



# A TEORIA DAS FILAS COMO FERRAMENTA DE APOIO PARA ANÁLISE DE UMA EMPRESA DE LAVA-RÁPIDO EM VOLTA REDONDA

Área temática: Pesquisa Operacional

**Byanca Porto de Lima**

byanca\_porto@yahoo.com.br

**Bruna Marta de Brito do Rego Medeiro**

brunamartamedeiros@hotmail.com

**Camilla Mota Melo**

camillamelo1@hotmail.com

**Juliana Mattos Gonçalves Pinto**

jmattosgp@gmail.com

**Sérgio Ricardo Bastos de Mello**

sergio@eqqualidade.com.br

**Resumo:** Apresenta-se neste trabalho uma aplicação do estudo de teoria das filas no serviço de um Lava-Rápido localizado na cidade de Volta Redonda/ RJ. A metodologia utilizada envolveu coleta de dados de chegada e atendimento, bem como observações do funcionamento e características do sistema estudado. Após a aplicação das fórmulas do modelo M/M/1 Fila Finita, foi possível verificar que 17,3% dos seus clientes potenciais vão embora do estabelecimento por não achar vaga para estacionar e esperar o atendimento. Em relação aos demais resultados encontrados, como, por exemplo, o tempo médio de espera do cliente na fila, se faz necessária a realização de uma pesquisa com os clientes para determinar seu nível de satisfação. O estudo desenvolvido mostrou que é possível aplicar a Teoria de Filas de forma simples em sistemas do cotidiano a fim realizar diagnósticos iniciais e melhorias.

**Palavras-chaves:** Teoria de Filas, Lava-Jato, Distribuição de Poisson.

## 1. INTRODUÇÃO

Pagar uma conta em uma loteria, passar a compra no caixa de supermercado, esperar atendimento médico, aguardar para brincar em uma montanha russa.. São fatos que nos deparamos com muita frequência, e ambos mostram que as filas fazem parte do nosso cotidiano, assim como nos processos industriais e em todos os outros de produção, as filas estão presentes, o que nos permite analisar o quanto é importante o estudo desta teoria, a qual visa atender o cliente de forma satisfatória, obtendo melhor desempenho na espera do atendimento proporcionando satisfação.

Existem diversas características que condicionam a operação de um sistema, ou seja, podem interferir tanto que o desempenho do sistema passa a ser função deles, essas características podem ser classificadas em: forma dos atendimentos, forma das chegadas, disciplina da fila e estrutura do sistema (ANDRADE, 2009).

Com esse estudo também é possível saber se a quantidade de servidores são suficientes para atender a demanda de clientes ou produtos, além de fazer análise de custos, padronização do tempo dos atendimentos, de modo a evitar os gargalos e melhorar o desempenho do processo como um todo. Para tal, é necessário que se faça análise e estudos do comportamento da fila, através de medições, cronometragens, contagem de servidores, para assim formar a base para o teste de aderência e suas devidas conclusões.

Com base no exposto acima, o objetivo deste estudo é a análise do serviço de um Lava-Rápido por meio de uma visita *in loco* na aplicação das fórmulas da Teoria de Filas para medir o desempenho do serviço prestado aos clientes. Durante as visitas nos finais de semana, foi possível observar um fluxo intenso de veículos procurando o serviço, ocasionando uma extensa fila de espera.

## 2. TEORIA DE FILAS

A Teoria das filas é um método analítico que aborda o assunto por meio de fórmulas matemáticas. Onde se estuda as relações entre as demandas e os atrasos sofridos pelo usuário do sistema, para avaliação das medidas de desempenho dessa relação em função da disposição deste sistema (ARENALES et al. 2007).

Conforme Taha (2008), diferentemente das outras ferramentas de Pesquisa Operacional, a Teoria de Filas não é uma ferramenta de otimização, apenas determina a situação da fila atual, segundo medidas de desempenho (taxa de chegada, taxa de serviço, tempo de espera, tempo ocioso, desempenho atual, entre outras), com o objetivo de buscar melhorias para oferecer ao cliente um serviço satisfatório.

