

Teoria das Filas e Sua Aplicação no Serviço Público de Saúde

Valéria Florêncio (Enf, Esp), **Wisley Velasco** (AS, Msc)

Alessandra Lima (CD, Msc, PhD)

17 de março de 2021

A Teoria das Filas

A formação de filas no atendimento à saúde do cidadão é uma problemática vivenciada por muitas unidades de saúde estaduais ou municipais. Tal situação implica na chamada “demanda reprimida”, que é quando uma determinada parte da população não consegue ser atendida totalmente por um serviço, prejudicando a qualidade do atendimento oferecido. Conhecer o quantitativo de pessoas que tentam acessar os serviços de saúde e o quantitativo de serviços a serem ofertados é primordial na busca da solução deste problema. Um caminho possível para o planejamento de ações que possa minimizar essa problemática é o uso da **teoria das filas**.

Formulada em 1908, pelo dinamarquês Agner Krarup Erlang, a teoria das filas é um método estatístico que utiliza cálculos matemáticos de probabilidade com o objetivo de prover um modelo que explique a formação de uma fila com base no padrão de entrada, atendimento e saída (OLIVEIRA et al., 2017). A finalidade de tais estudos é melhorar o desempenho do serviço e reduzir os custos.

A fila é formada devido a entrada de clientes (pessoas, produtos, processos, entre outros) finita ou infinita que buscam um atendimento em um serviço que não consegue atender a tempo e totalmente as necessidades dos clientes. A relação cliente/ordem de atendimento de toda fila segue uma disciplina, podendo ser do tipo: FIFO (*First In, First Out*) - primeiro a entrar, primeiro a sair; LIFO (*Last In, First Out*) – último a entrar, primeiro a sair; SIRO (*Server In Random Order*) – ordem aleatória; e PRI (*Priority*), o atendimento é conforme o estabelecimento de prioridades (LONGARAY et al., 2016; COSTA, SD).

Cada sistema de fila segue um tipo de distribuição probabilística, relação de tempo/chegada, capacidade do serviço e número real e potencial de clientes. Para facilitar a identificação de cada modelo de fila, em 1953, foi introduzida na teoria das filas a notação elaborada por A. Kendall Erlang, conhecida como notação de Kendall (COSTA, SD). O quadro 1 apresenta as características, símbolo e explicações desta notação.

Em complementação a notação de Kendall há a notação genérica dos parâmetros da teoria das filas que são: λ (lambda), que representa a taxa média de chegadas; $1/\lambda$, que representa o tempo médio entre chegadas de clientes sucessivos; μ (mu), que representa a taxa média de atendimento; $1/\mu$, que representa o tempo médio de atendimento de cada cliente; s , que representa o número de atendentes (servidores), e n , que representa o número de clientes no sistema (OLIVEIRA et al., 2017). Sistema significa todo o processo desde a entrada do cliente na fila, o tempo de espera, o atendimento pelo serviço e sua saída.

Quadro 1 – Características, símbolos e distribuição probabilística do tipo de sistema de fila, conforme notação de Kendall.

Característica	Símbolo	Explicação
Distribuição de ponto de atendimentos, intervalo de tempo e número de clientes	A	Distribuição de interchegadas dos clientes
	B	Buffers – tamanho da fila quando esta for finita
	c	Número de serviços disponíveis
	K	Capacidade total de usuários no sistema
	n	Nº de usuários potenciais em uma população
	Z	Disciplina de atendimento
Distribuição de Tempo de Interchegada (A) e Distribuição de Tempo de Serviço (B)	M	Distribuição exponencial negativa ou Poisson
	D	Distribuição determinística
	E_k	Distribuição tipo k-Erlang ($k=1,2,\dots$)
	H_k	Mistura de k exponenciais
	PH	Tipo fase
	G	Geral (aplicáveis a qualquer distribuição probabilística)
Número paralelo de serviços (m)	1,2,... ∞	
Restrição na capacidade do sistema (k)	1,2,... ∞	

Fonte: Teoria das filas (COSTA, SD)

Com a identificação da disciplina da fila, a classificação da mesma pela notação de Kendall e a notação genérica dos parâmetros é possível formular vários modelos de filas. O modelo mais utilizado no serviço público de saúde é o M/M/1, onde a taxa média de chegadas (λ) e a taxa média de atendimento (μ) se processam pela distribuição de Poisson (M/M), o número de fila e de serviço é um (1), a ordem da fila é a FIFO e o número de cliente é infinito (PINHEIRO, 2013).

Equações do Modelo M/M/1 (PINHEIRO, 2013).

