

Simulação e Aplicação da Teoria das Filas em um Grande Hipermercado no Centro de Londrina (PR)

Leonardo Alves Ferreira

Acadêmico do Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental, UTFPR, Câmpus Londrina
leonardoalves4012@outlook.com

Prof. Dr. Alireza Mohebi Ashtiani

Professor do Departamento Acadêmico de Matemática, UTFPR, Câmpus Londrina
ashtiani@utfpr.edu.br

Diego Henrique Rodrigues Pereira

Acadêmico do Departamento Acadêmico de Engenharia Mecânica, UTFPR, Câmpus Londrina
diegomsn50@hotmail.com

Resumo: Em geral, ninguém gosta de esperar, e a Teoria das Filas e da Simulação têm um papel muito importante para evitar tal problema. A teoria das filas e da simulação são áreas de pesquisa operacional que providenciam soluções para os sistemas reais que envolvem filas. Na verdade, 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 um hipermercado se comportam. Como uma aplicação, foi feita uma análise dos caixas-rápidos de um hipermercado no centro de Londrina (PR). Foi observado durante os horários escolhidos, 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 das filas. Simulação. Planejamento. Modelo M/M/c

Simulation and Application of the Queueing Theory in a Big Supermarket in the Londrina (PR) downtown

Abstract: In general, nobody wants to wait and the Queueing Theory and the Simulation play an important role to avoid this problem. The Queueing Theory and the Simulation are branches of operational research which provide solutions to real systems involving queues. Indeed, the aim of the Queueing Theory is to obtain a better dimensioning of a queue through the mathematical formulas. The goal of this work is to evaluate how the hypermarket queues behave. As an application, the express checkout queuing of a supermarket located in Londrina City (PR) center was analyzed. It was observed during the chosen times 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.

Key-words: Queueing theory. Simulation. Planning. M/M/c Model

1. Introdução

Atualmente, em diferentes setores econômicos como por exemplo nos setores industriais, serviços, financeiros, logística, portuários entre outros, o aumento da eficiência e da produtividade tornou-se muito importante. Este crescimento depende de vários fatores internos e externos que são da natureza do setor, em alguns setores o processo é mais complexo e em outros menos. Por exemplo, um setor como logística é mais complexo que um setor como serviços, ou financeiros. Em um setor como de serviços, muitas vezes um simples treinamento dos atendentes e funcionários, uma manutenção periódica ou uma simples reorganização interna podem garantir a execução de um certo serviço oferecido com qualidade e eficiência.

Devido à 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 das filas para reduzir o 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 causam grandes transtornos e 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 também prejuízo para a empresa.

Segunda uma pesquisa realizada por MINTEL (Global Market Research & Market Insight) em dezembro de 2015, um terço dos brasileiros, ou seja, 33%, evitam ir à lugares que tenham fila, 22% declararam ter interesse em produtos ou serviços que os ajudam a economizar tempo, aproximadamente 1 a cada 3 brasileiros, 31%, dizem que gostariam de passar mais tempo com a família e um quarto dos brasileiros, 24%, declaram ter menos tempo para lazer comparado a um ano atrás. Além disso, a pesquisa nos mostra que 17% dos brasileiros já utilizam aplicativos que mostram o tempo de espera nas filas, e outros 35% apesar de não usar esses aplicativos declararam ter interesse. A pesquisa oferece muitos outros dados negativos relacionados as filas que também estão relacionadas com a saúde e qualidade de vida dos brasileiros, cerca de 43% alegam não ter tempo para realização de atividades físicas e esta porcentagem chega as 47% para a população com idade entre 25 e 34 anos.

Em um mundo cada vez mais rápido, a demora nos atendimentos gera uma corrente de reclamações, prejudicando o estabelecimento em que tal demora acontece, considerando que o tempo na fila, juntamente com os preços, influenciam diretamente o cliente na decisão de escolher onde frequentar. Nos últimos anos a sociedade tem buscado por compras online pelo fato de ser mais cômodo e não precisar enfrentar filas, porém algumas filas são inevitáveis. Por essas razões, entre outras, é muito 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.

