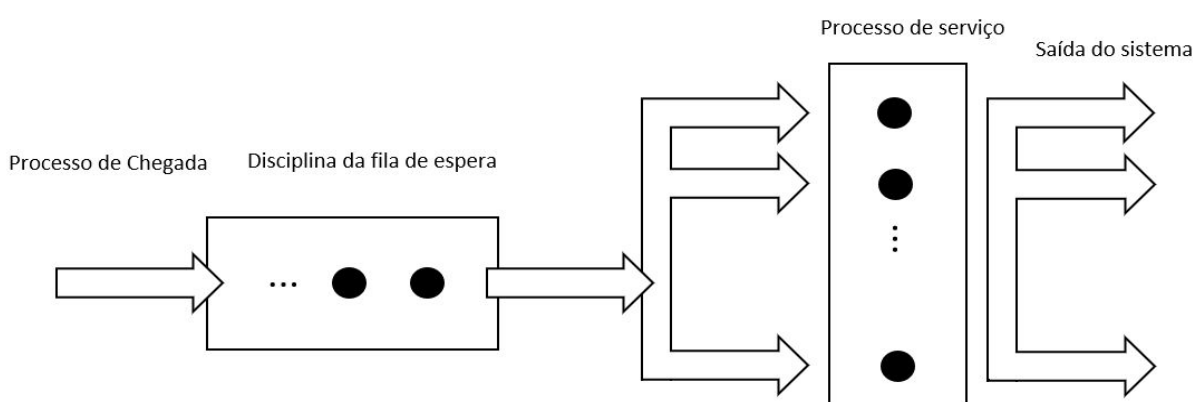
Figura 1 - Diferentes tipos de sistemas de Filas



Fonte: ARENALES, 2007. Adaptado.

Na representação da Figura 1 acima, é possível distinguir algumas características, tais como os sistemas monoestágios A e B que possuem filas únicas. Além disso, sistemas de filas em paralelo C e em série D, que são representações simplistas recorrentes no dia-a-dia. Esses modelos podem ser empregados de forma conjugada, compondo uma rede de filas, de forma que os processos estejam encadeados e arranjados de diversas formatações. Um exemplo disso está ilustrado na Figura 2:

Figura 2 - Processo de chegada, disciplina de serviço e processo de serviço



Fonte: ARENALES, 2007. Adaptado.

Os Processos Estocásticos

O comportamento aleatório das filas pode ser representado por meio da teoria probabilística. Nesse contexto, os processos de “Chegada” e “Serviço” de um sistema de atendimento que possuem um padrão estocástico são aqueles cujo o estado é indeterminado, ou seja, com origem em eventos aleatórios. Em ambas operações, pode-se idealizar uma sucessão de intervalos aleatórios definidos por “chegada” e “processo de atendimento”.

Por meio desses intervalos é possível determinar a distribuição de probabilidade que melhor representa tais variáveis.

Para a descrição do processo de chegada de usuários em um determinado sistema, é levado em consideração o tempo entre sucessivas chegadas. Haja vista que recorrer à teoria probabilística é crucial para determinar qual distribuição de

probabilidade melhor represente as características do sistema. Para essa distribuição é fundamental a especificação do parâmetro denominado taxa média de chegadas (λ).

Além disso, as distribuições de probabilidade mais empregadas para determinação do comportamento do processo de chegada são a Distribuição de Poisson e a Distribuição Exponencial.

O processo de serviço é descrito a partir do fluxo de usuários atendidos, ou seja, leva em consideração o intervalo de tempo em que ocorre o atendimento. Sua caracterização é análoga ao processo de chegada. A distribuição de probabilidade mais utilizada para representação desse procedimento é a distribuição de poisson e a distribuição exponencial.

O parâmetro para o processo de chegada é denominado Taxa Média de Atendimento (μ).

Análise da relação dos parâmetros λ e μ

A variação dos valores de λ e μ influenciam diretamente na formação das filas, pois, para que o sistema opere com fluidez é necessário que exista estabilidade no fluxo de chegada e no processo de atendimento, de forma que a inequação $\mu > \lambda$ deve suceder, caso contrário a fila tende a crescer infinitamente.

