

A Teoria de Filas: Teoria e Aplicações

Queuing Theory: Theory and Applications

RESUMO

Leonardo Alves Ferreira
leonardoalves4012@outlook.com
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Prof. Dr. Alireza Mohebi Ashtiani
ashtiani@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, DAMAT, Londrina,
Paraná, Brasil

**Diego Henrique Rodrigues
Pereira**
Diegomsn50@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

A Teoria das Filas procura dimensionar uma fila da melhor maneira por meio de fórmulas matemáticas, fazendo com que o tempo de espera seja menor e aceitável. O objetivo desse trabalho é avaliar como as filas de supermercado se comportam. Como uma aplicação, foi feita uma análise dos caixas rápidos de um hipermercado no centro de Londrina (PR). Foi observado durante o horário escolhido, que o número médio de clientes no atendimento é sempre maior que 1,00, o que indica que sempre haverá fila. Para que o tempo de espera seja menor, foi sugerido o aumento de mais um atendente.

PALAVRAS-CHAVE: Teoria de filas. Simulação. Modelo de fila M/M/c.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

The aim of the Queuing Theory is to obtain a better dimensioning of a queue through the mathematical formulas. The goal of this work is to evaluate how the supermarket queues behave. As an application, the express checkout queuing of a supermarket located in Londrina City center was analyzed. It was observed during the chosen time that the average number of clients in attendance is always greater than 1.00, indicating that there will always be queues. To reduce the waiting time, it was suggested to increase one more attendant.

KEYWORDS: Queuing theory. Simulation. M/M/s model.

INTRODUÇÃO

Atualmente, devido a competitividade do mercado, empresas têm buscado reduzir ao máximo as insatisfações dos clientes, e uma das coisas que deixam os clientes insatisfeitos é o tempo de espera no atendimento. Em todo lugar nos deparamos com filas, seja em bancos, mercados, cabeleireiros ou até setores industriais. Quando os setores não estão corretamente dimensionados, pode ocorrer que a taxa de procura pelo serviço seja maior que a taxa de atendimento, criando-se assim as filas. Vale ressaltar que os clientes não são necessariamente os seres humanos. Por exemplo, em (Ribeiro et. al 2017) os autores estudam a aplicação da Teoria de Fila para redução de tempo de espera em setor de embalagem de uma fábrica de móveis no município de Passos/MG.

Com clientes cada vez mais exigentes e com pressa, filas longas e demoradas podem fazer com que o mesmo desista e procure outro estabelecimento. Já no setor industrial, o congestionamento na fase de produção pode gerar atrasos na confecção do produto final, trazendo prejuízo para a empresa e descontentamento do cliente. Seria agradável chegar e ser atendido, ter um sistema sem existência de filas, porém pode ser que em grande parte do tempo os atendentes fiquem ociosos, causando prejuízo para a empresa.

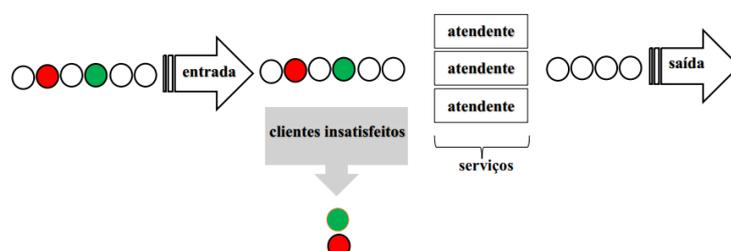
Por essa razão é importante estudar a aplicação da Teoria das Filas em diversos setores, afim de diminuir os problemas gerados e evitar gargalos no sistema, ou seja, ter um sistema balanceado. O objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento da fila de caixa rápido de um hipermercado (Condor) no centro de Londrina e analisar se está corretamente dimensionada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo Prado (2004), a Teoria das Filas serve para modelagem de sistema e é um método analítico que aborda o assunto por meio de fórmulas matemáticas. Assim, um estudo pode definir a quantidade ideal de atendentes ou operários em cada setor. As filas existem quando a taxa de chegada dos clientes é maior que a taxa de atendimento. O termo cliente não é necessariamente uma pessoa, pode também ser peças em uma indústria ou papéis em um escritório.

