



A TEORIA DE FILAS COMO FERRAMENTA DE APOIO NA ANÁLISE DE UM SERVIÇO DE ATENDIMENTO

BYANCA PORTO DE LIMA
byanca_porto@yahoo.com.br
UNIFOA

Artur da Silva Siqueira de Novais
artur_novais12@yahoo.com.br
UNIFOA

Caroline Cristina de Carvalho
carol-ccarvalho@hotmail.com
UNIFOA

Larissa Melo Negrão
negrao.larissa@yahoo.com.br
UNIFOA

Resumo: A teoria das filas consiste em obter modelos adequados de circunstâncias que envolvem filas, prevendo assim o seu comportamento. Esse comportamento é expresso por diversas medidas de desempenho, designadamente, a taxa de chegada dos clientes e taxa de atendimento do sistema. A presente pesquisa objetiva analisar e evidenciar a importância da teoria de filas na avaliação da capacidade de atendimento da Loteria do Lazer, filial da Caixa Econômica Federal da cidade de Barra Mansa no Rio de Janeiro. Esta filial foi escolhida pela grande procura pelos serviços da agência que fica localizada em um local no qual há um grande fluxo de pessoas. Neste estudo de caso foi analisado apenas o caixa preferencial, onde foi possível identificar a capacidade de atendimento, simular e analisar o comportamento do sistema, quanto ao tempo de espera na fila e no sistema, tamanho da fila e do sistema, de forma a dimensionar a capacidade do serviço, buscando a satisfação dos clientes e a viabilidade econômica do projeto. Demonstrando que é possível aplicar e simular de forma simples o funcionamento da teoria de filas com a finalidade de propor soluções simples se caso for identificado algum problema.

Palavras Chave: Teoria de filas - Desempenho - Teste de Aderência - Sistema de Filas -

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a qualidade torna-se cada vez mais um fator determinante para a escolha de métodos de serviços. Dessa forma, é importante o estudo da teoria das filas, pois este visa aperfeiçoar o desempenho de um sistema, reduzindo seus custos e gerando satisfação dos clientes.

Neste mundo contemporâneo, em todos os serviços, a relação interpessoal direta ou indireta sempre envolve a obrigação de esperar. No entanto, oferecer um serviço de qualidade significa saber compreender a demanda de clientes, organizar sistemas que a controlem e ajustar a capacidade de atendimento em função da demanda, e como consequência, reduzir a espera e manter um serviço adequado ao cliente (GIANESE; CORRÊA, 1996).

A Teoria das Filas é utilizada, com frequência, para resolução de problemas que envolvem tempo de espera, ou seja, em um determinado sistema, clientes chegam para serem atendidos, recebem o serviço e depois se retiram do sistema (ROMERO et al. 2010).

Conforme Abensur (2011), o motivo das filas está relacionado com a capacidade de atendimento de um servidor e a demanda existente a ser atendida. Nesse sentido, é importante o gerenciamento de serviços, já que é inviável conhecer toda uma demanda existente durante um período. Logo, a técnica se torna representativa para um dado intervalo de tempo, sendo esta um método analítico, que aborda o assunto por meio de fórmulas matemáticas, que estudam 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).

Em Morabito; Lima (2000) são descritos dois tipos de sistema de atendimento. O primeiro referente à n atendentes para uma única fila, com disciplina de atendimento FIFO (First In, First Out), admitindo que λ clientes chegam em um determinado intervalo médio de tempo e que cada servidor possui a mesma capacidade atendimento μ , em um determinado tempo. O segundo modelo, também FIFO, admiti m atendentes que servem filas paralelas com chegadas de λ clientes por intervalo de tempo e cada servidor possuindo sua capacidade de atendimento μ . A Figura 1 ilustra estas duas situações decorrentes em sistemas de filas.

