

TEORIA DAS FILAS APLICADO NO RESTAURANTE FAST FOOD UTILIZANDO O SOFTWARE ARENA

QUEUE THEORY APPLIED TO THE RESTAURANT FAST FOOD USING THE SOFTWARE ARENA

Alexandre da Silva Mello*

RESUMO

Devido a mudança nos hábitos alimentares das famílias modernas e a grande procura por restaurantes fast food, este artigo estuda o sistema de atendimento de um restaurante fast food da cidade de Passos/MG. Para reduzir os impactos negativos do longo tempo de espera nas filas, empregou-se a Teoria das Filas com o objetivo de analisar a formação de filas, examinar o seu comportamento, mensurar e dimensionar apropriadamente os seus recursos. O estudo justifica-se, visto que atualmente ocorre a formação de longas filas devido a taxa de atendimento ser inferior a taxa de chegada de clientes durante o horário de pico. É apresentado para estudar o comportamento da fila e calcular o desempenho da mesma, o modelo M/M/s, e utilizou-se do software Arena para simular e apresentar o desempenho da fila com um número maior de atendentes. Aumentando o número de postos de atendimento para 3, pode-se observar uma grande melhoria no desempenho da fila, resultando em uma redução significativa no tempo de espera no sistema, um tempo equivalente a 35,44% do tempo apurado no cenário atual.

Palavras-chave: Teoria das Filas. Restaurante Fast Food. Software Arena.

ABSTRACT

Due to the changing eating habits of modern families and the great demand for fast food restaurants, this article studies the service system of a fast food restaurant in the city of Passos / MG. In order to reduce the negative impacts of long waiting times in queues, the Queue Theory was used to analyze the formation of queues, to examine their behavior, measure and appropriately size its resources. The study is justified, since there is currently the formation of long queues due to the service rate being lower than the customers arrival rate during peak hours. It is presented to study the behavior of the queue and calculate the performance of the same, the model M / M / s, and used the Arena software to simulate and present the performance of the queue with a larger number of attendants. Increasing the number of service stations to 3, a great improvement in queuing performance can be observed, resulting in a significant reduction in the waiting time in the system, a time equivalent to 35.44% of the time in the current scenario.

Keywords: Queuing Theory. Fast Food Restaurant. Arena Software.

Introdução

Devido as modificações da sociedade e por conseqüências alimentares das famílias modernas, veio a expansão do mercado de alimentos, em especial das redes fast

* Faculdade de Negócios Metropolitana. hugtra2000@gmail.com

food, observou-se um aumento significativo na procura por tais produtos. Isso ocorreu em virtude de vários fatores, dentre eles: mudanças no nível de renda, disponibilidade de tecnologia que possibilita produção rápida em larga escala, praticidade para os clientes, etc.

Bastos et al (2015) afirmam que o crescimento do mercado e o aumento da competitividade não foram seguidos pelos empreendedores, que ainda seguem o perfil básico de gestão, logística e estruturação do negócio.

Estima-se que no Brasil são servidas mais de 70 milhões de refeições todos os dias, movimentando mais de R\$ 50 bi por ano, para o ano de 2018 os especialistas consideram que o faturamento chegará na casa de R\$ 75 bi. (Economia ig.com.br)

As maiores redes de fast food presentes no país são: Subway, McDonald's, Burger King, Bob's, Spoleto, Habib's, Giraffas, Pizza Hut e KFC, totalizando mais de 5.300 lojas. A distribuição física das lojas concentra-se nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro (58%), seguidos de Bahia, Pernambuco e Ceará. (suafranquia.com).

Entretanto, as empresas desse setor ainda mantêm os aspectos gerenciais das primeiras lojas que surgiram nos EUA na década de 1950, apesar de todo aparato tecnológico que possibilita a confecção rápida do alimento, as alterações na demanda ainda continuam a produzir filas.

O surgimento de filas em qualquer estabelecimento é decorrente da diferença entre capacidade de processamento e taxa de crescimento da demanda. Nesse sentido, a fila precisa ser considerada como “termômetro” do sistema de processamento da empresa, ao mesmo tempo que pode gerar custos e perdas de receita, já que o cliente tende a evitar lugares com muitas filas.

Assim, este trabalho tem como objetivo analisar a aplicação da teoria das filas em um estudo de caso de um restaurante *fast food*, situado na cidade de Passos-MG, município com população estimada em 114.458 pessoas. Para isso, utiliza-se de uma análise do setor de alimentação e *food service* no Brasil, aplicação dos aspectos fundamentais da teoria das filas e, por fim, serão analisados os dados e será realizado um tratamento estatístico a fim de encontrar uma solução viável.

1 Referencial Teórico

1.1 Consumo de alimentos

As últimas décadas apresentaram grandes mudanças no padrão de consumo de alimentos no Brasil fortemente influenciadas por diversas alterações no perfil

socioeconômico da população com destaque para o aumento da urbanização, mulheres no mercado de trabalho, alterações demográficas, dentre outros (COELHO, 2015).

Todos esses fatores trouxeram modificações significativas na cesta básica do brasileiro e, com isso, produtores, distribuidores e comerciantes foram forçados a adaptarem-se a este novo cenário. Outro fator que contribuiu para mudanças no padrão de consumo de alimentos foi a evolução, ainda que pequena, no nível de escolaridade da população que aumentou a exigência sobre o valor nutritivo dos alimentos e os riscos para a saúde. (MONTEIRO, 2012).