A disciplina da fila corresponde a ordem de atendimento. As mais usuais estão descritas no Quadro 1 conforme segue:

Quadro 1 - Modalidade de atendimento

Disciplinas de filas	
<i>FCFS (first Come, First Served)</i>	Primeiro a Chegar, Primeiro a ser atendido
<i>LCFS (last Come, First Served)</i>	Último a chegar, Primeiro a ser atendido
<i>SIRO (service in random order)</i>	Serviço em ordem aleatória

<i>PRI (Priority Service)</i>	Serviço de prioridade
-------------------------------	-----------------------

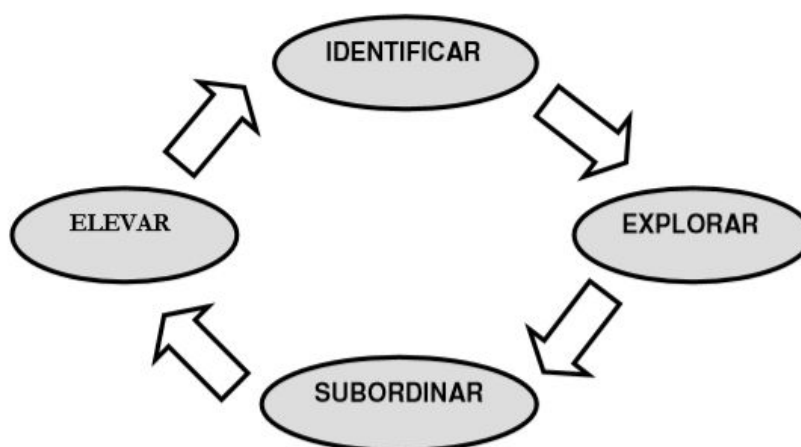
Fonte: Autor, 2019.

Teoria das Restrições

Existem duas premissas em sua abordagem. A primeira é considerar a empresa como um sistema cujo resultado depende da forma como diferentes processos interagem. A segunda é a de que uma restrição é qualquer fator que limite o sistema de atingir sua meta. Sendo assim, todo sistema deve ter pelo menos uma restrição ou fator limitante. Uma restrição não é boa nem má. Ela existe e deve ser gerenciada (GOLDRATT, 1990; 1994).

A Teoria das Restrições foi criada por *Eliyahu Moshe Goldratt*, um físico israelita, o autor desenvolveu as etapas para melhoria contínua que atua como um processo de focalização, leva em consideração o objetivo do sistema, determina melhoria no sistema com um todo, a partir de intervenções no processo limitante. Essas etapas podem ser simplificadas pela Figura 3 abaixo:

Figura 3: Ciclo para melhoria contínua

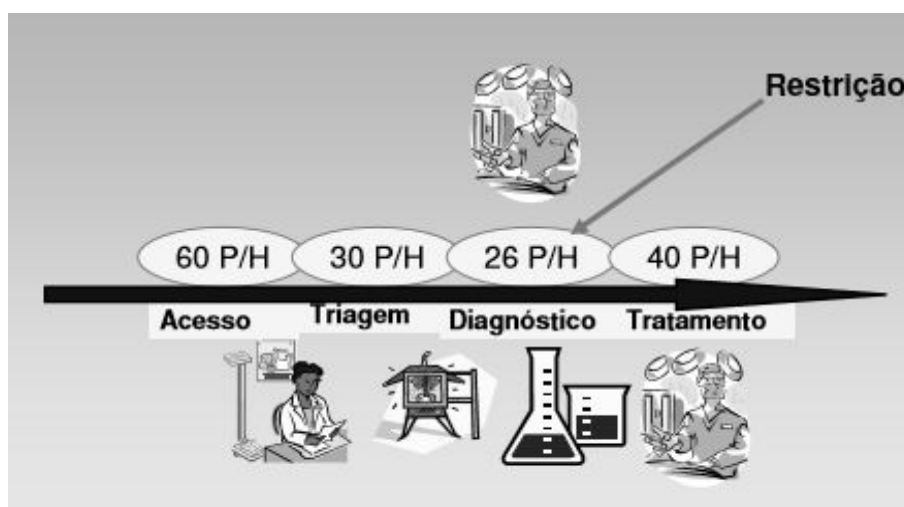


Fonte: SABBADINI, 2006

As restrições devem ser detectadas, porque são elas que vão determinar a performance do sistema como um todo. Essas limitações podem ser identificadas

pelas longas filas de espera e maior tempo de processamento. É relevante considerar que as operações possuem recursos humanos, máquinas e equipamentos que permitem atender uma certa quantidade de usuários, num determinado intervalo de tempo, em função da capacidade de cada um (SABBADINI, 2006). Para compreender e identificar o comportamento do gargalo em um sistema a Figura 4 mostra um modelo hipotético de atendimento hospitalar:

Figura 4 - Identificação do gargalo



Fonte: SABBADINI, 2006.

Com base na Figura 4 observa-se que o processo definido como “Diagnóstico” é o gargalo do sistema, pois essa operação é a que delonga o processo de atendimento como um todo. A efetiva aplicação dos passos definidos por *Goldratt* e apresentados na Figura 3 nesta sessão, página 9, vão apontar intervenções justamente nesses setores em que há menos capacidade de atendimento.