A Teoria de Filas é de extrema importância no ato de estudar as características do processo, pois possibilitará a redução dos problemas causados aos clientes, como por exemplo, atrasos, fazendo com que aconteça a fidelização dos clientes e que a empresa forneça um serviço de qualidade (OLIVEIRA et al, 2006).

O estudo baseado na Teoria das Filas é realizado por meio de fórmulas matemáticas que facilitam a verificação do comportamento de sistemas reais em situação aleatória. Desta forma, é possível mencionar a capacidade de atendimento, garantindo um nível de satisfação aos seus clientes,

ao se combinar custo do serviço, qualidade oferecida e investimentos nos gargalos (OLIVEIRA *et al*, 2006).

O desempenho de um sistema de filas é basicamente medido por cinco variáveis de desempenho: comprimento da fila, número de clientes no sistema, tempo de espera na fila, tempo total no sistema e a utilização da instalação do serviço. A descrição destas características são: (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009)

- **Comprimento da fila:** o número de clientes na fila indica uma entre duas possíveis condições. Quando as filas estão em seu tamanho reduzido podem significar bom atendimento prestado ao cliente ou grande capacidade de atendimento, o que não dá tempo suficiente para que filas maiores sejam formadas. De maneira similar, grandes filas podem indicar baixa eficiência do servidor ou a necessidade de aumentar a capacidade.
- **Número de clientes no sistema:** refere-se ao número de clientes existentes no sistema de fila, ou seja, refere-se aos clientes na fila e também aos clientes que estão recebendo atendimento tendo relação direta com a eficiência e a capacidade de atendimento. Números excessivos em um determinado sistema de fila por consequência pode causar congestionamento podendo assim resultar em insatisfação por parte dos clientes, a menos que se acrescente mais capacidade.
- **Tempo de espera na fila:** ao deparar-se com longas e grandes filas não significa dizer que os tempos de espera serão longos. Se o atendimento prestado for rápido, uma fila longa pode ser entendida de maneira eficiente e eficaz. No entanto, quando o tempo de espera parecer longo demais, os clientes consequentemente considerarão a qualidade do serviço prestado insatisfatória.
- **Tempo total no sistema:** refere-se ao tempo total decorrido desde a entrada no sistema até sua saída do sistema, podendo este indicar problemas relacionados aos clientes, eficiência do servidor ou capacidade. Contudo, se determinados clientes gastarem tempo demais no sistema de serviço, pode ser necessário haver alterações na norma de prioridade, no aumento da produtividade ou ajustar a capacidade de algum modo.
- **Utilização da instalação de serviço:** é a utilização por parte de todos os clientes das instalações de um determinado serviço, refletindo o percentual de tempo em que estão ocupados. Todo e qualquer gerente tem por objetivo manter a utilização e rentabilidade em níveis altos e aceitáveis sem afetar desfavoravelmente outras características operacionais.

## 2.1. Componentes de um Sistema de Filas

Desta forma, um sistema de filas pode ser processado como:

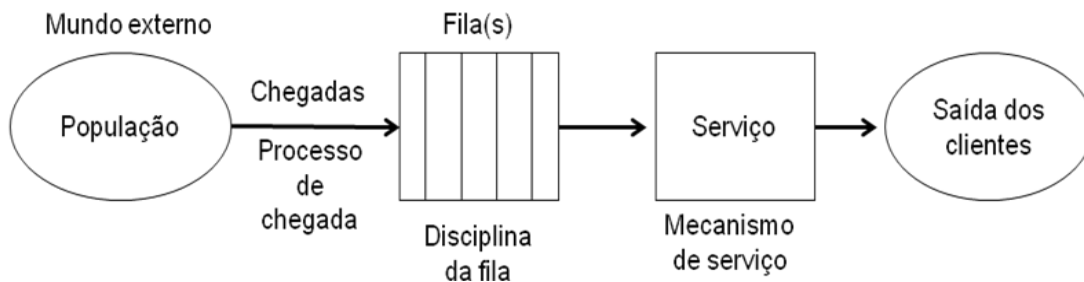


Figura 1:  
Componentes  
Básicos da Fila  
Fonte: Santos  
(2003)

- **População**

É o conjunto de seres ou elementos que fazem parte do mundo externo, em grande potencial que podem enquadrar-se no sistema de fila. Um cliente é única e exclusivamente oriundo de uma população. Em um sistema de filas, estatisticamente, a população é classificada por infinita, quando as chegadas de usuários a esse sistema de forma alguma é afetada pelo número de usuários já existentes nesse sistema ou, caso contrário, finita. Esse componente é o indicador do número potencial de clientes que podem chegar a um sistema (SANTOS, 2003).