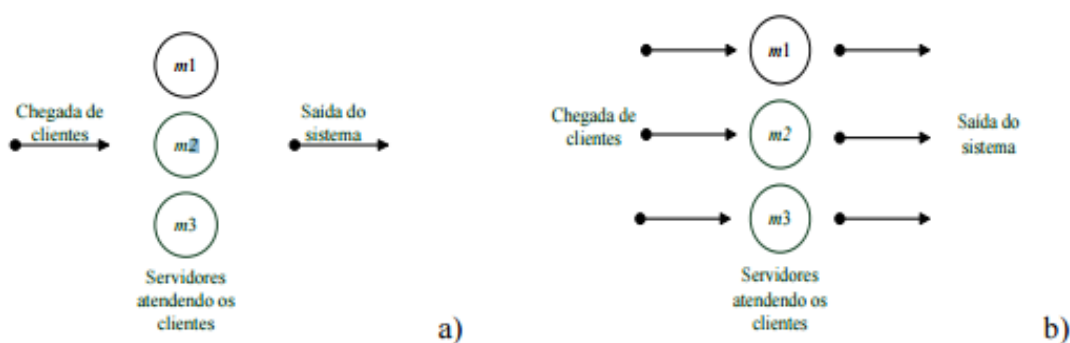


Figura 1: (a) Processo para uma única fila (M/M/m) (b) sistema para filas em paralelo (M/M/1).

Fonte: Adaptado de Morabito; Lima (2000)

O processo de chegada é quantificado através da taxa média de chegada em um determinado intervalo de tempo (λ) e que ocorre de maneira aleatória (ARENALES et al. 2007). Para caracterizar esta aleatoriedade corretamente, um processo de chegada deve dispor de uma distribuição de probabilidade, tal como uma distribuição Normal, de Poisson, exponencial negativa, Erlang, etc. Os mesmos autores ainda esclarecem que o processo de

chegada não varia ao longo do tempo e que não é afetado pelo número de usuários presentes no sistema, sendo um processo determinístico.

Já o processo de atendimento é quantificado através do ritmo médio de atendimento (μ) e do tempo, ou, duração média do serviço. Arenales (2007) admite que não mais de um usuário pode ser atendido por um servidor no mesmo instante, que o processo não varia ao longo do tempo e que não é afetado pelo número de usuários presentes no sistema. O sistema pode possuir um ou mais servidores, sendo que esta quantidade é influenciada pela demanda existente.

A satisfação dos clientes está na qualidade dos serviços oferecidos e prestados. Quanto mais satisfeito o cliente está com o produto, maior é sua lealdade com este, já que ele atende a todos seus anseios e com o aumento da lealdade, clientes satisfeitos podem fornecer vantagens lucrativas, como assegurar receitas ao longo do tempo, a reduzir custos de transações futuras, a diminuir a elasticidade de preço e minimizar a probabilidade de os clientes trocarem de fornecedor caso haja uma queda no nível da qualidade (ANDERSON; FORNELL, 1999).

Para aplicação destes preceitos, foi selecionada a Loteria do Lazer localizada no município de Barra Mansa, visto que esta apresenta um fluxo constante de pessoas proporcionando alto nível de confiabilidade.

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O estudo foi executado na Loteria do Lazer, uma filial do sistema bancário da Caixa Econômica Federal localizada no município de Barra Mansa no interior do estado do Rio de Janeiro. Considerando que a casa lotérica está localizada no centro do município, foi possível observar um constante fluxo de pessoas. Neste estabelecimento é possível realizar o pagamento de contas, fazer apostas em jogos de loteria (como a Loto fácil, por exemplo) e pequenas operações bancárias, tais como receber o seguro desemprego e entre outras.

A loteria dispõe de cinco caixas de atendimento, sendo um deste preferencial para idosos, gestantes e pessoas com necessidades especiais.

Verificando o alto fluxo de pessoas neste caixa e sua maneira diferente de atuar, já que é preferencial, foi escolhido apenas este para ser analisado e estudado, no qual os clientes chegam em uma fila única e aguardam por atendimento em ordem de chegada.

3. MODELAGEM DO SISTEMA

Para se estudar de forma adequada a casa lotérica escolhida, deve-se verificar como o sistema de fila se comporta. Para isso, são coletados dados com o intuito de verificar se a taxa de chegada (λ) e a taxa de saída (μ) de clientes seguem a distribuição de poisson e com isso, pode-se determinar o desempenho do sistema por meio do cálculo das seguintes variáveis, tais como, o tempo médio de espera do cliente na fila, o número médio de clientes na fila, o fator de utilização do caixa, entre outros.