O Software ARENA

Para realizar essas representações várias características do sistema são levadas em consideração de forma a simular os parâmetros mais próximos do real. Com base nessa retratação, é possível intervir de forma a aperfeiçoar o sistema de

atendimento empregado. Ademais, será mostrado figuras relacionadas com simulações realizadas na sessão “Simulação”.

O Arena é composto por um conjunto de blocos (ou módulos) utilizados para descrever uma aplicação real e que funcionam como comandos de uma linguagem de programação. Os elementos básicos da modelagem em Arena são as entidades que representam as pessoas, objetos, transações, etc. que se movem ao longo do sistema; as estações de trabalho que demonstram onde será realizado algum serviço ou transformação, e por fim, o fluxo que representa os caminhos que a entidade irá percorrer ao longo de estações PRADO (1999).

Esse programa apresenta um ambiente gráfico integrado de simulação, que possui vários recursos para a modelagem, análises estatísticas e resultados. Os mecanismos de modelagem interagem entre si de forma que representa com propriedade a situação real.

Existe uma versão do *software* denominada “Arena *STUDENT*” disponibilizada para estudantes que possui apenas uma restrição com relação ao tamanho do modelo que pode ser criado.

Aplicação

Os resultados apresentados nesta sessão retratam o início da validação de um modelo computacional construído com o Arena. Para essa elaboração, os dados utilizados foram coletados em um dia de prestação de serviços de uma empresa de lavagem de veículos localizada na cidade de Carlos Chagas-MG. Visou-se investigar e aplicar as três ferramentas de investigação mencionadas neste texto: Teoria das Filas e Teoria das Restrições e a Modelagem Computacional. Durante a coleta dos dados considerou-se características como quantidade de servidores, capacidade do sistema, quantidade de veículos que entram nos processos, tempo gasto em cada um desses processos, etc. Entende-se por empresas de lavagem de veículos a estrutura composta pelo proprietário e diversos funcionários.

Foram definidos alguns processos sequenciais no decorrer da coleta de dados, operações essas pelas quais os veículos serão submetidos para a saída do

sistema, que são, respectivamente, Leva e traz, Aspiração, Água e Sabão, Polimento e Limpeza Interna e Entrega do Veículo:

- Leva e traz – Após a chegada do veículo um servidor leva o cliente para sua ocupação no intuito conduzir o veículo de volta para o local onde o veículo será submetido aos processos subsequentes.
- Aspiração – Um servidor remove os tapes e retira bancos para efetuar a aspiração de pó na parte de dentro do automotor.
- Água e Sabão – Veículo é realocado para uma elevação para o processo de lavagem em toda parte exterior do veículo. Essa etapa é realizada por três servidores.
- Polimento e Limpeza Interna – Polimento da parte externa, interna e pneus. Procedimento realizado por dois servidores.
- Entrega do Veículo - Um servidor conduz o veículo até o proprietário e, em seguida, o cliente retorna com o servidor.

A Figura 5 ilustra os processos até que o veículo esteja limpo:



Fonte: canstockphoto, 2019. Adaptado.

A empresa possui um maquinário de aspiração de pó; apenas uma rampa para submeter o veículo ao processo de “Água e Sabão” e estacionamento que suporta até 6 veículos e um sendo processados.

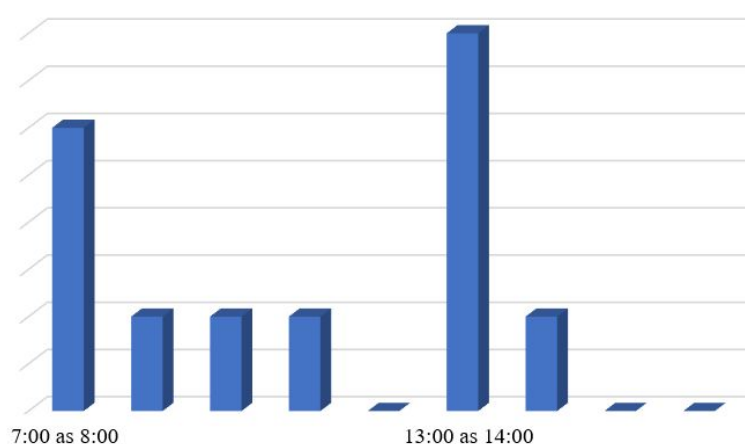
A coleta dos dados foi feita nos horários em que os processos começam e terminam. Com essa dinâmica de lavagem foi possível observar o tempo que durou

cada processo. Além disso, a disciplina de atendimento aconteceu por ordem de chegada.