- **Processo de chegadas**

Os elementos da população que chegam para o sistema de filas descrevem o processo de chegada. Em sua grande maioria, nos sistemas de filas, as chegadas são aleatórias e não ocorrem de forma ordenada. Deste modo para descrever o processo de chegada, é necessário defini-lo por meio de uma distribuição probabilística (AURELIO, 2004).

De forma muito comum o modelo de Poisson é utilizado para esta tarefa descrevendo como os consumidores são gerados pela fonte e, bastando apenas possuir a taxa média de chegadas, é possível definir por completo essa distribuição. Ou seja, no modelo de Poisson os tempos entre as chegadas são exponencialmente distribuídos (AURELIO, 2004)

- **A Disciplina da Fila**

O modo como os usuários são atendidos definem a disciplina da fila. Esta pode ser: (TAHA, 2008)

- **FIFO (First In, First Out):** primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido;
- **LIFO (Last In, First Out):** último a chegar é o primeiro a ser atendido;
- **Aleatório:** isto é, os atendimentos são feitos na medida em que os clientes entram no sistema de filas sem qualquer preocupação com a ordem de chegada;
- **Com prioridade:** quer dizer, os atendimentos são feitos de acordo com prioridades estabelecidas;
- **LCFS (Last Come, First Served):** Último a Chegar, Primeiro a ser Atendido.

## 2.2. Notação de Kendall

O professor David George Kendall, criou, em 1953, uma notação para sistemas de filas, atualmente muito utilizada (TEIXEIRA, 2004). Escrita da seguinte forma  $A/B/c/K/m/Z$ , sendo que cada letra significa:

A = distribuição dos intervalos entre chegadas (Processo de Chegadas);

B = distribuição do tempo de serviço;

c = quantidade de atendentes;

K = capacidade máxima do sistema (Tamanho da Fila);

m = tamanho da população que fornece clientes;

Z = disciplina da fila.

Se não for especificado B e K são considerados infinitos e o tipo de disciplina de serviço é definido com FIFO (TEIXEIRA, 2004). Em um processo de Poisson a notação usada para A e B é M (Markoviana). Assim um modelo de fila em que a distribuição das chegadas segue a Poisson, a distribuição da duração do serviço segue a exponencial, tamanho da população infinito, tamanho para a fila infinito, fila única com seleção e com 1 estação de serviço, teria a notação M/M/1 (SANTOS, 2003). O modelo M/M/1 refere-se ao modelo de filas onde tanto as chegadas quanto o atendimento são marcovianas (o que é o mesmo que dizer que seguem a distribuição de Poisson ou a Exponencial Negativa) e que temos um único atendente. A seguir uma representação do modelo da fila M/M/1:

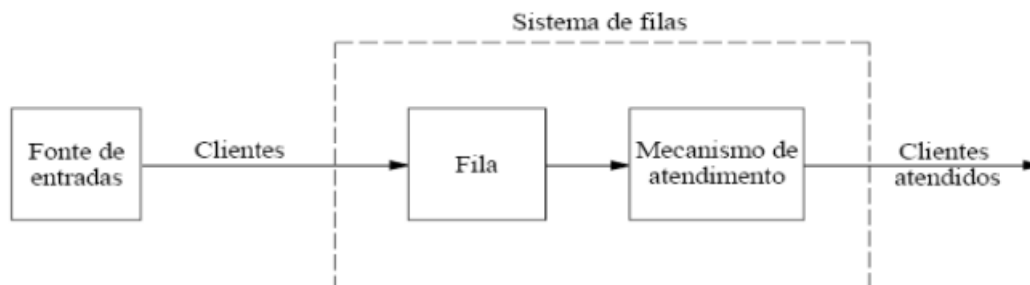


Figura 2 - Um processo de filas típico

Fonte: Hillier & Lieberman (2006)

## 2.3. Modelo III: M/M/1: Fila finita

Este é um dos diversos modelos utilizados na Teoria de Filas. Nesta situação a fila formada pode acomodar um número limitado (finito) de unidades no sistema. Isto significa que se uma unidade está no sistema, ela vai embora sem esperar para ser atendida.