Segundo Moratoya et al. (2013) explicam que o nível de renda influencia fortemente nas escolhas de compra de alimentos, as populações de renda mais baixa tendem a consumir produtos de menor poder nutritivo. Esses produtos são compostos por um alto teor de gorduras e açúcares que, além de induzir a compra pelo sabor, causam obesidade e diabetes.

A Tabela 1 apresenta o padrão de consumo por classe de renda, nela é possível observar, por exemplo, que a população de menor renda tende a consumir mais cereais, leguminosas e laticínios. Já a população com maior renda apresenta consumo de bebidas, frutas e hortaliças.

Dessa forma, conclui-se que a renda determina fortemente o padrão de consumo, quanto menor, menos opções de compra o indivíduo tem, forçando-o a escolher produtos específicos para sua dieta, enquanto que os mais ricos possuem mais opções de compra. (MORATOYA et al. 2013).

Tabela 1 - Aquisição Alimentar per Capita

Produto	Até R\$ 830	Mais de R\$ 830 até R\$ 1.245	Mais de R\$ 1.245 até R\$ 2.490	Mais de R\$ 2.490 até R\$ 4.150	Mais de R\$ 4.150 até R\$ 6.225	Mais de R\$ 6.225
Açúcar, doces e produtos de confeitaria	19,311	20,508	21,084	19,014	21,172	23,400
Alimentos preparados e misturas industriais	1,362	1,799	2,905	4,873	6,543	8,359
Aves e ovos	13,957	15,891	16,802	17,852	17,341	18,244
Bebidas e infusões	21,635	34,139	46,512	67,109	76,921	107,730
Carnes	17,903	22,229	25,525	30,325	33,699	31,894
Cereais e leguminosas	40,922	41,669	41,192	36,272	35,585	30,042
Farinhas, féculas e massas	21,120	19,365	18,171	15,701	14,851	15,747
Frutas	14,252	20,408	27,191	35,797	41,134	59,297
Hortaliças	15,413	22,623	27,059	32,644	35,147	44,282
Laticínios	25,133	35,984	43,800	53,770	60,839	66,288
Panificados	15,270	19,218	21,397	24,690	26,021	30,364

Fonte: Adaptado de IBF, 2017

Porém, o nível de renda maior não garante melhores escolhas nutritivas, como explica Coelho (2015), pessoas mais ricas consomem muitos alimentos gordurosos e doces, apresentando maiores níveis de obesidade e sobrepeso.

A Tabela 2 demonstra que o déficit de peso é de quase 3% para homens e 6% para mulheres de baixa renda, enquanto que nas famílias que ganham mais de cinco salários-mínimos esse número é de 0,7 e 2,2%, respectivamente.

Também é possível observar que as classes mais elevadas apresentam maiores níveis de excesso de peso e obesidade, sendo que mais de 60% dos homens ricos estão acima do peso e nas mulheres esse índice é de quase 46%.

Tabela 2 - Déficit de peso, excesso de peso, obesidade

Classe de rendimento total e variação patrimonial mensal familiar per capita (salários mínimos)	Déficit de peso, excesso de peso e obesidade (%)					
	Masculino			Feminino		
	Déficit de peso	Excesso de peso	Obesidade	Déficit de peso	Excesso de peso	Obesidade
Até ¼	2,7	30,9	5,5	5,7	43,8	15,1
Mais de ¼ até ½	3,0	37,0	6,9	5,0	44,2	14,6
Mais de ½ até 1	2,3	43,7	9,6	3,9	47,8	16,3
Mais de 1 até 2	1,9	51,5	13,3	3,8	49,9	18,0
Mais de 2 até 5	1,0	58,7	16,1	2,5	49,1	18,1
Mais de 5	0,7	63,2	17,1	2,2	45,7	15,8

Fonte: Adaptado de IBF, 2017.

Como as mudanças no nível de renda estão conectadas com o nível de empregabilidade da população, é comum identificar a relação entre emprego, renda e alimentação fora de casa. Dessa forma, empresas que oferecem esses produtos tiveram um aumento considerável em seus rendimentos nas últimas décadas, tanto que, entre 2004 e 2014 o número de transações diárias teve um aumento de aproximadamente 30%, como pode ser visto na Figura 1.

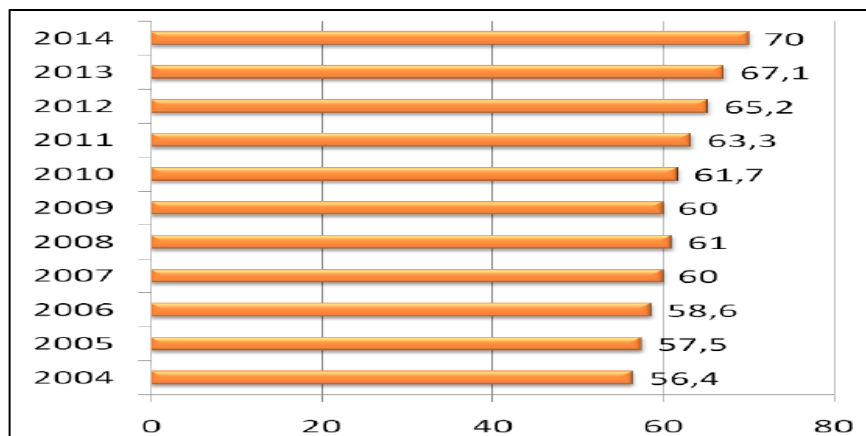


Figura 1 - Número de transações por dia (milhões)

Fonte: Adaptado de IBF, 2017

Além disso, o valor de cada transação saltou de R\$ 4,00 para R\$ 8,28 em média, aproximadamente 110% de aumento no mesmo período. Segundo dados do IFB (2017), o mercado de food service no Brasil cresceu 6,2% em 2015, 5,2% em 2016 e 10,9% no primeiro semestre de 2017 e tem um potencial de consumo de R\$ 200 bi.