A vida na cidade de Londrina, localizada na região norte do Paraná, é sempre bem agitada. Fundada em 10 de dezembro de 1934 é a segunda maior cidade do estado e a quarta maior do sul do Brasil e conta com aproximadamente 600 mil habitantes. A grande parte do PIB da cidade é composta pelos setores de serviços e de agropecuária. Segundo os dados da Prefeitura de Londrina (2017), a cidade conta com 17.885 estabelecimentos comerciais, 23.926 estabelecimentos de serviços, 12 bancos, 78 agências bancárias, 27 hospitais, 54 unidades básicas de saúde, entre outros, que em todos estes os londrinenses encaram grandes filas. Em boa parte destes estabelecimentos públicos e privados, é oferecido serviços às populações dos municípios vizinhos, que por sinal é um número significativo.

Um dos setores de estabelecimentos que tem uma grande demanda diária são as redes de supermercados da cidade. Londrina cresceu muito rápido e infelizmente conta com ruas mal planejadas. Em horários de pico o trânsito nas principais ruas de acesso aos bairros é um caos. Grande parte da população passa pelo centro da cidade para ir embora depois do trabalho e alguns aproveitam para fazerem compras no mercado. Localizado na Rua Rio Grande do Sul, o Hipermercado Condor é uma das opções que as pessoas buscam para fazerem as compras nesse período. Como muitas pessoas vão ao mercado nesse horário, é muito comum que a taxa de chegada de clientes seja maior que a taxa de atendimento, ocorrendo assim a formação de filas.

O objetivo deste trabalho é através da teoria das filas avaliar o comportamento da fila de um dos principais mercados londrinenses, o Hipermercado Condor, localizado no centro de Londrina (PR), podendo assim analisar se está corretamente dimensionada e trazer um melhor atendimento para os clientes. Para a realização deste trabalho foi escolhida a fila dos caixas-rápidos, onde se encontra um modelo M/M/c, que é melhor distribuído e podendo obter melhores resultados, por se tratar de vários atendentes e podendo ter vários fatores para influenciar a velocidade de atendimento. Os caixas-rápidos deste hipermercado são formados apenas por uma única fila e neste caso distribui o atendimento para 4 funcionários nos momentos deste estudo.

Este trabalho está organizado em quatro seções: Na primeira seção, a importância do problema foi justificada e os objetivos do problema foram apresentados. Na segunda seção, foram apresentadas as principais definições além dos elementos básicos da teoria das filas bem resumidamente. Na Seção 3, a metodologia desta pesquisa foi descrita, os dados coletados foram apresentados e além disso os elementos básicos foram calculados e analisados. Na última seção, as discussões e as conclusões foram apresentadas.

2. Teoria das Filas: Definições e os Elementos Básicos

Segundo PRADO (2004), a teoria das filas serve para modelagem de sistemas e é um método analítico que aborda o assunto por meio de fórmulas matemáticas. Na verdade, a teoria das filas em conjunto com a teoria da simulação são técnicas de modelagem que buscam uma representação de um sistema real que seria uma fila. Assim, a técnica pode simular e em sequência definir a quantidade ideal de atendentes ou operários em cada setor.

Em muitas situações reais, parte de uma população, solicita certos serviços e assim as filas são constituídas por esta parte que busca estes serviços e espera até receber o atendimento. Na

verdade, as filas existem sempre que a demanda por estes serviços é maior que a capacidade do sistema, ou seja, as filas existem sempre que a taxa de chegada dos clientes é maior que a taxa de atendimento do sistema. O termo cliente não é necessariamente uma pessoa, pode também ser peças em linhas de produção e montagem em uma indústria. O fluxo de navios em um porto ou até o fluxo de papéis em um escritório.

O atendimento em um sistema que envolve filas, pode ser realizado por um ou mais canais de atendimento. As filas mais simples consistem em uma única fila de espera e um único canal de atendimento enquanto as filas mais complexas, consistem em várias filas e vários canais de atendimento. A maioria das filas do nosso dia-a-dia que é o caso particular deste último tipo de filas onde há uma única fila, porém, vários canais de atendimento.