Neste modelo surge uma nova variável (M), que significa o número máximo de unidades que podem estar no sistema, sendo  $M - 1$  o número máximo permitido na fila. (SANTOS, 2003)

As fórmulas do modelo, bem como sua descrição, foram descritas no quadro a seguir:

Descrição	Fórmula
$\lambda$ - Taxa de Entrada ou taxa de chegada	É a taxa média de chegadas de clientes, por unidade de tempo, ao sistema ( $\lambda$ )
$\mu$ - Taxa de atendimento ou taxa de serviço	É a taxa média de atendimento de um canal, por unidade de tempo ( $\mu$ )
Probabilidade de zero unidades no sistema, ou seja, a probabilidade do sistema estar vazio:	$P_0 = \begin{cases} \frac{1 - \frac{\lambda}{\mu}}{1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{M+1}} & p/\lambda \neq \mu \\ \frac{1}{M+1} & p/\lambda = \mu \end{cases}$
Probabilidade de existirem n clientes no sistema	$P_n = \begin{cases} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 & p/\lambda \neq \mu \\ P_0 & p/\lambda = \mu \end{cases}$
Número médio (esperado) de unidades no sistema	$L = \begin{cases} \frac{\lambda}{\mu - \lambda} - \frac{(M+1) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{M+1}}{1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{M+1}} & p/\lambda \neq \mu \\ \frac{M}{2} & p/\lambda = \mu \end{cases}$
Número médio (esperado) de unidades na fila	$L_q = L - (1 - P_0)$
A taxa de chegada efetiva ( $\lambda_{ef}$ ) dá a taxa média das unidades que realmente permanecem no sistema, ou seja, é a taxa média de entrada de unidades no sistema.	$\lambda_{ef} = \mu(1 - P_0) = \lambda(1 - P_M)$
Tempo médio (esperado) que cada unidade permanece no sistema	$W = \frac{L}{\lambda_{ef}}$
Tempo médio (esperado) que cada unidade permanece na fila	$W_q = \frac{L_q}{\lambda_{ef}}$
Fator de utilização da estação de serviço	$\rho = \frac{\lambda_{ef}}{\mu}$
Percentual dos clientes que vão embora	$\frac{\lambda_{ef}}{\lambda}$

Quadro 1 - Fórmulas do Modelo M/M/1 Fila Finita

Fonte: SANTOS (2003)

### 3. Teste de Aderência

A técnica estatística que reconhece a grandeza de uma distribuição que se fundamenta na observação e na experiência, seguindo métodos ou não, recebe o nome de Teste de Aderência. Através de fórmulas matemáticas, ou seja, ao se utilizar soluções analíticas, que foram desenvolvidas especificamente para sistemas de filas, estas, possuem poucas exceções restringindo-se aos casos onde distribuições discretas seguem a distribuição de *Poisson* e as distribuições contínuas seguem a Exponencial Negativa (SANTOS, 2003).

Por exemplo, se no processo de chegada obtivermos uma distribuição para taxa de chegada (discreta), representada pela letra grega  $\lambda$  (*lambda*), estaremos sem sombra de dúvidas interessados em testar se ela é ou não uma distribuição de *Poisson* (SANTOS, 2003).

O Teste de Aderência possui várias formas de ser executado e uma delas é o teste Qui-Quadrado ( $\chi^2$ ) (SANTOS, 2003).