Sazonalidade

Analisando os dados obtidos, observou-se que os veículos chegam em maior quantidade nos horários de 7:00 às 8:00 e 13:00 às 14:00, conforme representado na Figura 6.

Figura 6 - Comportamento das Chegada dos Veículos



Fonte: Autor, 2019.

Das lavagens processadas pela empresa neste dia de trabalho, 63,64% dos veículos chegaram nesses intervalos. Isso é um indicativo de que a taxa média de chegada durante o horário de pico é diferente da taxa quando desconsidera-se o fator sazonal.

Além disso, o processo de serviço varia, pois há fatores que prolongam a conclusão dos procedimentos, haja vista que são processos interdependentes, cujas interações impactam no resultado final. Nesse sentido, pode-se destacar o desgaste dos servidores com passar do tempo, a possível variação da produtividade dos servidores com o tamanho da fila, o estado dos veículos, considerando que, quanto mais impurezas, maior o tempo gasto para conclusão dos processos. Além disso, outros fatores podem mitigar a agilidade do serviço prestado como nas operações

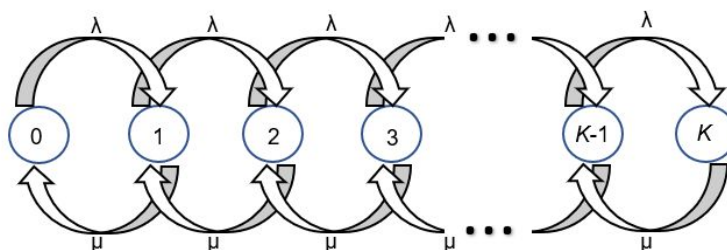
“Aspiração” e “Água e Sabão” que estão limitadas pelos recursos disponíveis. Sendo assim, é importante agilizar essas etapas fazendo com que as operações sejam executadas ao máximo de sua capacidade de atendimento, ou seja, mantendo esses recursos sempre em atividade.

A característica aleatória desses processos são um indicativo de que as operações devem ser representadas por meio de distribuições de probabilidade. Em outras palavras, se tratam de processos estocásticos. Além disso, para minimizar os efeitos do comportamento aleatório, serão utilizados os valores médios da aplicação da teoria probabilística na análise do comportamento da fila.

Investigação dos processos de chegada e de serviço

O sistema analisado possui capacidade de atendimento (K) que corresponde aos veículos que estão aguardando e os que estão sendo lavados. Sendo assim, o tamanho máximo da fila é $K - 1$, isto é, a capacidade do estacionamento. Note que esse sistema pode ser representado por um modelo de nascimento e morte, pois os valores de λ e μ independem do estado do sistema conforme ilustra a Figura 7:

Figura 7 - Diagrama de transição de estados



Fonte: ARENALES, 2007. Adaptado.

Para estabelecer os padrões estatísticos de chegada e serviço, é fundamental considerar que o observador registra o número de clientes que chegam e são atendidos no sistema em um intervalo de tempo; e dividindo o número de chegada

pela unidade de tempo, assim como a contagem de atendimento pela unidade de tempo, obtém-se os valores de λ e μ .

Com base nos dados coletados, foram obtidos que $\lambda = 1,223$ chegadas por hora e $\mu = 1,196$ clientes/hora. Nesse sentido, como o valor de $\lambda > \mu$, é um indicativo de que chegam mais veículos que o sistema é capaz de atender, conseqüentemente, a fila tende a crescer com o passar do tempo.

Estabelecer as distribuições de probabilidade

Para definir qual distribuição de probabilidade melhor descreve o comportamento do processos é imperativo utilizar uma ferramenta do *software* Arena que faz aproximações estatísticas. Esse mecanismo é denominado “*Input Analyser*” que apresenta um histograma baseado em dados anexados. Para identificar a distribuição, o recurso “*Fit All*” mostra resultados convenientes para o estudo, além de aproximar o histograma a uma distribuição de probabilidade. Nessa perspectiva, a Figura 8 apresenta um exemplo dos resultados gerados pelo programa com a aplicação dessas ferramentas.

Figura 8 - Investigação dos dados por meio do *Input Analyser*



Fonte: Autor, 2019.