Na Figura 1 podemos visualizar os elementos de uma fila na qual consiste em uma única fila e vários canais de atendimento (atendentes). Observamos que, por exemplo, parte dos clientes abandona a fila, ou seja, desiste dos serviços procurados devido à lenta velocidade de atendimento ou gargalos no sistema de atendimento. Com clientes cada vez mais exigentes e com pressa, filas longas e demoradas podem fazer com que os mesmos desistam e procurem 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.

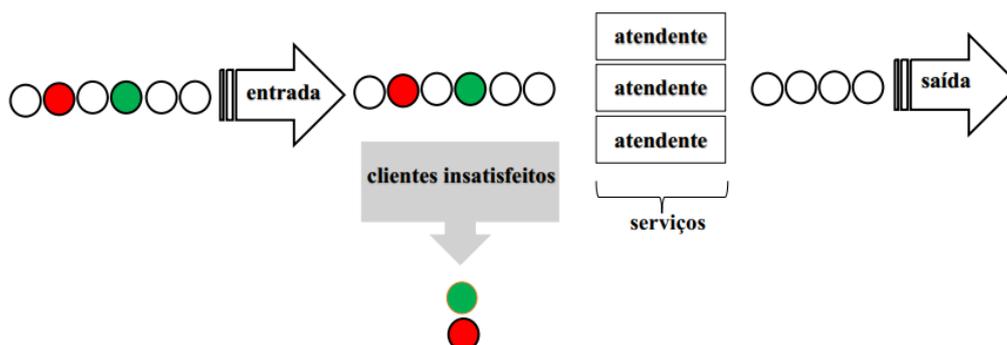


Figura 1 – Elementos de uma fila (autoria própria)

As filas têm as suas características, entre elas (PRADO 2004 e ANDRADE 2009):

- Processo de chegada: 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;
- Processo de atendimento: o ritmo médio e a duração média de atendimento;
- Número de servidores: os sistemas mais simples são aqueles compostos por apenas um servidor, porém conforme o ritmo de chegada aumenta, podemos aumentar o número dos servidores;
- Disciplina da fila: a maneira que é realizado o atendimento, podendo ser da forma em que o primeiro que chegar é o primeiro a ser atendido (FIFO) ou o último que entrar o primeiro sai (LIFO);
- Tamanho da fila: o número de clientes é considerado suficientemente grande para que a população possa ser considerada infinita;

- Tempo médio de espera na fila: o tempo médio que o cliente fica no sistema.

Algumas variáveis randômicas da fila estão então resumidas na Tabela 1 abaixo:

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	$\rho = \lambda / \mu$
Tempo médio de atendimento ou serviço	$TA = 1 / \mu$
Tempo médio de permanência na fila	$TF = NF / \lambda$
Número médio de clientes no sistema	$NS = NF + \rho$

Fonte: Prado (2004)

Tabela 1 – Variáveis randômicas de uma fila

Estas variáveis, são referentes ao sistema, ao processo de chegada, à fila e ao processo de atendimento do sistema. Por exemplo, as variáveis TF e NS são referentes ao sistema enquanto TA, c, ρ e μ são as variáveis referentes ao processo de atendimento de um certo sistema de atendimento. Quando o sistema consiste em apenas uma fila e um atendente, a taxa de utilização do atendente (Número médio de clientes que estão sendo atendidos) é dada por $\rho = \lambda / \mu$ enquanto para um sistema que consiste em uma única fila porém com vários canais de atendimento a taxa da utilização dos atendentes é dada por $\rho = \lambda / c\mu$ onde c representa o número dos atendentes. A variável ρ é considerada como o grau de congestionamento ou a taxa da intensidade de tráfego para um sistema.

Um sistema é chamado estável quando não há filas, ou seja, quando os atendentes conseguem atender demanda e isso acontece apenas quando o ritmo médio de chegada é menor que o ritmo médio de atendimento, isto é, quando $\lambda < \mu$ pois neste caso $\rho < 1$. Nos sistemas estáveis sempre o fluxo que entra é igual ao fluxo que sai do sistema. Agora, $\rho = 1$ acontece quando $\lambda = \mu$, ou seja, quando os atendentes estão ocupados 100% do seu tempo atendendo os clientes. A pior situação acontece quando $\rho > 1$, em outras palavras quando o ritmo médio de chegada é maior que o ritmo médio de atendimento. Neste caso, a fila tende a crescer cada vez, ou seja, a fila nunca acabará e os atendentes não terão nenhum tempo de descanso (sistema supersaturado).