O Teste ( $\chi^2$ ), na verdade, é uma "comparação" entre as frequências observada e teórica, onde a frequência teórica é calculada utilizando a fórmula (3.a) da distribuição de *Poisson*:

$$k = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^k}{k!} \quad (3.a)$$

Onde:

k = Número de observações

$\lambda$  = Média

Quando a frequência esperada, no teste ( $\chi^2$ ), for menor que 5, devem ser feitos grupamentos para torná-lo maior ou igual a 5 (SANTOS, 2003).

Efetivamente, o teste Qui-quadrado ( $\chi^2$ ), comprovará que uma distribuição é de *Poisson* quando:

$$\chi_{\text{Calc}}^2 < \chi_{\text{tab}}^2 \quad (3.b)$$

Onde:

$\chi_{\text{Calc}}^2 = \chi^2$  calculado

$\chi_{\text{tab}}^2 = \chi^2$  Tabelado

Caso contrário rejeita-se a hipótese desta distribuição ser uma Distribuição de Probabilidade de *Poisson* (SANTOS, 2003).

Para obter o  $\chi^2_{tab}$ , temos que calcular o número de graus de liberdade ( $\nu$ ): Número de pares (Frequência observada/Frequência Esperada)  $-1 -$  Número de parâmetros estimados pela amostra (SANTOS, 2003).

Na Distribuição de *Poisson*, o único parâmetro estimado pela amostra é a média  $\lambda$ . Outro dado necessário para se obter o  $\chi^2_{tab}$  é o nível de significância  $\alpha$ , que é o risco de que a hipótese seja rejeitada quando deveria ser aceita. No teste de aderência, o padrão usual é usar 5% para o nível de significância, ou seja,  $\alpha = 0,05$  (SANTOS, 2003).

## 4. METODOLOGIA

O estudo de caso foi desenvolvido com base nas seguintes etapas: (ANDRADE, 2002):

### a) Escolha do local para o estudo

O objetivo era a aplicação da teoria de filas num setor de serviço. Desta forma, o local escolhido foi um serviço de lava-rápido, de fácil acesso e de coleta de dados. Foi observado em visitas in loco, que o maior congestionamento ocorre aos sábados. Dia este, definido para a coleta de dados.

### b) Levantamento dos dados

Depois da escolha, e da autorização da sede da empresa, os dados foram coletados (ritmo de chegada e tempo de atendimento). Os horários para a cronometragem foram de oito horas da manhã até às quatorze horas. Esta coleta foi realizada em dois sábados consecutivos.

### c) Caracterização do sistema de filas

Com o intuito de caracterizar o sistema de filas, foi realizado um dos tipos de Teste de Aderência, o Teste Qui-Quadrado, pois as fórmulas utilizadas na Teoria de Filas somente poderiam ser utilizadas se as variáveis ritmo de chegada ( $\lambda$ ) e ritmo de atendimento ( $\mu$ ) seguissem a Distribuição de Poisson. Após a confirmação de que o processo de chegada e atendimento seguem essa distribuição de probabilidade, foi definido o modelo a ser utilizado no estudo de caso. O Lava-rápido atendia os clientes com somente uma baia (um servidor) e conforme observado, devido a falta de capacidade física no local, somente há espaço para a espera de seis carros pelo serviço. Desta forma, o modelo utilizado no estudo de caso foi o M/M/1 Fila Finita.

### d) Análise do desempenho atual

Após a determinação do modelo e de posse das equações próprias, os parâmetros para avaliação do uso atual do sistema foi calculado.



A etapa "Análise de desempenho sugerida" não foi necessária, pois não foi realizada nenhuma melhoria no sistema, pois o objetivo do trabalho era realizar um diagnóstico da situação atual do sistema de filas.

## 5. ESTUDO DE CASO

Após definir a metodologia, foi possível realizar o estudo.

### a) Escolha do local para o estudo

O estudo foi realizado em um Lava-Rápido localizado na cidade de Volta Redonda/ RJ, onde foi possível observar um grande fluxo de entrada de veículos aos sábados. O serviço pode ser visualizado na figura 1.