Dentro do acervo de expressões matemáticas para diferentes modelos de filas existem algumas fórmulas que são convenientes para o estudo do desempenho do modelo de fila que é o nosso objeto de estudo. Para aplicação dessas expressões, considerou-se alguns parâmetros como, o valor do fator de utilização ($\rho = \lambda / \mu$), a capacidade do sistema (K) e o número de clientes que estão no sistema, entre fila e serviço (n). O formulário está exposto na Tabela 1, abaixo:

Tabela 1 - Formulário modelo de fila

Chegada: Poissoniana	Tempo atendimento: Exponencial
$\lambda = 1,223$ Chegada/hora	$\mu = 1,196$ atendimento/hora
$\bar{\lambda} = \sum_{n=0}^{K-1} \lambda P_n = \lambda(1 - P_K)$	
População = ∞	Capacidade do sistema (K) = 7
$L_q = \sum_{n=1}^{\infty} (n-1)P_n = L - \frac{\bar{\lambda}}{\mu}$	$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$
$L = \sum_{n=0}^{\infty} nP_n = \frac{\rho}{1-\rho} - \frac{(K+1)\rho^{K+1}}{1-\rho^{K+1}}$	$W = W_q + \frac{1}{\mu} = \frac{L}{\lambda}$
$P_n = \frac{\rho^n(1-\rho)}{1-\rho^{K+1}}$	

Fonte: Autor, 2019.

Por meio dessas fórmulas, obteve-se que o número médio de clientes no sistema (L) é de 3,617 veículos, o número médio de veículos na fila (L_q) é de 2,880 veículos, o tempo médio de espera na fila (W_q) é de 3 horas e 16 minutos, o tempo médio de espera no sistema (W) é de 4 horas e 6 minutos e a probabilidade do sistema ficar ocioso (P_0) é de 11,54%.

Aplicação da Teoria das Restrições

As restrições devem ser detectadas porque são elas que vão determinar a performance do sistema como um todo. Essas limitações podem ser identificadas pelas longas filas de espera e pelo maior tempo de processamento. É relevante considerar que as operações possuem recursos humanos, máquinas e equipamentos que permitem atender uma certa quantidade de veículos num determinado intervalo de tempo, em função da capacidade de cada um.

Para encontrar uma alternativa para agilizar o sistema, é imperativo aplicar os passos para sua melhoria contínua, conforme segue:

Passo 1: Identificação das restrições;

Com base nos dados que foram coletados, foi observado que a operação que tem maior tempo de processamento foi “Água e Sabão”, ou seja, esta operação é o gargalo do sistema;

Passos 2 e 3: Decisões sobre como explorar as restrições existentes no sistema;

Nessas duas etapas investiga-se ao máximo as peculiaridades dos gargalos do sistema. Isso significa fazer a restrição funcionar em função do objetivo da empresa que é lavar o maior número de veículos em menos tempo, de forma a atender bem a demanda dos clientes. Assim, uma forma de executar essa fase, seria o agendamento do atendimento baseado na capacidade de atendimento do processo “Água e Sabão”. Desse modo, o processo estaria operando no máximo de sua capacidade.

Passo 4: Melhoria da capacidade das restrições do sistema;

Essa fase consiste em determinar uma estratégia objetivando o aumento da capacidade de atendimento do gargalo. Nesse sentido, uma boa estratégia de intervenção seria concentrar os servidores na etapa “Água e Sabão”, no intuito de aumentar a capacidade de operação da restrição, desocupando a plataforma onde ocorre o processo, de forma que o veículo subsequente possa ser submetido a essa etapa.

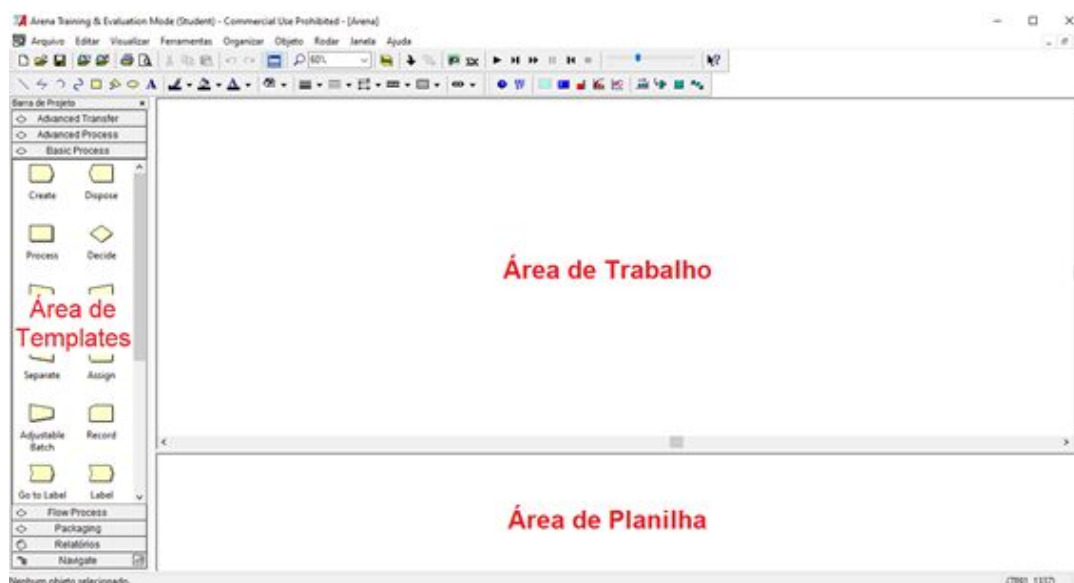
Passo 5: Reavaliação do sistema para checar a existência de novas restrições. Caso o sistema ainda apresente alguma restrição, todo o processo é feito, retornando para o passo 1.

