

## **Aplicação da Teoria das filas no setor de fotocópias em um ambiente interno**

Lucas Augusto Soares Paula<sup>1</sup>

Marcus Antônio Croce<sup>2</sup>

### **Resumo:**

A teoria das filas é um ramo da probabilidade que explica o comportamento das filas através de cálculos matemáticos. O trabalho presente então analisa uma repartição de fotocópias, localizada no interior de uma faculdade como objeto central da pesquisa, onde ficou constatado que, em dias de avaliações, como provas por exemplo, formam-se grandes filas e com isso também, grande espera para o atendimento. O objetivo desse estudo é mostrar que utilizando os fundamentos da Teoria das Filas, torna-se possível reduzir o tempo de atendimento e também a expectativa do cliente. A metodologia aplicada teve como base o método quantitativo de dados. Os resultados obtidos foram satisfatórios, apontando soluções para que o problema seja resolvido sem que haja dificuldades no relacionamento da repartição de fotocópias com os usuários desse serviço.

**Palavras chave:** Teoria das Filas; expectativa; chegada; atendimento.

### **Introdução**

O avanço constante da tecnologia, onde se constata que a cada dia pode-se realizar várias operações via computador, internet e celular reduziu muito a presença humana em agências bancárias ou outros ramos em que se formavam grandes filas. Porém, o acesso simples e rápido a serviços de modo que supram as necessidades de cada pessoa, quando só é possível ser resolvido via filas em determinadas repartições acaba gerando irritação e um grande desconforto de ambas as partes envolvidas.

As filas com o passar do tempo podem sim ter diminuído em certos lugares, porém não foram extintas e em determinados setores ainda são longas e

---

<sup>1</sup> Aluno do 10º período do Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Santa Rita – FaSaR.

<sup>2</sup> Doutor em Economia pela UFMG e Professor Titular do Dep. de Engenharia de Produção da Faculdade Santa Rita – FaSaR.

causam insatisfação sendo que, nem sempre é fácil encontrar um método eficaz dentro da realidade de cada meio ou mesmo em propor melhorias.

O fato é que um funcionamento que não traz satisfação ao usuário tende a se romper no futuro, e diante desse possível incidente é preciso encontrar a raiz da causa do problema. Com essa forte e constante demanda encontram-se fatores cruciais, e um desses fatores é o tempo de atendimento, no qual é de extrema importância quando se trata de qualidade de serviços prestados e satisfação dos usuários.

A pesquisa presente busca entender o que gera inquietação e insatisfação nos clientes do setor de fotocópia localizada no interior de uma Faculdade em Minas Gerais. Em um primeiro plano identificam-se os possíveis gargalos/filas que impedem o sistema de funcionar da melhor forma possível. A unidade de fotocópias, que é o nosso objeto de pesquisa, recebe alunos de dois prédios que compõe à instituição, sendo possível identificar filas que tomam um tempo considerável até que os usuários desse serviço desistem ou não conseguem ser atendidos.

O estudo da Teoria das Filas dá o norte para esse trabalho, tal teoria é um ramo da Pesquisa Operacional (método científico de tomada de decisões), que foi utilizado para identificar e propor melhorias de modo que seja viável tanto para os recursos da unidade de fotocópias quanto para os usuários.

O foco da pesquisa é a queda da expectativa negativa que os usuários desse sistema têm, inserindo através da Teoria das Filas uma alternativa para que essa expectativa tenha uma grande redução.

No cenário atual do sistema, todo aluno que se dirige à unidade para utilizar esse serviço já chega com a expectativa de 100% que vai encontrar grande fila e com isso muita demora em ser atendido. Através das probabilidades e aplicações da Teoria das Filas apresenta-se que é possível essa expectativa atingir um nível inferior a 10%.

É interessante observar que, logicamente é claro que, para tal expectativa ser drasticamente reduzida será necessário aumentar o número de atendentes, porém, é nesse ponto que a Teoria das Filas se justifica.