Outro dado relevante do setor é a participação do food service na alimentação fora do lar do brasileiro, como pode ser visto na Figura 2, o país saltou de 24% em 2002 para 34% em 2016, enquanto que nos Estados Unidos quase metade da população se alimenta fora de casa.



Figura 2 - Participação de mercado

Fonte: Adaptado de IFB, 2017

Segundo IFB (2017), esses números são resultado de quatro fundamentos: aumento da renda, mulheres no mercado de trabalho, crescimento demográfico e desenvolvimento do mercado, e os principais custos do setor são:

- Impostos: 13%;
- Compra de insumos: 35%;
- Mão de Obra: 22%;
- Ocupação (aluguel, IPTU, condomínio, etc.): 8%.

Segundo Donna (2016), a chamada “nova Classe C%” contribuiu em muito na evolução deste mercado, sendo a responsável por quase 60% do consumo de food service e os alimentos mais consumidos são: carne (boi e frango), embutidos, laticínios, temperos/condimentos.

Em relação às refeições, essa população consome lanches/sanduíches, salgados, pizzas e Pratos Feitos (PF), sendo que mais de 50% desses pratos são consumidos em FastFoods.

1.2 Redes de *fast food*

Como visto anteriormente, mais da metade das refeições servidas no Brasil são oriundas de alguma rede de *fast food*. Surgido nos Estados Unidos a partir da década de 1950, esse modelo de negócio tornou-se, rapidamente, uma febre mundial e é considerado uma das marcas da influência norte-americana em todos os países. (PACIEVITCH, 2016).

Schlosser (2015) explica que o sucesso do fast-food se deu porque inseriu no mercado o conceito de comida padronizada, rápida e saborosa. Além disso, nessas empresas existe um elevado controle dos custos operacionais e logísticos para reduzir ao máximo o valor do produto final, economizando em salários e pagamentos a fornecedores.

Os irmãos Richard e Maurice McDonald foram os primeiros a idealizarem esse sistema de operação e oferecer o famoso combo hambúrguer, batata frita e refrigerante para a sociedade americana que, à época, buscava por velocidade.

Antunes (2015) explica que a vida cotidiana cada vez mais veloz forçava as pessoas a não se fixarem em atividades que não rendessem algum tipo de ganho financeiro, dessa forma, o tempo para alimentação foi sendo reduzido aos poucos e o momento da refeição tornou-se um lanche rápido na rua.

Em um restaurante fast food tudo é pensado para que o consumo de tempo e demais recursos sejam otimizados ao máximo, tendo como base o pensamento de linha de produção de Henry Ford.

Portanto, produtividade, agilidade e padronização são os pilares que sustentam esse modelo de produção que se evidencia desde a arquitetura e disposição das máquinas e equipamentos, projetados para não produzirem variações, até à climatização da área de consumo que se apresenta, geralmente, pouco confortável para favorecer a circulação rápida de clientes (PACIEVITCH, 2016).

No Brasil, os primeiros restaurantes fast food surgiram no ano de 1951, quando foi fundada, no Rio de Janeiro, a Sorveteria Falkenburg, que mais tarde se tornaria a rede Bob's.

Atualmente são contabilizados mais de 5.000 estabelecimentos do tipo fast food no Brasil e o mercado cresce a uma taxa de 12% ao ano. Mais de 60% das lojas estão na região Sudeste, entretanto, o Nordeste é o que apresenta maior taxa de crescimento (PACIEVITCH, 2016).

Os principais restaurantes fast food presentes no Brasil atualmente são: Subway, McDonald's, Burger King, Bob's, Spoleto, Habib's, Giraffas, Pizza Hut e KFC, juntos, eles representam mais de 90% de todo consumo desse tipo de alimento.

O mercado de fast food é bastante competitivo e nenhuma empresa fica no topo por muito tempo, como pode ser visto na Figura 3, a rede Subway é a que tem maior índice de *Market share*, seguida do McDonalds e Bob's.

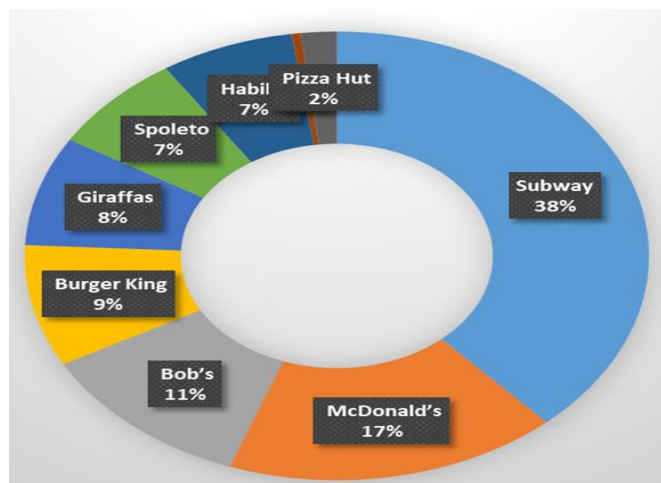


Figura 3 - Distribuição das lojas
Fonte: Adaptado de IFB, 2017

Entretanto, quando analisado o crescimento proporcional das redes, o Burger King é o que apresenta maior índice, conforme pode ser visto na Figura 4.