Uma fila é constituída por uma população que busca um certo serviço e espera até receber o atendimento. O atendimento pode ser realizado por um ou mais servidores. Na Figura 1 podemos visualizar os elementos de uma fila.

Figura 1 - Elementos de uma fila (autoria própria)



As filas têm suas características, algumas delas são definidas da seguinte forma:

- a) Processo de chegada: Quantificamos o processo de chegada dizendo que a taxa média de chegada é a razão entre a quantidade de clientes que chegam por um certo tempo, e o intervalo médio, o intervalo entre um cliente e outro;
- b) Processo de atendimento: Definimos o ritmo médio e a duração média de atendimento;
- c) Número de servidores: O sistema mais simples é aquele composto por apenas um servidor, porém conforme o ritmo de chegada aumente, podemos aumentar o número dos servidores;
- d) Disciplina da fila: Trata-se da maneira que é realizado o atendimento, podendo ser da forma em que o primeiro que chega é o primeiro a ser atendido (FIFO).

O mercado analisado foi o hipermercado Condor localizado na Rua Rio Grande do Sul, no centro de Londrina. O horário e data escolhido para análise foi o dia 12 de março de 2019 das 19h30min às 20h30min.

Tabela 1 – Variáveis randômicas de uma fila

Nome	Fórmula
Ritmo médio de chegada	λ
Ritmo médio de atendimento	μ
Capacidade de atendimento ou quantidade de atendentes	C
Intervalo entre chegadas	$IC = 1 / \lambda$
Tempo de atendimento	$TA = 1 / \mu$
Intensidade de Tráfego	$I = \lambda / \mu = TA / IC $
Número médio de clientes na fila	$NF = \lambda^2 / (\mu * (\lambda - \mu))$
Tempo médio de espera na fila	$TF = \lambda / (\mu * (\lambda - \mu))$
Número médio de clientes que estão sendo atendidos	$NA = \lambda / \mu$
Tempo médio de atendimento ou serviço	$TA = 1 / \mu$
Tempo médio de permanência na fila	$TF = NF / \lambda$
Número médio de clientes no sistema	$NS = NF + NA$

Fonte: Prado (2004).

Para fazer as análises, foi utilizado o aplicativo *Multi Timer Cronômetro*, capaz de acionar vários cronômetros ao mesmo tempo. Através do aplicativo foi coletado 2 tempos. O primeiro sendo o instante em que a pessoa entrava na fila do caixa e o segundo o instante em que a pessoa saía do caixa após o atendimento.

RESULTADOS

Uma pequena amostra dos dados foi colocada na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Tempos e durações Hipermercado Condor

Entrada na fila		Entrada no Caixa		Saída do caixa	
Tempo	Duração	Tempo	Duração	Tempo	Duração
00:00:11	00:00:11	00:00:51	00:00:51	00:00:50	00:00:50
00:00:43	00:00:32	00:01:29	00:00:39	00:01:29	00:00:38
00:00:59	00:00:16	00:01:50	00:00:21	00:01:48	00:00:20
00:01:15	00:00:15	00:01:59	00:00:09	00:01:54	00:00:05
00:01:15	00:00:00	00:02:19	00:00:20	00:02:16	00:00:23
00:01:17	00:00:02	00:03:12	00:00:53	00:03:08	00:00:52
00:02:04	00:00:47	00:03:51	00:00:39	00:03:49	00:00:40
00:02:06	00:00:02	00:04:19	00:00:28	00:04:18	00:00:29
00:02:08	00:00:02	00:04:24	00:00:05	00:04:24	00:00:06
00:03:19	00:01:11	00:04:59	00:00:35	00:04:50	00:00:27
00:04:39	00:01:20	00:05:57	00:00:58	00:05:54	00:01:04
00:05:01	00:00:23	00:06:58	00:01:00	00:06:56	00:01:02
00:05:40	00:00:38	00:07:17	00:00:19	00:07:16	00:00:20
00:05:52	00:00:12	00:08:21	00:01:04	00:08:21	00:01:05
00:05:52	00:00:01	00:08:47	00:00:26	00:08:47	00:00:26
00:07:29	00:01:37	00:08:58	00:00:11	00:08:58	00:00:11
00:08:32	00:01:03	00:09:28	00:00:30	00:09:28	00:00:30
00:08:33	00:00:01	00:10:07	00:00:39	00:10:06	00:00:38
00:08:33	00:00:01	00:10:50	00:00:43	00:10:50	00:00:44
00:09:59	00:01:26	00:11:21	00:00:31	00:11:21	00:00:31
00:10:23	00:00:24	00:12:51	00:01:31	00:11:59	00:00:38
00:10:41	00:00:18	00:13:28	00:00:37	00:12:49	00:00:50
00:11:27	00:00:45	00:13:53	00:00:25	00:13:27	00:00:38
00:12:48	00:01:21	00:15:02	00:01:09	00:15:01	00:01:34
00:13:32	00:00:44	00:15:53	00:00:50	00:15:52	00:00:51
00:14:53	00:01:21	00:16:16	00:00:23	00:16:15	00:00:23
00:15:16	00:00:23	00:16:49	00:00:32	00:16:47	00:00:32
00:15:21	00:00:05	00:18:14	00:01:25	00:18:13	00:01:26