O estudo baseou-se em apenas um caixa, o modelo adotado para análise é, portanto, o M/M/1. Onde há uma única fila, na qual os clientes são atendidos de acordo com a ordem de chegada.

Por se tratar de um estudo de caso simples e com objetivo de demonstrar a funcionalidade da teoria de filas, apenas uma coleta de dados foi realizada.

3.1. TAXA DE CHEGADA DE CLIENTES

O levantamento de dados foi realizado observando-se quantos clientes chegam a cada minuto e aguardam atendimento na fila preferencial. Esta coleta teve início às 11 horas 56 minutos e terminou às 12 horas 56 minutos, pois foi observado grande fluxo neste período. Neste período de uma hora foram coletados os seguintes dados apresentados no quadro 1.

Minuto	Frequência Observada	Minuto	Frequência Observada	Minuto	Frequência Observada
1	3	21	1	41	3
2	0	22	3	42	2
3	2	23	1	43	7
4	0	24	4	44	2
5	1	25	2	45	2
6	1	26	8	46	1
7	0	27	2	47	1
8	2	28	4	48	5
9	5	29	4	49	4
10	2	30	3	50	1
11	3	31	2	51	3
12	0	32	1	52	0
13	2	33	2	53	3
14	4	34	5	54	1
15	1	35	1	55	1
16	1	36	4	56	1
17	1	37	4	57	3
18	2	38	2	58	0
19	5	39	2	59	2
20	2	40	1	60	3

Quadro 1: Dados coletados de entrada de clientes.

Fonte: Os autores.

Em primeira análise, pode-se perceber que durante 12:10 e 12:40 o número de chegadas aumentou consideravelmente. Tendo seu pico entre 12:10 e 12:20. Conforme pode ser observado no gráfico abaixo:

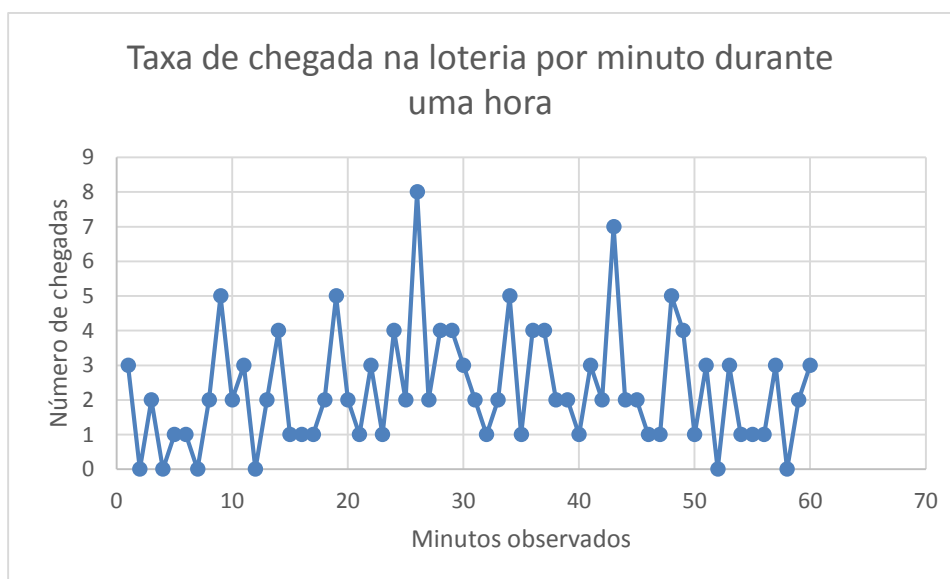


Gráfico 1: Taxa de chegada na loteria por minuto durante uma hora.

Fonte: Os autores

3.2. TAXA DE CHEGADA DE CLIENTES

Também foi coletado no mesmo período e utilizando a mesma metodologia utilizada para a coleta de dados de chegada de clientes, a quantidade de clientes que saíam da agência lotérica. Os dados desta coleta podem ser observados no quadro 2 abaixo:

Minuto	Frequência observada	Minuto	Frequência observada	Minuto	Frequência observada
1	1	21	1	41	3
2	2	22	1	42	4
3	0	23	8	43	3
4	2	24	2	44	2
5	4	25	1	45	4
6	1	26	5	46	2
7	2	27	4	47	0
8	1	28	5	48	2
9	1	29	1	49	4
10	1	30	4	50	0
11	3	31	5	51	2
12	1	32	2	52	3
13	4	33	2	53	3
14	4	34	2	54	1
15	8	35	4	55	3
16	4	36	3	56	3
17	1	37	3	57	0
18	2	38	1	58	3
19	2	39	4	59	1
20	4	40	1	60	4

Quadro 2: Dados coletados de saída de clientes.