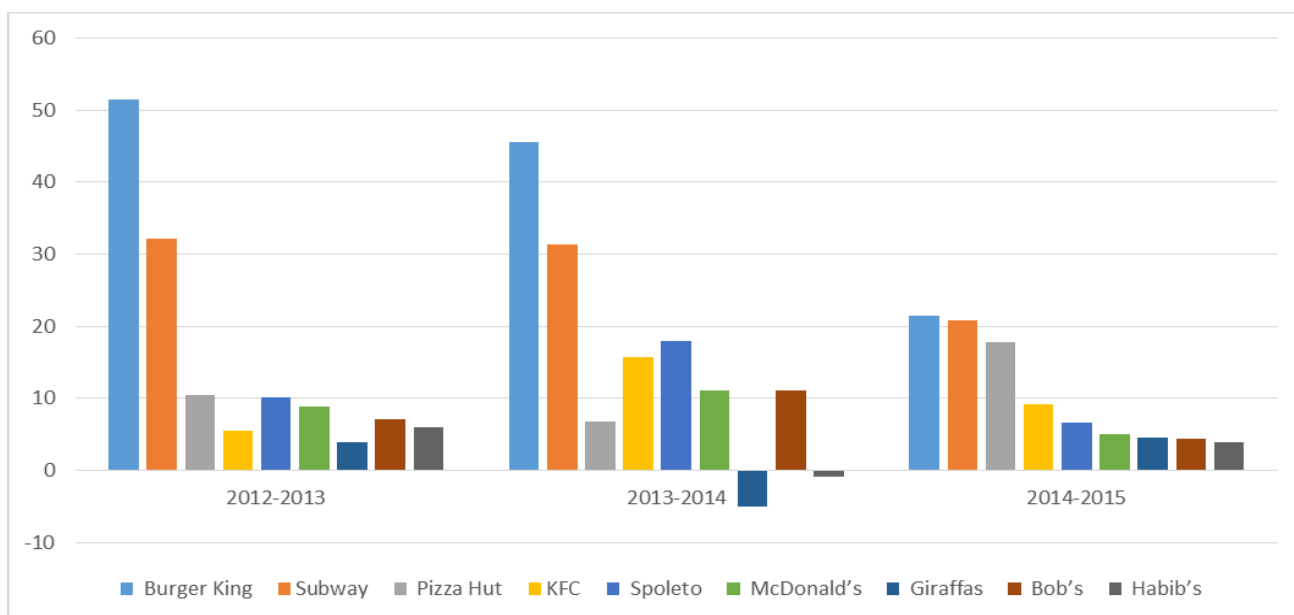


Figura 4 - Crescimento 2012-2015
Fonte: Adaptado de IBF, 2017

Para Antunes (2015), o crescimento das redes de fast food está associado a vários fatores econômicos e sociais que têm alterado o modelo de consumo de alimentos do brasileiro, dentre eles destacam-se a participação da mulher no mercado de trabalho e o nível de renda dos trabalhadores.

O aumento na procura por esses produtos causa, inevitavelmente, o acúmulo de pessoas na fila de espera para serem atendidas, assim, a teoria das filas passa a ser uma ferramenta de suporte a auxiliar os gestores a melhor administrarem a formação de filas no seu estabelecimento.

1.3 Teoria das filas

Essa teoria surgiu a partir das análises de painéis telefônicos em uma empresa da Dinamarca feitas pelo engenheiro Agner Krarup Erlang (1878-1929) que desenvolveu uma fórmula para calcular a quantidade de ligações feitas para pessoas de fora de um vilarejo e o tempo de espera necessário para realizar essas chamadas, já que todas as outras linhas estavam sendo utilizadas. (BASTOS, 2015).

Como explica Costa (2013), a formação de filas ocorre quando a busca por um determinado serviço é maior que a taxa de processamento dos pedidos. Portanto, o objetivo da teoria das filas é encontrar modelos e análises matemáticos que apresentem um equilíbrio entre a procura e o processamento de pedidos e que seja economicamente viável.

Uma fila pode ser esquematizada conforme modelo apresentado na Figura 5, ao dar entrada no sistema o cliente¹ deve esperar certo tempo até conseguir ser atendido, sem seguida ele sai do sistema. (SILVA et al. 2006; COSTA, 2013).