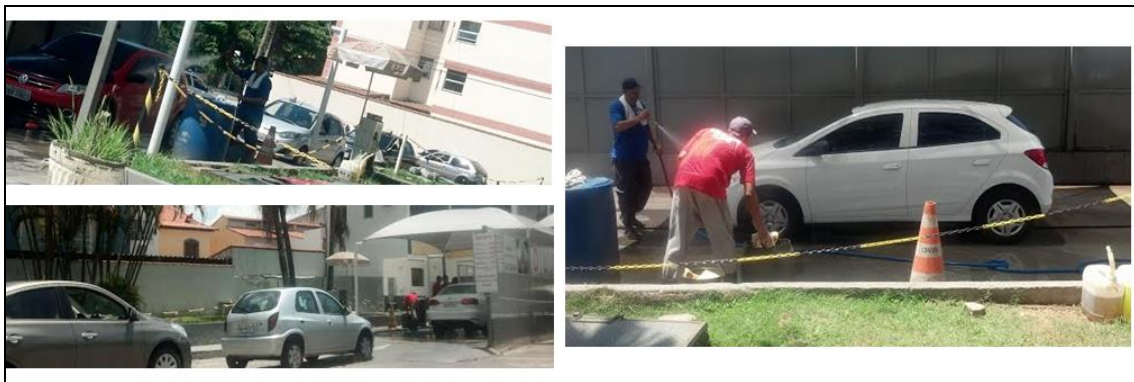


Figura 1 - Fotos reais dos dias analisados no Lava-Rápido

Fonte: Autoras

Durante a visita técnica foi observado a forma como o serviço é executado possibilitando assim a confecção do fluxograma a seguir (Figura 2), que mostra, inclusive o comportamento dos clientes quando encontram fila no estabelecimento no momento que chegam.

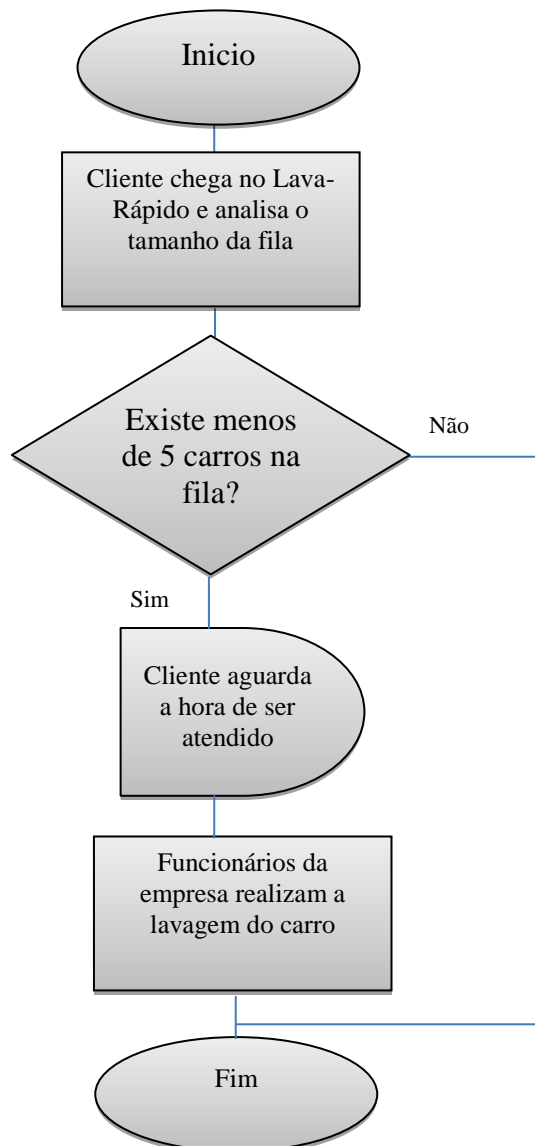


Figura 2 - Fluxograma de processo Lava-Rápido

Fonte: Autoras

## b) Levantamento dos dados

Depois da escolha, e da autorização da sede da empresa, os dados foram coletados (ritmo de chegada e tempo de atendimento). Os horários para a cronometragem foram de oito horas da manhã até às quatorze horas. Esta coleta foi realizada em dois sábados consecutivos. Os dados podem ser observados no Quadro 1 e no Quadro 2.