Quanto ao processo chegada, na maioria dos sistemas, este processo melhor se ajusta à distribuição de Poisson e quando um processo de chegada segue a distribuição de Poisson podemos concluir que os intervalos entre chegadas seguirão a distribuição exponencial negativa (para maiores detalhes o leitor pode consultar por exemplo PRADO 2004).

3. Metodologia e Resultados

Como foi citado anteriormente, o objetivo deste trabalho foi através da Teoria das filas avaliar

o comportamento da fila dos caixas-rápidos do Hipermercado Condor, localizado no centro de Londrina (PR). Devido à sua localização estratégica, o hipermercado tem uma grande demanda nos horários de pico e nestes horários uma grande parte da população que passa pelo centro da cidade para ir embora para casa depois do trabalho aproveita e faz uma pequena compra e uma parte significativa desta população entra na fila dos caixas-rápidos deste mercado. Por isso, estudamos os caixas-rápidos do hipermercado. Em diversos dias e no intervalo das 19h30min às 20h30min fizemos as nossas análises.

Para fazer as análises, foi utilizado o aplicativo *Multi Timer Cronômetro* (Figura 2), 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.

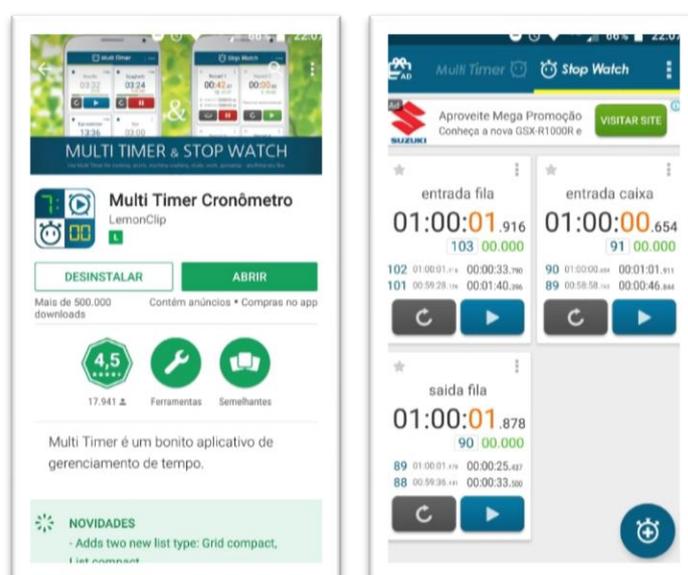


Figura 2 – Multi Timer Cronômetro

Ao final de cada coleta de dados, o aplicativo gera os tempos de entrada e saída de cada cliente de um caixa de hipermercado, que são armazenados em uma planilha eletrônica. Na Tabela 2 são apresentados “**uma pequena amostra dos tempos**” de entrada e saída o dia 12 de março de 2019 (das 19h30min às 20h30min).

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
...
...

Tabela 2 – Uma pequena amostra dos tempos de entrada e saída (hipermercado Condor)

No dia e nos horários referentes aos dados da Tabela 2, a fila dos caixas-rápidos do hipermercado teve 4 canais de atendimento (atendentes). Analisando os dados coletados, observamos que os clientes que entraram na fila dos caixas-rápidos foram exatamente 100 clientes. Destes 100 clientes, 5 desistiram da fila por vários motivos simplesmente por motivo da demora ou saíram da fila pois foram buscar outros produtos nos corredores do mercado e retornaram novamente para a fila depois. Assim, 95 de 100 clientes que entraram na fila saíram da fila recebendo o atendimento (Tabela 3).