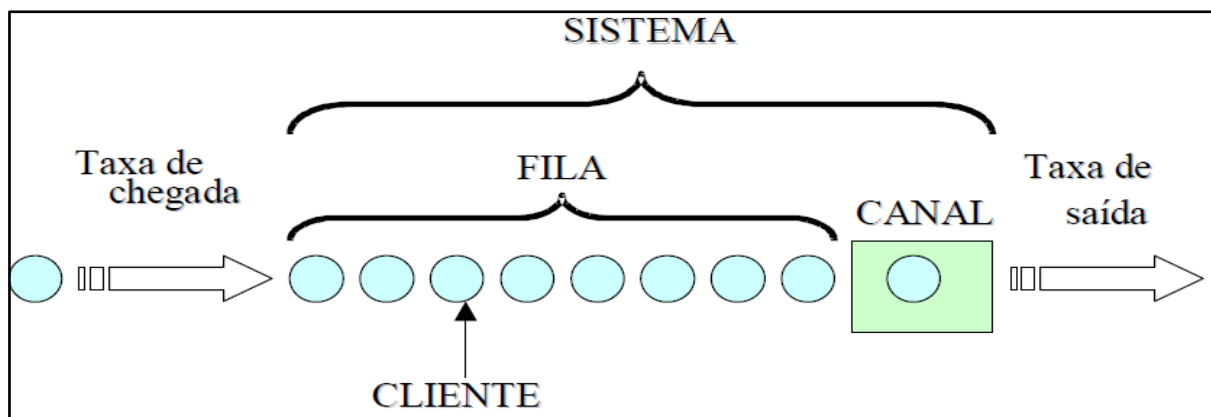


Figura 5 - Sistema de fila
Fonte: Silva et al. (2006)

¹ O termo “cliente” deve ser entendido de forma ampla dentro da teoria das filas, ele pode se referir tanto à pessoa física quanto a produtos em uma linha de produção ou processos.

Os principais exemplos da aplicação da teoria das filas são o fluxo de tráfego (pessoas, documentos, veículos, etc), escalonamento (atendimentos hospitalares) e serviços (bancos, restaurantes, etc).

Existem algumas características que são fundamentais para os processos de filas e descrevem de forma ampla seu funcionamento, são elas:

I. **Padrão de chegada dos clientes:** nos processos mais comuns que geram filas a chegada dos clientes ocorre conforme as regras da probabilidade estatística. Nesse caso, é importante que se conheça os tempos de chegada de cada cliente e o local em que eles esperam. Outro fator a considerar é a possibilidade de os clientes chegarem todos ao mesmo tempo, a chamada “chegada *batch*”.

A forma com que o cliente entra no sistema também pode influenciar a espera, se a reação for de esperar, independentemente do tamanho da fila, o cliente é classificado como interessado. Caso ele desista de esperar e não permanece na fila, ele é classificado como decepcionado.

II. **Padrões de serviço:** assim como no padrão de chegada, o padrão de serviço também é influenciado pela forma com que ele chega ao sistema, podendo ser simples ou *batch*. O serviço também pode estar atrelado ao número de clientes que demandam por ele, essa situação é chamada de “dependente de estado”.

III. **Disciplina de filas:** é a forma com que os clientes são selecionados para entrar no sistema de fila, a observação mais comum desse modelo é o chamado *First-in-First-out* (FIFO), a prioridade no atendimento é dada pela ordem de chegada dos clientes. Também é utilizado o *Last-in-First-out* (LIFO), no caso dos estoques, onde o último produto a chegar é o primeiro a ser retirado.

Na disciplina de prioridades em filas utiliza-se também a classificação de cliente *preemptivo*, que é aquele que se atende prontamente, interrompendo-se o atendimento ao cliente com menor prioridade, não importa sua posição na chegada à fila. Já na prioridade não-preemptiva, o cliente de maior prioridade é colocado no início da fila, mas, somente é atendido quando o de menor prioridade tem seu atendimento finalizado.

IV. **Capacidade do sistema:** são os limites impostos ao sistema em virtude do espaço físico dedicado à armazenagem da fila. Assim, quando as filas

apresentam um certo volume não são mais aceitos novos clientes até que mais espaço seja disponibilizado, esses casos são chamados de “sistemas finitos”.

- V. Número de canais de serviço:** refere-se ao número de estações de processamento que podem atender aos clientes simultaneamente. Esses sistemas, chamados de multicanais, são classificados em dois modelos: multicanal com fila única (os clientes são dispostos em uma única fila e distribuídos para as estações de atendimento conforme sua vez chega, como no caso de barbearias, por exemplo. O outro modelo é chamado de multicanal com fila individual, aonde cada fila leva a uma estação de atendimento específica, modelo verificado em alguns supermercados e restaurantes *fast-food*.
- VI. Estágios de serviço:** o sistema de filas pode apresentar apenas um estágio de serviço, como no caso da barbearia, ou pode apresentar multi-estágios, como no caso de hospitais. Alguns sistemas multi-estágios também fazem uso da reciclagem (ou retorno), que é a reentrada do cliente no sistema.

2 METODOLOGIA

Os dados apresentados neste trabalho foram apurados através de um levantamento de campo exercido em um restaurante do modelo fast food localizado na cidade de Passos – Minas Gerais mediante a observação no instante no qual o processo era executado. Anteriormente, foi realizada uma reunião com o responsável do restaurante, o qual nos instruiu que o horário de pico é das 19:30h às 23h, posteriormente, com a utilização de um cronômetro digital foram apurados os seguintes dados:

- Registro do momento em que o cliente chegou à fila;
- Número de cozinheiros disponíveis;
- Registro do momento em que começa o atendimento do cliente pelo cozinheiro;
- Registro do momento em que se encerra o atendimento do cliente;
- Tempo utilizado para o atendimento.

Estes dados foram dispostos e organizados em um software de planilha eletrônica chamado Microsoft Office Excel com o propósito de executar análises estatísticas.