Simulação

A simulação pode ser considerada simples, pois a interface do *software* ARENA é inteligível e não necessita um conhecimento profundo do programa.

Para realizar a simulação é fundamental conhecer tela inicial do *software* Arena, conforme representado pela Figura 9 abaixo:

Figura 9: Tela inicial do Arena *software*



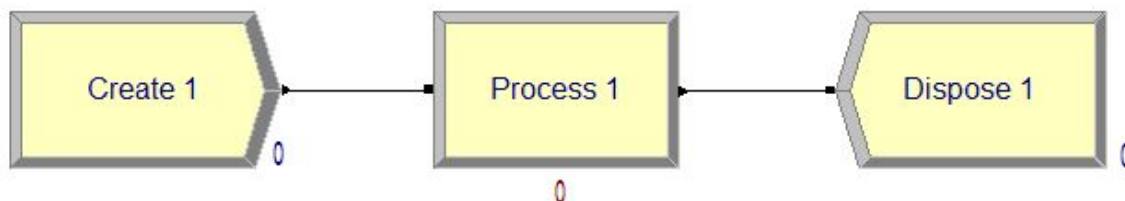
Fonte: Autor, 2019.

A Área de Templates corresponde aos blocos que vão compor a simulação. Este setor é subdividido e para elaborar as simulações será utilizado a repartição “*Basic Process*”. Além disso, a Área de Trabalho é o espaço onde ocorrerá a simulação. Basta arrastar os módulos e moldá-los. A Área de Planilha mostra informações referentes a algum elemento selecionado no fluxograma montado.

Na Figura 10 a seguir estão os módulos que são utilizados para realizar a simulação. O módulo “*Create*” é sempre utilizado para iniciar a simulação. Neste

bloco, será representado o processo de chegada de veículos da empresa. Além disso, cada um dos processos de atendimento que são representados na sessão “Aplicação”, figura 5, página 12 será representado por um módulo “Process”, e por fim o “Dispose” sempre utilizado para finalizar a simulação.

Figura 10: Módulos utilizados



Fonte: Autor, 2019.

O processo de chegada é definido conforme ilustra a Figura 11 a seguir:

Figura 11: Descrição módulo Create

A imagem mostra a janela de configuração do módulo 'Create'. O nome do módulo é 'Processo de Chegada' e o tipo de entidade é 'Veículos'. O tipo de distribuição é 'Expression' com a expressão '-0.001 + EXPD(4)' e unidades em 'Minutes'. O número de entidades por chegada é '1', o número máximo de chegadas é 'Infinite' e o tempo de primeira criação é '0.0'. Botões de 'OK', 'Cancelar' e 'Ajuda' estão visíveis na base da janela.

Fonte: Autor, 2019.

São definidos o nome do módulo, o tipo de entidades ou de clientes. A “Expression” (expressão) que descreve melhor os dados foi obtida pela aproximação realizada pelo recurso “Input Analyser” e está representada na Figura 8.

Um exemplo para definição dos módulos “Process” está representado na Figura 12. Nessa ilustração está explícita as informações que descrevem o comportamento do processo “Leva e Traz” como “Name” (nome), “Type” (tipo),

“Action”(ação), “Priority” (prioridade), “Resource” (recurso), “Delay Type” (tipo de espera) e “Expression” (expressão).

Figura 12: Descrição módulo *Process*

The image shows a software dialog box titled "Process". It has a standard Windows-style title bar with a question mark and a close button. The dialog is organized into several sections. At the top, there are two dropdown menus: "Name" (set to "Leva e Traz") and "Type" (set to "Standard"). Below this is a section labeled "Logic" containing two more dropdowns: "Action" (set to "Seize Delay Release") and "Priority" (set to "Medium(2)"). Underneath is a list box for "Resources" containing one item, "Resource_1 Leva e Traz_1", and a "<End of list>" entry. To the right of this list are three buttons: "Adicionar...", "Editar...", and "Excluir". The next section contains three dropdowns: "Delay Type" (set to "Expression"), "Units" (set to "Minutes"), and "Allocation" (set to "Value Added"). Below these is a text field for "Expression" containing the formula "7 + POIS(3.195)". At the bottom left, there is a checked checkbox labeled "Report Statistics". At the bottom center and right are three buttons: "OK", "Cancelar", and "Ajuda".