Fonte: Autores

Quanto a taxa de saída, pode-se verificar seu comportamento ao longo do mesmo período, conforme pode ser observado no gráfico 2.



Gráfico 2: Taxa de saída na loteria por minuto durante uma hora.
 Fonte: Os autores

Com todos estes dados coletados, é possível verificar se esta estrutura de sistema se encaixa na teoria das filas, ou seja, as taxas de chegada e de saída de clientes seguem a distribuição de poisson. Para isso, é utilizado o Teste de Aderência, denominado Teste Qui-Quadrado, considerando 5% de significância.

4. TESTE QUI-QUADRADO

Os dados coletados, foram organizados conforme quadros 3 e 4 para facilitar a aplicação do Teste de Aderência.

Número de Chegadas/min (Xi)	Frequência Observada	P(nº obs = K)	Frequência Esperada
0	6	0,100	6,015
1	16	0,230	13,835
2	16	0,265	15,911
3	9	0,203	12,198
4	7	0,117	7,0141
5	4	0,053	3,226
6	0	0,021	1,237
7	1	0,007	0,406
8	1	0,002	0,117

Quadro 3: Resumo das informações coletadas sobre a chegada de clientes.
 Fonte: Os autores.

Número de Saídas/min (Xi)	Frequência Observada	P(n° obs = K)	Frequência Esperada
0	4	0,076	4,607
1	15	0,197	11,825
2	13	0,253	15,176
3	10	0,216	12,984
4	13	0,139	8,331
5	3	0,072	4,276
6	0	0,030	1,829
7	0	0,011	0,670
8	2	0,003	0,215

Quadro 4: Resumo das informações coletadas sobre a saída de clientes.
Fonte: Os autores

A partir dos dados coletados, realizou-se o teste Qui-quadrado com os valores de taxa de entrada e taxa de saída.

É importante ressaltar, ainda, que é necessário o agrupamento da frequência esperada até que esta seja maior que do que 5. (SANTOS, 2003). Desta forma, foi confeccionado o Quadro 5 com os resultados das frequências esperadas agrupadas.

Frequência Observada Acumulada	Frequência Esperada Acumulada	(Freq. Obs. - Freq. Esper.) ² / Freq. Esper.
6	6,015	0,00004
16	13,835	0,33855
16	15,911	0,00049
9	12,198	0,83865
13	12,001	0,08321
Total (X ² calculado)		1,26096

Quadro 5: Resumo das informações coletadas na entrada com X² calculado.
Fonte: Os autores

Para obter o χ^2_{tab} , faz-se necessário calcular o número de graus de liberdade (ν): Número de pares (Frequência observada/Frequência Esperada) - 1 - Número de parâmetros estimados pela amostra (SANTOS, 2003). No estudo em questão o X²tab encontrado foi 7,82.

Como o X²cal foi menor que o valor do X²tab, pode ser considerado, num nível de significância de 5%, que a taxa de chegada de clientes segue a distribuição de poisson. (SANTOS, 2003).

Seguindo o mesmo procedimento, foi elaborada o quadro 6, que resumi os dados coletados a cerca da frequência de saída de clientes por minuto.

Frequência Observada Acumulada	Frequência Esperada Acumulada	$(\text{Freq. Obs.} - \text{Freq. Esper.})^2 / \text{Freq. Esper.}$
19	16,433	0,401
13	15,176	0,312
10	12,984	0,686
13	8,332	2,616
5	6,992	0,568
Total (X^2 calculado)		4,582

Quadro 6: Resumo das informações coletadas na saída com X^2 calculado.

Fonte: Os autores

Neste caso, como o X^2 calculado (4,58) é menor que o X^2 tabelado (7,82), logo, conclui-se que a taxa de saída de clientes também segue a distribuição de poisson.