Posteriormente, com o auxílio da ferramenta *Input Analyser*, um recurso disponível no software ARENA 15.0 desenvolvido pela empresa Rockwell Automation. Com o propósito de analisar os dados e determinar uma distribuição de probabilidade que melhor se adequa a base de dados. Por meio desta ferramenta pode-se descobrir o *p-value*, o qual está vinculado ao teste de hipóteses, que tende a confirmar ou não os pontos encontrados através de testes estatísticos, como o Qui-Quadrado.

Em seguida, ainda utilizando o software ARENA, foi realizada a simulação do cenário atual com o intuito de encontrar o tempo de espera médio que o cliente permanece na fila, o número médio de clientes em espera e a utilização instantânea dos postos de atendimento.

Visto que o tempo de espera em um restaurante fast food deve ser baixo e que isso impacta diretamente na percepção de qualidade do serviço prestado, e a quantidade de clientes afeta diretamente na tomada de decisão do cliente pegar ou não a fila. Foi proposto um novo cenário fazendo o uso de mais um posto de atendimento, e para este, realizou-se o cálculo do modelo matemático do sistema, onde se utilizou do método de Teoria das Filas. E neste estudo o sistema foi apresentado como um modelo Markoviano, M/M/s de fila única, considerando s o número de postos de atendimento em paralelo. Visto que o atendimento aos clientes do restaurante consiste em fogões expostos de maneira paralela com uma fila única obedecendo a ordem de chegada dos clientes pela disciplina FIFO (First in First out). Com isso foram aplicados os cálculos abaixo para examinar o modelo M/M/s, onde:

- λ é a taxa de chegada;
- S é o número de postos de trabalho no sistema;
- μ é a taxa de atendimento de cada posto de trabalho;
- $S\mu$ é a taxa de atendimento do sistema.

A seguir temos as equações para mensurarmos o desempenho da fila conforme Pereira [2009]. Onde a taxa de utilização ρ é representada por:

$$\rho = \lambda/S\mu$$

No qual:

$$\lambda_n = \lambda \text{ para } n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

E:

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu & \text{se } 0 \leq n \leq S \\ S\mu & \text{se } n \geq S \end{cases}$$

E nos Quadros 1 e 2 podemos observar as equações dos indicadores de desempenho da fila.

Quadro 1 - Equações dos Indicadores de Desempenho da Fila.

P0 - Probabilidade de não existirem clientes no sistema em função da taxa de utilização ρ
$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{S-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^S}{S!} + \frac{1}{(1-\lambda/S\mu)} \right)^{-1}$
Pn - Probabilidade de existirem n clientes no sistema em função da taxa de utilização ρ
$P_n = \begin{cases} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0}{n!} & \text{se } 0 \leq n \leq S \\ \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0}{S!S^{n-S}} & \text{se } n > S \end{cases}$

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 2 - Equações dos Indicadores de Desempenho da Fila.

Lq - Comprimento médio da fila	Wq - Tempo médio na espera da fila
$L_Q = \sum_{n=S}^{\infty} (n - S)P_n = \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^S \rho}{S!(1-\rho)}$	$W_Q = \frac{L_Q}{\lambda}$
Ws - Tempo médio de espera no sistema	Ls - Número médio de cliente no sistema
$W_S = W_Q + \frac{1}{\mu}$	$L_S = L_Q + \frac{\lambda}{\mu}$

Fonte: Elaboração Própria.

De acordo com a equação da taxa de utilização ρ apresentada anteriormente, a taxa de chegada λ deve ser menor ou igual a taxa de atendimento do sistema $S\mu$. De outra forma, as outras equações usadas para mensuramos o desempenho da fila não seriam validas, visto que a fila estudada tenderia ao infinito.

Com isso, aplicou-se o software Arena para realizar a análise do sistema no contexto atual, dispondo como dados de entrada as taxas de atendimento médio e chegada dos dados coletados, com o objetivo de simular e demonstrar o cenário atual do sistema. Em seguida, utilizando-se as mesmas taxas, foi apresentado um novo cenário com a quantidade de postos de atendimento preparados para uma taxa de utilização ρ abaixo de 100%. Tornando-se assim a taxa de chegada λ menor do que a taxa de atendimento $S\mu$,

possibilitando calcular os indicadores de desempenho da fila proposta. Os cálculos e resultados obtidos estão apresentados na seção de análise dos resultados.

1. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Através do Input Analyzer foi realizado a análise dos dados e gerou-se os seguintes gráficos, estabelecendo o tempo de atendimento visto na Figura 6 e o intervalo de chegada de clientes na fila na Figura 7. Em relação aos dados estatísticos gerados para o tempo de atendimento e para o intervalo de chegada de clientes podem ser vistos respectivamente, nos Quadros 3 e 4.