Fonte: Autor, 2019.

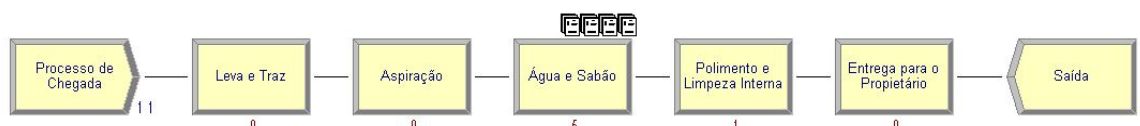
O módulo “*Dispose*” funciona como um fechamento da simulação em que a única configuração disponível é renomear o bloco que, para essa simulação, será “Saída”.

Foram realizadas duas simulações baseadas nos dados coletados e com o aumento da capacidade de atendimento onde havia um gargalo que é o processo “Água e Sabão”. Essas representações são realizadas visando comparar o sistema antes e depois da intervenção apontada pela aplicação da Teoria das Restrições.

A simulação é composta por blocos que representam cada um dos processos da chegada até a saída do sistema. Nesse sentido, a chegada dos veículos foi

simulada por meio da distribuição de Poisson e os processos de atendimentos foram representados pela distribuição exponencial. A Figura 13 é uma representação do modelo:

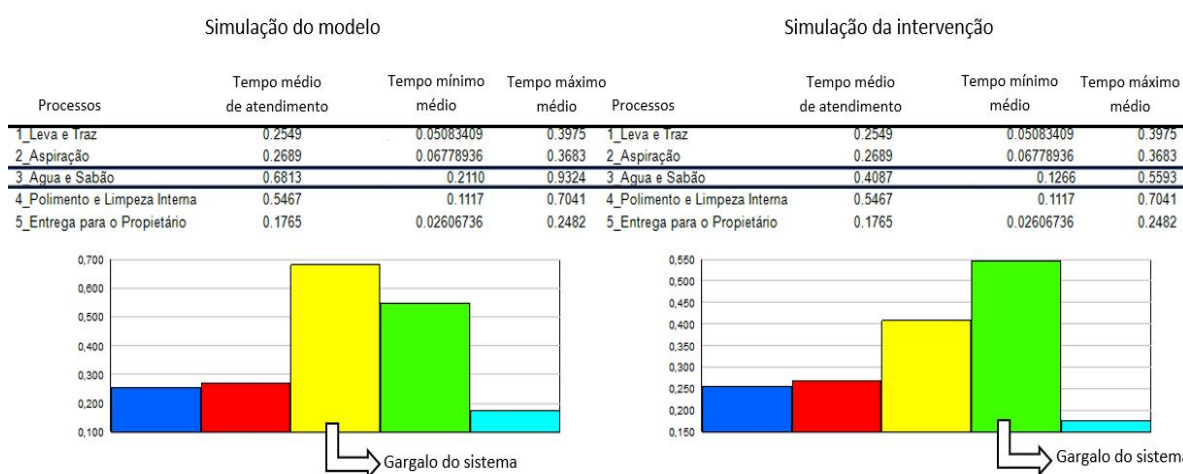
Figura 13 - Simulação Arena



Fonte: Autor, 2019.

Com a compilação do modelo construído, foi gerado um relatório de resultados. Dentre os resultados obtidos estão dois gráficos, que possuem taxas médias de utilização representadas em horas de cada processo, conforme mostra a Figura 14 a seguir:

Figura 14 - Tempo médio de atendimento de cada processo e identificação do novo gargalo



Fonte: Autor, 2019.

Na representação da Figura 14 há alteração na coluna que representa o processo de “Água e Sabão” (barra amarela). Essa variação significa que o tempo

de atendimento médio desse processo diminuiu, um indicativo de aumento da capacidade de atendimento e do parâmetro μ .

O tempo de atendimento do processo “Água e Sabão” diminuiu aproximadamente 16 minutos, com essa intervenção, o serviço referente a esse processo tem 41% de mais rendimento.

Como os gargalos são entendidos como as operações com o maior tempo de processamento, na “Simulação da Intervenção” representada na Figura 8 nesta sessão, há a identificação de um novo gargalo. Para gerenciá-lo basta realizar a aplicação dos passos para a melhoria contínua.