PERÍODO	ENTRADA	SAIDA
08:00 às 08:20	3	2
08:20 às 08:40	2	3
08:40 às 09:00	4	3
09:00 às 09:20	2	3
09:20 às 09:40	1	1
09:40 às 10:00	5	1
10:00 às 10:20	5	5
10:20 às 10:40	1	4
10:40 às 11:00	1	2
11:00 às 11:20	2	2
11:20 às 11:40	2	2
11:40 às 12:00	2	2
12:00 às 12:20	3	3
12:20 às 12:40	1	1
12:40 às 13:00	1	1
13:00 às 13:20	3	2
13:20 às 13:40	0	1
13:40 às 14:00	2	2
TOTAL	40	40

Quadro 1 - Coleta dos dados a cada 20 minutos no primeiro dia.

Fonte: Autoras



PERÍODO	ENTRADA	SAIDA
08:00 às 08:20	4	3
08:20 às 08:40	2	2
08:40 às 09:00	4	4
09:00 às 09:20	5	3
09:20 às 09:40	3	4
09:40 às 10:00	3	3
10:00 às 10:20	4	2
10:20 às 10:40	2	3
10:40 às 11:00	1	4
11:00 às 11:20	3	2
11:20 às 11:40	2	3
11:40 às 12:00	2	2
12:00 às 12:20	5	1
12:20 às 12:40	2	4
12:40 às 13:00	2	2
13:00 às 13:20	0	2
13:20 às 13:40	1	1
13:40 às 14:00	2	2
TOTAL	47	47

Quadro 2 - Coleta dos dados a cada 20 minutos no segundo dia.

Fonte: Autoras

Após a coleta de dados, foi realizado um resumo das informações, possibilitando assim, a aplicação do teste de aderência.

CHEGADAS POR 20 MIN	Nº DE OBSERVAÇÕES
0	2
1	7
2	13
3	6
4	4
5	4
$\lambda = 2,42 / 20\text{min}$	

Quadro 3 - Resumo das informações coletadas no primeiro e segundo dia

Fonte: Autoras

c) Caracterização do sistema de filas

Após definir o valor do ritmo de chegada ( $\lambda$ ) e ritmo de atendimento ( $\mu$ ). Foi realizado o teste Qui-Quadrado, conforme será detalhado a seguir.

Para utilizar o teste, foi confeccionado o quadro abaixo com os resultados dos cálculos da frequência esperada (Quadro 4)

Nº de Chegadas/20 MIN	P(nº de Obs = K)	Frequência Esperada
0	0,089	3,2
1	0,215	7,4
2	0,26	9,36
3	0,21	7,56
4	0,13	4,68
5	0,06	2,16
$K = e^{-\lambda} \cdot \lambda^k / k!$		

Quadro 4 - Cálculo da Resumo das informações coletadas no primeiro e segundo dia

Fonte: Autoras

No teste Qui-Quadrado, quando a frequência esperada é menor que 5, deve-se agrupar até se tornar maior ou igual a 5 (SANTOS, 2003). Desta forma, foi aplicada a fórmula do teste, conforme detalhado a seguir.

$$X^2_{\text{calc}} = \frac{(9 - 10,94)^2}{10,94} + \frac{(13 - 9,36)^2}{9,36} + \frac{(10 - 12,24)^2}{12,24}$$

$$X^2_{\text{calc}} = 0,34 + 1,41 + 0,41$$

$$X^2_{\text{calc}} = 2,16$$

$$V = 3 - 1 - 1$$

$$V = 1$$

Consultando a tabela do Teste Qui-Quadrado e considerando  $\alpha$  igual a 0,05, foi obtido o de  $X^2_{\text{tab}}$  igual a 3,84. Como o  $X^2_{\text{calc}} < x^2_{\text{tab}}$  ( $2,16 < 3,84$ ), a hipótese de que a taxa de chegada ( $\lambda$ ) segue a distribuição de Poisson não é rejeitada.

Como os valores das variáveis ritmo de chegada ( $\lambda$ ) e ritmo de atendimento ( $\mu$ ) são iguais, isto significa que o ritmo de atendimento ( $\mu$ ) também segue a Distribuição de Poisson.