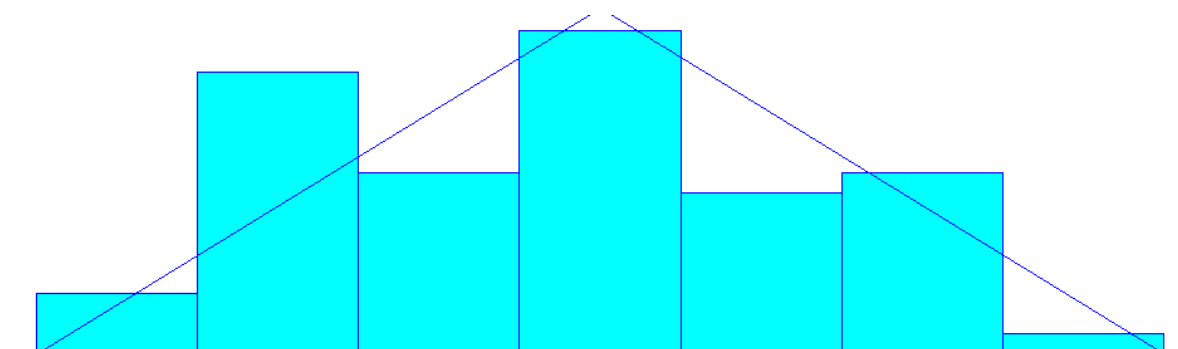


Figura 6 - Distribuição do tempo de Atendimento
Fonte: Elaboração Própria

Quadro 3 – Dados Estatísticos do Tempo de Atendimento

Distribuição		Teste de Kolmogorov-Smirnov	
Tipo:	Triangular	Teste Estatístico:	0.15
Espressão:	TRIA(3.56, 4.25, 4.95)	P-value correspondente	0.122
Erro quadrático:	0.006629	Sumário dos Dados	
Teste do Chi-Quadrado		Número de Pontos de Dados:	60
Número de Intervalos:	5	Valor Mín nos Dados:	3.68
Graus de Liberdade:	3	Valor Max nos Dados:	4.83
Teste Estatístico:	8.01	Média da Amostra:	4.2
P-value correspondente	0.0469	Desvio Padrão da Amostra:	0.301

Fonte: Elaboração própria com dados gerados pela ferramenta Input Analyzer

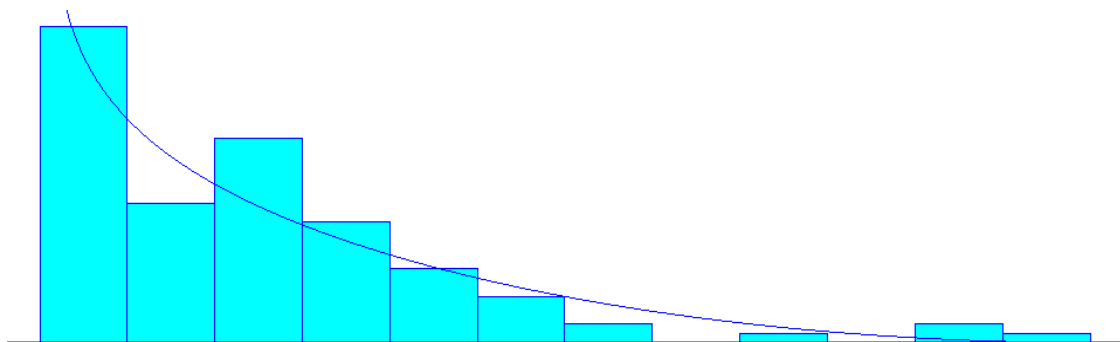


Figura 7 - Distribuição do Intervalo de Chegada

Fonte: Elaboração Própria

Quadro 4 – Dados Estatísticos do Intervalo de chegada de clientes.

Distribuição	
Tipo:	Beta
Espressão:	$-0.5 + 12 * \text{BETA}(0.766, 2.91)$
Erro quadrático:	0.009698
Teste do Chi-Quadrado	
Número de Intervalos:	5
Graus de Liberdade:	2
Teste Estatístico:	6.38
P-value correspondente	0.0429
Sumário dos Dados	
Número de Pontos de Dados:	103
Valor Min nos Dados:	0
Valor Max nos Dados:	11
Média da Amostra:	2
Desvio Padrão da Amostra:	2.25

Fonte: Elaboração própria com dados gerados pela ferramenta Input Analyzer

Conforme o Quadro 5 abaixo, pode-se observar a utilização do sistema atual, que foi calculado de acordo com as taxas coletadas, sendo elas, as taxas de chegada e atendimento, as quais também podem ser vistas abaixo.

Quadro 5 - Dados do Cenário Atual.

Cenário Atual - Utilizando 2 fogões	Resultados
Taxa de chegada de clientes (Clientes/hora)	29,43
Taxa de atendimento Fogão 1(Clientes/hora)	14,63
Taxa de atendimento Fogão 2 (Clientes/hora)	14,12
Taxa de Atendimento Médio (Clientes/hora)	14,38
Utilização Calculada (p)	1,023

Fonte: Elaboração própria.

Analisando os dados do quadro 3, observa-se que a taxa média de atendimento aos clientes é de 14,38, visto que o tempo médio de atendimento dos fogões é de 4min11seg. Resultando assim em uma capacidade de atender cerca de 28,75 clientes por hora no sistema. Nota-se também que a taxa de chegada de clientes é de 29,43 clientes por hora, isto é, uma taxa de chegada de clientes a cada 2min2seg. Frisa-se que em muitas ocasiões os clientes não chegam só, podendo chegar em grupos de dois ou mais.

Conforme informado anteriormente, a taxa de utilização de um sistema deve ser inferior a 100%, e como visto no quadro 3, a taxa de utilização é de 1,023, ou melhor, 102,3%. Isto é devido ao fato que λ , que representa a taxa de chegada de clientes, é maior do que $\Sigma\mu$ o qual representa a taxa de atendimento aos clientes no sistema. Demonstrando assim, que para o horário de pico o estabelecimento fica com uma capacidade de atendimento inferior a capacidade ideal, provocando a formação de filas. Devido a este motivo, torna-se impossível o cálculo dos indicadores de desempenho, como o tempo médio no sistema e na fila, e o número médio de clientes no sistema e na fila, visto que com esta taxa de utilização a fila tende ao infinito. Com base nestes dados, é possível confirmar que o sistema atual é ineficiente no horário de pico.