## **1 – A Teoria das Filas e seus avanços teóricos**

Estudos mostram que fila é uma sequência alinhada de algo ou alguém que espera determinado serviço ou ação. Uma fila ocorre quando a taxa de chegada ( $\lambda$ ) é maior que a taxa de atendimento ( $\mu$ ) (PRADO, 2014).

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009), a maneira como um cliente percebe o tempo gasto na fila é o que enfatiza o julgamento de um determinado atendimento, de modo que, se ele for informado que será atendido em um certo tempo e for atendido antes, sua visão de fila se torna bem mais positiva, ou se não for, sua visão relacionada é negativa.

Segundo Corrêa e Corrêa (2012) nas primeiras décadas do século XX um matemático chamado *Agner Krarup Erlang*, a fim de solucionar um problema de congestionamentos de chamadas telefônicas em Copenhage, capital da Dinamarca, desenvolveu uma série de fórmulas matemáticas nos Estados Unidos com intuito de estudar o problema. Em 1917, tendo publicado um artigo, deu início a chamada Teoria das Filas.

Já para Taha (2008) o estudo das filas necessita de medidas representativas de desempenho para quantificar os dados do fenômeno de espera, são elas o comprimento médio de uma fila, tempo médio de espera em fila e a média de utilização.

Ainda observando o trabalho de Corrêa e Corrêa (2012) a forma com o que o volume do fluxo de chegadas se distribui no tempo é que afeta diretamente no desempenho dos sistemas de filas. De acordo com Fogliatti e Mattos (2007) o comportamento do fluxo de chegadas é que especifica esse processo, no qual é conhecido como determinístico quando se conhece o número de chegadas e o determinado tempo em que elas acontecem; caso ao contrário, é chamado estocástico ou probabilístico que é evidenciado pela aleatoriedade do comportamento.

Esse processo tem grande influência no tamanho da fila. Ele determina o tempo em que o usuário é atendido pelo servidor. Conforme demonstra Fogliatti e Mattos (2007) o comportamento do fluxo de usuários atendidos é que determina o tempo de atendimento.

Para Prado (2014) o sistema de filas mais simples é aquele de um único servidor que pode atender a um único cliente de uma vez, e conforme aumente o ritmo de chegada, pode-se manter a qualidade do serviço. Quando o número de servidores é elevado de forma conveniente. O fator que controla

o tamanho da fila são os servidores disponíveis para executar tal procedimento, sendo que, quanto maior números de servidores, menor será a fila.

## **2 – O estudo de caso no setor de fotocópias em um ambiente interno.**

### **2.1 – Materiais e métodos**

Os dados foram analisados em um período de provas no setor de fotocópias de uma faculdade. Os materiais utilizados foram caneta e papel para anotação dos dados obtidos através da observação e medição do tempo da fila e do atendimento e logo após a utilização de um computador para armazenamento dos dados.

A metodologia foi a observação e anotação dos dados para que posteriormente, de posse desses dados aplicá-los nas fórmulas que compõem o espectro da Teoria das Filas.

### **2.3 – Análise e discussão dos resultados**

#### Período de provas

##### Primeiro dia:

No primeiro dia foi registrado 39 chegadas ( $\lambda = 39$ ), o tempo de atendimento (TA) teve uma média de aproximadamente 2 minutos 35 segundos ou 2,583 minutos.

##### Segundo dia:

No segundo dia foi registrado 37 chegadas ( $\lambda = 37$ ), o tempo de atendimento (TA) teve uma média de aproximadamente 2 minutos 11 segundos ou 2,183 minutos.

##### Terceiro dia:

No terceiro dia foi registrado 32 chegadas ( $\lambda = 32$ ), o tempo de atendimento (TA) teve uma média de aproximadamente 2 minutos 39 segundos ou 2,650 minutos.