Como o modelo foi caracterizado como M/M/1 Fila Finita, foi possível utilizar as fórmulas associadas ao modelo.

#### d) Análise do desempenho atual

Os resultados encontrados aplicando as fórmulas da Teoria de Filas do Modelo M/M/1 Fila Finita pode ser visualizado no Quadro 5. Ao utilizar as fórmulas foi considerado que M é igual a 5 e que  $\lambda$  e  $\mu$  são iguais a 2,42/20min.

Variáveis de Desempenho da Teoria de Filas	Resultados
Probabilidade de não existir nenhum carro no sistema (P0)	17%
Quantidade de carros no sistema (L)	2,5
Quantidade de carros na fila (Lq)	1,67
Taxa de entrada ( $\lambda$ )	2,42
Taxa de entrada efetiva ( $\lambda_{\text{ef}}$ )	2
Fator de utilização ( $\rho$ )	0,83
Tempo médio de espera no sistema (W)	1,25
Tempo médio de espera na fila (Wq)	0,83
Percentual dos clientes que vão embora	17,3 %

Quadro 5 - Resultado das variáveis de desempenho da Teoria de Filas

Fonte: Dados levantados pelos autores

Após analisar todos os cálculos foi possível observar que a empresa necessita de contratação de novos funcionários, pois sua taxa de desistência é de aproximadamente 17%, ou seja, a empresa deixa de atender uma média de 04 carros por sábado.

## 6. CONCLUSÃO

O estudo no Lava-Rápido apresentado neste trabalho exemplifica uma aplicação da teoria das filas num sistema encontrado no cotidiano das pessoas, mostrando que é possível utilizar de forma simples a pesquisa operacional no setor de serviços, com o intuito de realizar um diagnóstico do desempenho atual e tornar possível a implementação de melhorias.

O sistema de atendimento estudado apresenta um modelo de fila do tipo M/M/1 Fila Finita, que se caracteriza por apresentar uma única fila para um único posto de atendimento, com uma limitação máxima de unidades no sistema

O estudo realizado no Lava-Rápido evidenciou que atualmente 17,3% dos clientes potenciais procuram atendimento em outro estabelecimento, o que indica a necessidade de realização de um estudo econômico para determinar a viabilidade de melhoria do posto de atendimento.

Em relação as demais variáveis, é necessária a realização de uma pesquisa de satisfação com os clientes para determinar se o tempo de espera pelo serviço atualmente é satisfatório.

## 7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. Introdução à Pesquisa Operacional: métodos e modelos para análise de decisões. 3ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

ANDRADE, E. L. Problemas de Congestionamento das Filas. In: ANDRADE, E. L. Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e modelos para análise de decisões. Ed. 4. Rio de Janeiro : LTC, 2009. Cap. 6, p. 104-120.

ARENALES, M. et al. Pesquisa operacional: para cursos de engenharia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007

AURELIO, Marco. Teoria das filas e das simulações (apostila). Santo André: UNIA, 2004.

DOS SANTOS, MAURÍCIO. Apostila de Pesquisa Operacional da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), R. J., Brasil, 2003.

KRAJEWSKI, Lee, Larry; RITZMAN, Larry; MALHOTRA, Manoj. Administração de Produção e Operações. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2009.

SABBADINI, F.; GONÇALVES, A. A.; OLIVEIRA, M. J. F. Gestão da Capacidade de Atendimento e Simulação Computacional para a Melhoria na Alocação de Recursos e no Nível de Serviço em Hospitais. Em: III SEGET - SIMPOSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA. 2006

TAHA, Hamdy A. Pesquisa Operacional. 8.ed. São Paulo: Pearson, 2008 HILLIER, Frederick S. & LIEBERMAN, Gerald J. Introdução à Pesquisa Operacional. 8ª Edição. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

TEIXEIRA, Mário Meireles. Introdução à Teoria das Filas. Disponível em:  
<[www.ceset.unicamp.br/~marlih/ST565/intro-filas.pdf](http://www.ceset.unicamp.br/~marlih/ST565/intro-filas.pdf)> Acesso em: 26/04/2014