5. ANÁLISE DO DESEMPENHO ATUAL DP SISTEMA

O modelo adequado para esta situação é ajustado segundo os dados obtidos. Então, com isso, pode-se afirmar que o modelo adequado para avaliar o Sistema de Filas é o M/ M/ 1, considerando a taxa média de chegadas de clientes (λ) igual a 2,3 clientes/min e a taxa média de saída de clientes (μ) igual a 2,57/min.

A partir destes dados, foi possível calcular as variáveis que descrevem a avaliação de desempenho do sistema atual, conforme apresentado no Quadro 7.

Variáveis de Desempenho da Teoria de Filas	Resultados
Taxa média de chegada de clientes (λ)	2,3 clientes por minuto
Taxa média de saída de clientes ou Taxa média de serviço (μ)	2,57 clientes por minuto
Probabilidade de não existir nenhum cliente no sistema (P_0)	12%
Quantidade de clientes no sistema (L)	6,42 clientes
Quantidade de clientes na fila (L_q)	5,54 clientes
Fator de utilização (ρ)	0,88
Tempo médio de espera no sistema (W)	2,84 minutos
Tempo médio de espera na fila (W_q)	2,45 minutos

Quadro 7: Resultado das variáveis de desempenho da Teoria de Filas.

Fonte: Os autores

6. CONCLUSÃO

O trabalho realizado a respeito da Loteria do Lazer apresentado neste artigo exemplifica e demonstra uma aplicação de teoria das filas em um sistema cotidiano, evidenciando que é possível aplicar de forma simples a pesquisa operacional no setor de serviços para coletar dados e comprovar hipóteses com objetivo de otimizar espaços, balancear sistemas, melhorar atendimentos e aumentar a satisfação de clientes e funcionários.

Conforme descrito anteriormente, a loteria estudada apresenta cinco caixas de atendimento e um caixa preferencial, sendo este o escolhido para estudo e aplicação da teoria de filas. Assim sendo, este enquadra-se no modelo de fila do tipo M/M/1, que por sua vez caracteriza-se por apresentar uma única fila para um único posto de atendimento.

Para melhor análise do desempenho, deve-se realizar uma pesquisa de satisfação com os clientes em relação aos serviços prestados.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABENSUR, E. O. (2011). Banking operations using queuing theory and genetic algorithms. *Produto & Produção*, v.12, n.2, p.69-86.

ANDERSON, E. W.; FORNELL, C. (1999). The customer satisfaction index as a leading indicator. In: IACOBUCCI, D.; SWARTZ, T. (Org) *Handbook of Services Marketing and Management*. Sage Publications, New York.

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.

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.

Estatística – Qui Quadrado. Disponível em:
<<http://www.ufpa.br/dicas/biome/biopdf/bioqui.pdf>> Acesso em 03 de novembro de 2015.

FIGUEIREDO, Danielle Durski; ROCHA, Silvana Heidemann. **Aplicação da Teoria de Filas na Otimização do número de caixas: um estudo de caso**. Disponível em:
<<http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/iccesumar/article/view/1300/1113>> Acesso em 03 de novembro de 2015.



FILHO, Paulo José de Freitas. **Introdução a modelagem e simulação com aplicações em arena**. Disponível em: <<http://bookstore.com.br/shop/sumarios/01113.pdf>> Acesso em 03 de novembro de 2015.

GIANESI, Irineu G. N.; CORRÊA, Henrique Luis. **Administração estratégica de serviços**. São Paulo. Atlas, 1996

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

MORABITO, R.; LIMA, F. R. C. (2000). Um modelo para analisar o problema de filas em caixas de supermercados: um estudo de caso. *Pesquisa Operacional*, v. 20, n.1, p.59-71.

ROMERO, C. M.; SALES, D. S.; VILAÇA, L. L.; CHAVEZ, J. R. A.; CORTES, J. M. (2010). Aplicação da teoria das filas na maximização do fluxo de paletes em uma indústria química. *Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*, v.2, n.3, p.226-231.

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.

TORRES, Oswalvo Fadigas. **Elementos da teoria de filas**. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rae/article/viewFile/40705/39458>> Acesso em 03 de novembro de 2015.