Cientes que entram na fila	Cientes que saem do caixa	Tempo	Atendentes
100	95	60 min	4

Tabela 3 - Dados para os cálculo das variáveis do hipermercado Condor

A partir da Tabela 3 pode-se obter o valor das variáveis randômicas, sendo assim:

$$\lambda = \frac{100 \text{ clientes}}{60 \text{ minutos}} = 1,7 \text{ clientes por minuto}$$

Isso indica que em média a cada um minuto que passa na fila do caixa, mais de 1 cliente está entrando na fila. Portanto, como estudado, a taxa de entrada segue uma distribuição *Poisson*, assim podendo ser gerado um gráfico de Poisson com a taxa de entrada e comparar com os dados coletados. Isso foi possível com o auxílio do *software* estatístico *Rstudio* versão 1.1.456. Pode-se observar essa comparação na Figura 3.

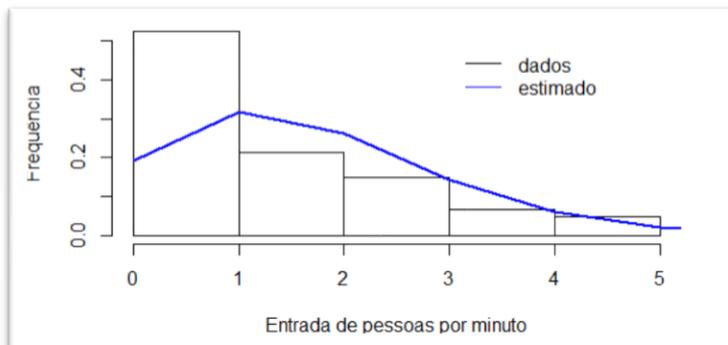


Figura 3 – Comparação da histograma e da distribuição Poisson para o processo da chegada

Pode-se também obter o Box-plot da taxa de chegada de pessoas, apresentado assim na Figura 4.

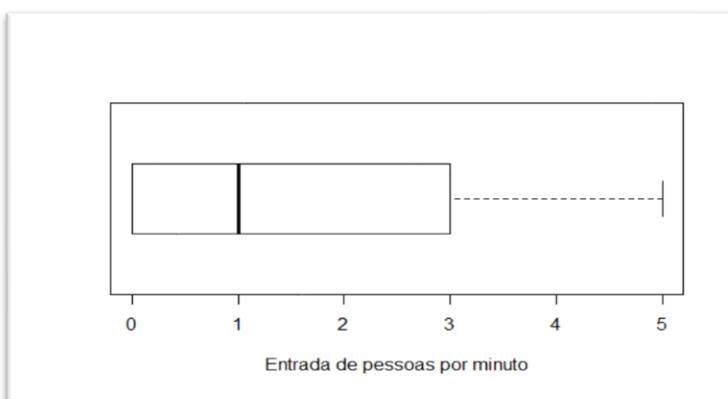


Figura 4 - Box-plot da taxa de chegada de pessoas

Observando o box-spot, pode-se observar que os valores estão bem dispersos, e a mediana bem próxima do 1, algo que é possível observar também apenas ao ver a Figura 4. Outras variáveis do sistema são calculadas da seguinte maneira:

$$IC = \frac{60 \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} * \frac{60 \text{ minutos}}{100 \text{ clientes}} = 36 \text{ segundos por cliente}$$

$$\mu = \frac{95 \text{ clientes}}{60 \text{ minutos}} = 1,58 \text{ clientes por minuto (isso dentre todos os atendentes)}$$

$$TA = \frac{60 \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} * \frac{60 \text{ minutos}}{95 \text{ clientes}} = 37,89 \text{ segundos por cliente}$$

O TA está considerando o modelo como se fosse apenas 1 atendente (M/M/1), porém a fila segue o modelo M/M/c com 4 atendentes, assim pode-se descobrir o tempo médio de atendimento de cada atendente:

$$TA = \frac{60 \text{ minutos}}{95 \text{ clientes}} * \frac{1 \text{ cliente}}{1 \text{ atendente}} * 4 \text{ atendentes} = 2,52 \text{ minutos}$$

Com isso, pode-se dizer que ρ (taxa da utilização do atendente) é maior que o valor 1, pois $\rho = 1,7/1,58 = 1,07$, isso pode afirmar que sempre estará com filas e os atendentes não terão tempo para descanso.