##### Média Geral:

Reunindo os três dias obteve-se uma média de 36 chegadas ( $\lambda = 36$ ), e um tempo de atendimento de 2,46 minutos ou 2 minutos e 28 segundos. Para achar a taxa de atendimento ( $\mu$ ):

Com o tempo calculado em horas, o valor é dividido por 60,

$$TA = 2,46 \text{ minutos ou } TA = 0,041 \text{ horas}$$

$$\mu = 1/TA$$

$$\mu = 24 \text{ usuários (aproximadamente)}$$

Expectativa de Tempo na Fila:

$$P = \frac{\lambda}{\mu}$$

$$P = 1,5$$

Para  $k=2$ , temos:

Probabilidade de o sistema estar vazio ou ocioso:

$$P_0 = \frac{1}{\left[ \sum_{n=0}^{k-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \right] + \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{K\mu}{k\lambda - \mu}}$$

$$P_0 = 1,8$$

O número de usuários na fila:

$$L_q = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \cdot P_0}{(k-1)! (k\mu - \lambda)^2}$$

$$L_q = 24 \text{ pessoas (aproximadamente)}$$

O número de usuários no sistema:

$$L = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \cdot P_0}{(k-1)! (k\mu - \lambda)^2} + \frac{\lambda}{\mu}$$

$$L = 26 \text{ pessoas}$$

O tempo de espera na fila:

$$W_q = \frac{\mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \cdot P_0}{(k-1)! (k\mu - \lambda)^2}$$

$$W_q = 0,675 \text{ horas ou } 40,5 \text{ minutos}$$

O tempo de espera no Sistema:

$$W = \frac{\mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \cdot P_0}{(k-1)! (k\mu - \lambda)^2} + \frac{1}{\mu}$$

$$W = 0,717 \text{ horas ou } 43 \text{ minutos}$$

Expectativa do usuário em relação à espera na fila:

$$P_k = P_0 \cdot \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{K\mu}{\mu\lambda - \mu}$$

$$P_k = 8,1 \text{ ou } 810\%$$

Para **k=4**, temos:

Probabilidade de o sistema estar vazio ou ocioso:

$$P_0 = \frac{1}{\left[ \sum_{n=0}^{n=k-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \right] + \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{K\mu}{k\lambda - \mu}}$$

$$P_0 = 1,038$$

O número de usuários na fila:

$$L_q = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \cdot P_0}{(k-1)! (k\mu - \lambda)^2}$$

$$L_q = 0,365 \text{ pessoas}$$

O número de usuários no sistema:

$$L = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \cdot P_0}{(k-1)! (k\mu - \lambda)^2} + \frac{\lambda}{\mu}$$

$$L = 1,865 \text{ pessoas} = 2 \text{ pessoas (aproximadamente)}$$

O tempo de espera na fila:

$$W_q = \frac{\mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \cdot P_0}{(k-1)! (k\mu - \lambda)^2}$$

$$W_q = 0,010 \text{ horas ou } 0,6 \text{ minutos}$$

O tempo de espera no Sistema:

$$W = \frac{\mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \cdot P_0}{(k-1)! (k\mu - \lambda)^2} + \frac{1}{\mu}$$

$$W = 0,052 \text{ horas ou } 3,1 \text{ minutos}$$

Expectativa do usuário em relação à espera na fila

$$P_K = P_0 \cdot \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{K\mu}{\mu\lambda - \mu}$$

$$P_K = 0,830 \text{ ou } 83\%$$

Para **k=5**, temos:

Probabilidade de o sistema estar vazio ou ocioso:

$$P_0 = \frac{1}{\left[ \sum_{n=0}^{k-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \right] + \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{K\mu}{k\lambda - \mu}}$$

$$P_0 = 0,263$$

O número de usuários na fila:

$$L_q = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \cdot P_0}{(k-1)! (k\mu - \lambda)^2}$$

$$L_q = 0,07 \text{ pessoas}$$

O número de usuários no sistema:

$$L = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \cdot P_0}{(k-1)! (k\mu - \lambda)^2} + \frac{\lambda}{\mu}$$

$$L = 1,57 \text{ pessoas}$$

O tempo de espera na fila:

$$W_q = \frac{\mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \cdot P_0}{(k-1)! (k\mu - \lambda)^2}$$

$$W_q = 0,002 \text{ horas ou } 0,116 \text{ minutos}$$

O tempo de espera no Sistema:

$$W = \frac{\mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \cdot P_0}{(k-1)! (k\mu - \lambda)^2} + \frac{1}{\mu}$$

$$W = 0,044 \text{ horas ou } 2,5 \text{ minutos}$$

Expectativa do usuário em relação à espera na fila

$$P_K = P_0 \cdot \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{K\mu}{\mu\lambda - \mu}$$

$$P_K = 0,0094 \text{ ou } 0,94\%$$



Nota-se que quando há duas máquinas trabalhando a expectativa em relação a fila é maior que 1 ou 100%, o que implica dizer que espera-se que o sistema esteja totalmente ocupado. Conseqüentemente pode-se observar que a probabilidade do sistema estar vazio ou ocioso não existe, sendo  $P_k = 8,1$  percebe-se que a probabilidade de alguém ir já pensando que vai esperar muito, é alta. Dobrando o número de máquinas embora teve uma diminuição significativa na fila, o sistema ainda não garante uma boa expectativa em relação a fila. Utilizando 5 máquinas ( $k = 5$ ) conseguiu-se resultados satisfatórios sob o desejado.

## **Conclusão**

Com os dados obtidos conseguimos chegar a uma linha de pensamento bem definida com o apoio do método da teoria das filas. Observa-se que o atual serviço de atendimento com dois servidores não está sendo suficientemente adequado para atender a respectiva demanda, juntamente com o espaço físico que é muito limitado à movimentação, o que restringe muito a condição de trabalho dos funcionários.

As duas máquinas de fotocópias também são insuficientes, ainda mais quando é requerida uma quantidade maior de folhas (quando se trata de cópia de livros, o tempo gasto na passagem de folhas para tirar cópias também atrasa).

A média de tempo de atendimento no setor de fotocópias varia de forma insignificante quando se analisa os períodos, mas sim a quantidade de pessoas que chegam; sendo na época de provas uma quantidade maior de pessoas.

Como proposta para diminuir a expectativa de que vai esperar na fila vinda do usuário, uma sugestão seria dobrar ou usar cinco máquinas no período de provas. Outra sugestão plausível também seria a instalação de outro ramo de fotocópias no outro prédio pertencente à faculdade.

Diante das possíveis propostas é primordial que o espaço físico seja ampliado para que comporte os recursos, funcionários e usuários gerando um ambiente mais eficiente e agradável.

A expectativa de espera, uma vertente da Teoria das Filas demonstra que se aplicada, atinge um nível satisfatório não só na eficiência e agilidade do serviço, mas também um nível satisfatório psicológico do atendente e do

usuário, efetivando assim, sem dúvidas, uma melhoria fundamental na qualidade de vida no trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de Produção e Operações- Manufatura e Serviços**: Uma Abordagem Estratégica. 2ª ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2012.

FOGLIATTI, Maria Cristina; MATTOS, Néli Maria Costa. **Teoria das Filas**. Rio de Janeiro: Editora Inter ciência Ltda, 2007.

PRADO, D. **Teoria das Filas e da Simulação**. 4ª. ed. Nova Lima: FALCONI Editora, 2014. (Série Pesquisa Operacional, vol. 2).

SANTOS, João Almeida; FILHO, Domingos Parra. **Metodologia Científica**. 2ª ed. São Paulo: CENGAGE Learning, 2011.

SILVA, Ermes Medeiros; SILVA, Elio Medeiros; GONÇALVES, Valter; MUROLO, Afrânio Carlos. **Estatística**: 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SHAMBLIM, James E.; STEVENS JR, G.T. **Pesquisa Operacional**: Uma abordagem básica. 1ª. ed. São Paulo: Atlas, 1979.

TAHA, HAMDY A. **Pesquisa Operacional**: Uma Visão Geral. 8ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.