Considerações finais

Diante do que foi exposto, observa-se que a Teoria das Restrições, a Teoria das Filas e as simulações são ferramentas profícuas para a otimização dos processos, e, com a execução desses mecanismos, foram obtidos resultados relevantes para o estudo desempenho da capacidade de atendimento. Ademais, é imprescindível os estudos dessas ferramentas de forma periódica para verificar características importantes do sistema como, crescimento ou redução da demanda, eficiência de atendimento, e possíveis forma de aumentar a produção, entre outros.

A visão sistêmica contribuiu para a compreensão do funcionamento dos processos pelos quais os veículos são submetidos, podendo identificar características de cada operação e as interações das mesmas.

Por meio dos resultados obtidos da aplicação da Teoria de Filas foi possível determinar o comportamento das filas em um dia de fluxo comum na empresa de lavagem de veículos. Nessa perspectiva, a representatividade da taxa média de chegada (λ) e taxa média de atendimento (μ) foram determinantes para identificar o gargalo do sistema.

Ademais, a execução da Teoria das Restrições assume uma dimensão estratégica ao direcionar as ações de melhoria no recurso gargalo, de modo que, aponta para uma possível intervenção em pontos do sistema que possibilita aperfeiçoamento no sistema como um todo. Destarte, houve duas possíveis formas

de melhorar o cenário de formação de filas, sendo a primeira, fazer o sistema operar em função da restrição, ou seja, agendamentos baseados na capacidade de processamento do gargalo, e a segunda, aumentar a capacidade de atendimento da empresa concentrando os servidores na operação nomeada “Água e Sabão”.

As simulações apresentaram resultados significativos com relação a cada processo, dentre eles a operação “Água e Sabão” que foi agilizada em aproximadamente 41% e a identificação de um novo gargalo no processo “Polimento e Limpeza Interna”.

Como parte de uma etapa da pesquisa que já está em andamento, os autores estão coletando dados seja realizada em mais dias para que haja maior quantidade de dados promovendo simulações mais próximas da realidade.

Referências

ARENALES, Marcos.; ARMENTANO, Vinícius.; MORABITO, Reinaldo.; YANASSE, Horacio. *Pesquisa Operacional*. Rio de Janeiro. Campus-Elsevier, 2007.

BANKS, Jerry; CARSON, John S. *Discrete-event system simulation*. Prentice-Hall international series in industrial and system engineering. New Jersey: Prentice Hall, 1984.

GOLDRATT, Elyahu M. *What is this thing called Theory of Constraints and how should it be implemented?* Massachusetts: North River Press, 1990.

GOLDRATT, Elyahu M. *A Meta*, 17ª edição, São Paulo: Educator, 1994

LIMA, Fabiana Xavier C.; BELDERRAIN, Mischel Carmen N. *Propostas de melhorias de atendimento num pronto socorro utilizando teoria de filas e teoria de restrições*. São José dos Campos, Anais do 13º Encontro de Iniciação Científica e Pós Graduação do ITA. 2007.

MOREIRA, D. A. *Pesquisa Operacional – Curso Introductório*. 2. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

PRADO, D. *Usando o Arena em Simulação*. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

SABBADINI, Francisco Santos; GONÇALVES, Antônio Augusto; DE OLIVEIRA, Mário Jorge Ferreira. *A aplicação da teoria das restrições (toc) e da simulação na gestão da capacidade de atendimento em hospital de emergência*. Revista Produção Online, v. 6, n. 3, 2006.

SILVEIRA, A. P.; SILVA, C. R.; BELARMINO, D. G. O Software ARENA. Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS-MG. Bacharelado em Ciência da Computação. Varginha, 2006. Disponível em: <http://www.cienciadacomputacao.unis.edu.br/files/2010/10/013_Arena.pdf>.

SIMMEL, G. *A metrópole e a vida mental*. In: VELHO, G. (Org.). O fenômeno urbano. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1987.

Texto científico recebido em: XX/XX/XXXX

Processo de Avaliação por Pares: (*Blind Review* - Análise do Texto Anônimo)

Publicado na Revista Vozes dos Vales - www.ufvjm.edu.br/vozes em: 10/2019

Revista Científica Vozes dos Vales - UFVJM - Minas Gerais - Brasil

www.ufvjm.edu.br/vozes

www.facebook.com/revistavozesdosvales

UFVJM: 120.2.095-2011 - QUALIS/CAPES - LATINDEX: 22524 - ISSN: 2238-6424
Periódico Científico Eletrônico divulgado nos programas brasileiros *Stricto Sensu*
(Mestrados e Doutorados) e em universidades de 38 países,
em diversas áreas do conhecimento.