1. Probabilidade de haver “n” clientes no sistema: $P(n) = [\lambda/\mu]^n * [\mu - \lambda/\mu]$
2. Probabilidade de que o número de clientes no sistema seja superior a um valor “r”:
 $P(n > r) = [\lambda/\mu]^{(r+1)}$
3. Probabilidade do sistema estar ocioso: $P(n=0) = [\mu - \lambda/\mu]$
4. Probabilidade do sistema estar ocupado (também conhecido como índice de congestionamento): $P(n > 0) = p = \lambda/\mu$
5. Número médio de clientes no sistema (NS): $NS = \lambda/\mu(\mu - \lambda)$
6. Número médio de clientes na fila (NF): $NF = \lambda^2/\mu(\mu - \lambda)$ ou $NF(F > 0) = \mu/\mu - \lambda$
7. Tempo médio de espera na fila por cliente (TF): $TF = \lambda/\mu(\mu - \lambda)$
8. Tempo médio gasto no sistema por cliente (TS): $TS = 1/\mu - \lambda$
9. Número médio de clientes na fila (NF) relacionado com o tempo médio de espera em fila:
 $NF = \lambda * TF$
10. Número médio de clientes no sistema relacionado ao tempo médio gasto por cliente no sistema (TS): $NS = \lambda * TS$
11. Tempo médio de espera em fila relacionado ao tempo médio gasto por cliente no sistema (TS): $TF = TS - 1/\mu$
12. Número médio de clientes em fila relacionado ao número médio de clientes no sistema (NS): $NF = NS - \lambda/\mu$

A simulação das filas podem ser calculadas no RConsole e RStudio utilizando o pacote “queuecomputer” e o pacote “ggplot2” para construção gráfica.

Aplicação no Serviço Público de Saúde

Há vários artigos no meio científico de aplicações exitosa da teoria das filas no serviço público de saúde. Seja o atendimento assistencial ou na área administrativa da unidade de saúde como se vê nos casos relacionados:

- Trabalho realizado em Duque de Caxias (RJ) que utilizou a teoria das filas para reorganizar o posicionamento das ambulâncias do SAMU e consequente diminuição do tempo de espera, mesmo mantendo o número de servidores (BARRETO et al., 2016).
- Estudo de caso realizado no Hospital das Clínicas de Uberlândia, onde a teoria das filas foi utilizada para avaliar o processo de regulação de leitos de urgência emergência (FREITAS e CUNHA, 2016).
- Estudo realizado no Estado do Rio de Janeiro que usou a teoria das filas para estimar o número ideal de leitos de UTI de modo a estabilizar o sistema e reduzir tempo de espera (ÂNGELO et al., 2014).

Outras aplicações estão no controle da demanda de processos administrativos, na análise no atendimento em um pronto atendimento, avaliação do número de funcionários (serviços) para não ter fila, entre outros.

A teoria das filas é um método que, utilizado de maneira adequada, pode ser um bom instrumento para auxiliar gestores a avaliarem o serviço oferecido e assim traçarem um plano de ação que agilize o atendimento, diminua os custos e gere maior qualidade no serviço público de saúde.

REFERÊNCIAS

- ÂNGELO, SA, Dimensionamento de Leitos de UTI de Previsão de Demanda e Teoria de Filas. XLVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. 16 a 19 set. 2014. Acessado em: 15 mar. 2021.
- BARRETO, B.; ALEXANDRINO, F.; COELHO, O. Posicionamento de Ambulâncias do SAMU através de Programação Inteira e Teoria de Filas. Rev. Gestão e Produção, v. 23, n. 4. São Carlos (SP), out-dez. 2016. Acesso em: 15 mar. 2021.
- COSTA, LC. Teoria das Filas. Universidade Federal do Maranhão. SD. Acesso em: 12 mar. 2021.
- FREITAS, PC; CUNHA, V. Aplicação da Teoria das Filas no Processo de Regulação de Leitos de Urgência e Emergência para Internação na Clínica de Ortopedia/Traumatologia Cirúrgica do Hospital de Clínicas de Uberlândia. EGEN – Encontro de Gestão e Negócios. 02 a 04 de maio. Uberlândia (MG). 2016. Acesso em: 16 mar. 2021.
- LONGARAY, AA. et al. Análise da Disciplina de Filas no Atendimento ao Cidadão em Agências da Previdência Social: um estudo de caso. Revista de Gestão em Sistemas de Saúde – RGSS, v. 5, n. 1, jan-jun, 2016. Acesso em: 11 mar. 2021.
- OLIVEIRA, FF. et al. Análise de Teoria das Filas: sistema de filas de um serviço de pronto atendimento. Anais da Engenharia de Produção. v.1, n.1, 2017. Acesso em: 12 mar. 2021.
- PINHEIRO, G. Teoria de Filas e Sistemas de Comunicação, out. 2013. 164 slides. Notas de aula. Apresentação em PowerPoint. Acessado em: 15 mar. 2021.