Fonte: Autoria própria (2019).

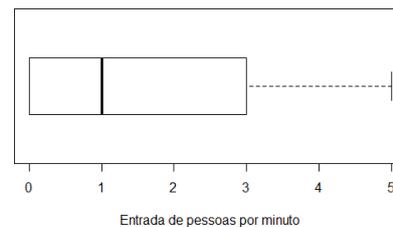
Tabela 3- Dados para cálculo do Hipermercado Condor.

Cientes que entram na fila	Cientes que saem do caixa	Tempo total	Número de atendentes
100	95	60 min	4

Fonte: Autoria própria (2019).

A partir da Tabela 3, observamos que $\lambda = 1,7$ cliente por minuto. Isso indica que em média a cada um minuto que passa na fila do caixa, mais de 1 pessoa está entrando na fila. Pode-se também obter o Box-Plot da taxa de chegada de pessoas, apresentado assim na Figura 2.

Figura 2 – Box-Plot de entrada de pessoas por minuto (autoria própria)



Observando os valores na Figura 2 vemos que o primeiro quartil se encontra próximo de 0, o terceiro quartil próximo de 3,00 e a mediana está bem próxima do 1,00, ou seja, metade dos valores estão aproximadamente entre 0 e 1,00 e a outra metade entre 1,00 e 5,00. Além disso, através dos dados da Tabela 3 temos que o ritmo médio de chegadas dos clientes (λ) é 1,7 clientes por minuto, logo o intervalo médio entre as chegadas (IC) é 36 segundos por cliente. O ritmo médio de atendimento (μ) é de 1,58 clientes por minuto, logo o tempo do atendimento (TA) é 37,89 segundos por cliente. Como estamos estudando o modelo M/M/c com 4 atendentes, temos TA real igual a 2,52 segundos. Podemos observar também que a taxa de utilização do atendente (ρ) é maior que 1 já que $1,7/1,58=1,07>1,00$, com isso podemos afirmar que a fila nunca acabará e os atendentes não terão nenhum tempo para descanso. Além disso, o tempo médio de permanência na fila (TF) é de aproximadamente 8 minutos e 57 segundos.

CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento da fila de caixa rápido de um hipermercado (Condor) no centro de Londrina e analisar se está corretamente dimensionada. De acordo com os resultados, observamos que o número médio de clientes no atendimento (estão sendo atendidos) é sempre superior a 1,00. Portanto, os atendentes sempre estão sobrecarregados sem nenhum tempo para descanso. Assim, concluímos que no horário analisado, o estabelecimento precisa aumentar o número de atendentes para por exemplo 5, pois desta forma $NA < 1,00$.

AGRADECIMENTO

O Primeiro autor, Leonardo Alves Ferreira, agradece a Fundação Araucária pelo auxílio recebido como bolsa de iniciação científica (PIBIC-AF).

REFERÊNCIAS

PRADO, D. S. **Teoria das filas e da simulação** - Volume 2 – INDG Tecnologia e Serviços LTDA – Nova Lima/MG, 2004.

RIBEIRO et al. **Aplicação da Teoria das Filas para redução do tempo de espera no setor de embalagem de uma fábrica de móveis no município de Passos/MG**. Ponta Grossa/PR – 2017.