4. Discussões e Conclusões

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento da fila dos caixas-rápidos do hipermercado Condor localizado no centro de Londrina (PR) e analisar se está corretamente dimensionada. De acordo com os resultados das análises apresentadas na seção anterior, podemos observar que para os caixas-rápidos deste hipermercado a taxa da utilização de atendente é sempre superior a 1,00, ou seja, $\rho > 1$.

A partir dos dados expostos na Tabela 3, pode-se observar que o tempo médio de permanência dos clientes (TF) é de aproximadamente 8 min e 57 segundos, assim utilizando a fórmula de Little. Utilizando então a fórmula de Little, pode-se dizer que, em média, tem-se entre 15 e 16 clientes na fila. Portanto, a partir da teoria das filas pode-se observar que o tempo em que o cliente fica na fila e o tamanho da fila é superior à capacidade do sistema e assim o sistema se torna supersaturado, ou seja, a fila nunca acabará e os atendentes não terão nenhum tempo de descanso.

Não foi possível obter o valor médio de compra dos clientes que passam pelos caixas-rápidos deste mercado, porém segundo uma pesquisa realizada pela APAS (a Sociedade Paulista de Supermercados) para 2018/2019 que aproximadamente representa cerca de 162 milhões de brasileiros, independente de classe social dos brasileiros, idade ou sexo, 59% das compras do dia a dia é feita nos supermercados ou hipermercados. Esta pesquisa que analisa as tendências dos consumidores brasileiros em supermercados e hipermercados relata que 58% dos entrevistados preferem os supermercados e hipermercados até para as compras do mês (superando os atacados e os atacarejos). A pesquisa diz ainda que quase 40% dos entrevistados citam autoatendimento como um novo possível recurso para evitar as filas do dia a dia.

Resumindo, neste cenário que os supermercados e os hipermercados estão vivendo grandes expectativas para o futuro muitas vezes um pequeno investimento por parte dos mesmos pode evitar grandes transtornos para os clientes. Por exemplo, no caso deste hipermercado (Condor), um atendente tem um salário bruto de R\$ 1.320,00 mensal (com o direito do almoço e do café da manhã). Assim, concluímos que nos horários analisados, o estabelecimento precisa aumentar o número de atendentes de 4 para por exemplo 5 (pelo menos nos horários de pico), pois desta forma a taxa da utilização será menor que 1, ou seja $\rho < 1,00$ e desta forma o sistema não será mais supersaturado e os atendentes terão um tempo de descanso, isso além de evitar transtornos para os clientes. Certamente, este pequeno investimento será simplesmente recompensado para o hipermercado conseguindo atender mais clientes nos horários de pico. Como foi citado anteriormente, 5 dos 100 clientes que entraram na fila dos caixas-rápidos saíram da fila por algum motivo, e pode ser que tenham saído do hipermercado sem fazer qualquer tipo de compra. Isso poderia ser evitado buscando mais lucros para o hipermercado e que apenas uma pequena parte deste lucro cobrirá a despesa que o

hipermercado terá com um novo atendente e muitas vezes não é uma nova contratação e sim apenas um remanejamento de um funcionário de um setor para os caixas-rápidos, por exemplo.

Referências

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.

APAS. Tendências do consumidor em supermercados 2018/2019. Disponível em <<https://portalapas.org.br/consumidor-dos-supermercados-ja-chegou-na-era-omni-channel-revela-pesquisa-da-apas/>> Acesso em: 27 set. 2019.

MINTEL. Um terço dos brasileiros evita ir a lugares com filas. Disponível em: <<https://brasil.mintel.com/imprensa/estilos-de-vida/um-terco-dos-brasileiros-evita-ir-a-lugares-com-filas-revela-mintel>> Acesso em: 27 set. 2019.

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

RIBEIRO, G. H. S.; PEREIRA, R. S.; SANTOS FILHO, V. H.; HOLETZ, M. G.; PONTAROLO, M. L. 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. 2º Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2017.