Com o propósito de otimizar o tempo de espera na fila melhorando o serviço de atendimento, foi realizado a simulação do cenário atual com o auxílio do software Arena, onde pode-se visualizar o fluxograma do sistema na Figura 8 e os dados do Relatório Principal na Figura 9.

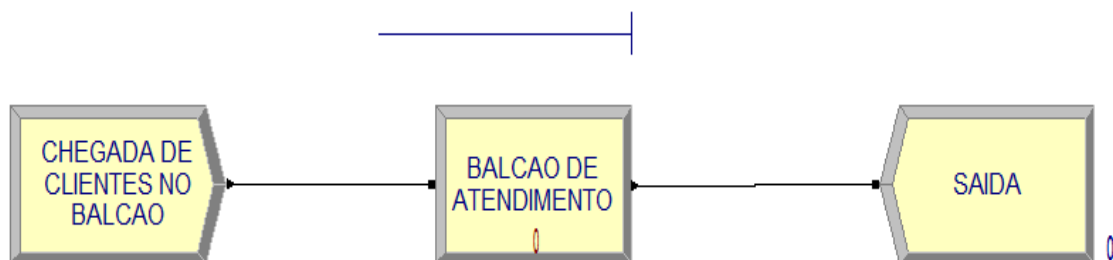


Figura 8 - Fluxograma do Sistema

Fonte: Elaboração Própria

Queue				
Time				
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
BALCAO DE ATENDIMENTO.Queue	17.5260	(Insufficient)	0.00	31.2927
Other				
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
BALCAO DE ATENDIMENTO.Queue	8.3990	(Insufficient)	0.00	15.0000

Figura 91 - Relatório Principal Arena do Cenário Atual (2 postos de atendimento).

Fonte: Elaborado pelo software Arena

De acordo com a Figura 9, constatamos que o tempo em espera médio é de 17min31seg podendo chegar a 31min17seg, e o número de clientes em espera é de 8,39 pessoas, com um máximo de 15 pessoas, mostrando claramente uma ineficiência no sistema.

Visto isto, foram realizados novos cálculos considerando as mesmas taxas de atendimento ao cliente e chegada, modificando apenas a quantidade de postos de atendimento. Propondo assim, um cenário com a disposição de 3 fogões, o qual, representamos na equação abaixo a utilização calculada:

$$\rho = \frac{29,43}{(3 \times 14,38)} = 0,6821$$

Como podemos observar acima, a utilização calculada é inferior a 100%, possibilitando assim, o cálculo dos indicadores de desempenho da fila. Conforme indicado no quadro 6.

Quadro 6 - Cenário Proposto com 3 fogões.

Cenário Proposto - Utilizando 3 fogões	Resultados
Utilização Calculada (p)	0,68
Ls - Número Médio de Clientes no sistema	3,05
Lq - Número Médio de Clientes na fila	1,02
Ws - Tempo Médio no Sistema (min)	06:13
Wq - Tempo Médio na Fila (min)	02:04

Fonte: Elaboração Própria

Analisando os dados do cenário proposto, podemos observar que o número médio do sistema caiu significativamente, tendo agora aproximadamente 1 cliente na fila e

aproximadamente 3 clientes no sistema. Teve-se um bom resultado em relação aos tempos médios de espera na fila e no sistema, sendo respectivamente, 2min4seg e 6min13seg.

Observando-se o Quadro 7, podemos verificar a diferença entre o cenário atual e o cenário proposto, o qual dispõe de um fogão a mais para realizar o atendimento aos clientes.

Quadro 7 - Comparativo entre os Cenários.

Cenários	Utilização Calculada	Tempo Médio no Sistema - Ws (min)
Cenário Atual - Utilizando 2 fogões	1,02	17:31
Cenário Proposto - Utilizando 3 fogões	0,68	06:13

Fonte: Elaboração Própria.

O tempo médio no sistema Ws do Cenário Proposto corresponde a 35,44% do cenário atual, com uma taxa de utilização calculada dentro dos níveis admissíveis. Com isso, conclui-se que para o restaurante aperfeiçoar o atendimento da demanda no horário de pico, faz-se necessário a utilização de 3 fogões ao todo.

No entanto, visto que calcular o sistema como M/M/s geralmente superdimensiona o recurso estudado. Realizamos também a simulação do cenário proposto no software Arena, utilizando as distribuições obtidas anteriormente pelo *Input Analyzer*. E de acordo com a Figura 10, pode-se concluir que o sistema utilizando 3 postos de atendimento mostra uma eficiência superior ao cenário atual. Propondo assim, uma excelente alternativa para realizar o atendimento aos clientes no horário de pico do restaurante.

Queue				
Time				
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
BALCAO DE ATENDIMENTO.Queue	1.5112	(Insufficient)	0.00	6.7967
Other				
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
BALCAO DE ATENDIMENTO.Queue	0.7412	(Insufficient)	0.00	5.0000

Figura 10 - Relatório Principal Arena do Cenário Proposto (3 postos de atendimento).

Fonte: Elaborado pelo software Arena

Considerações Finais

Este trabalho teve como finalidade apresentar o desempenho de um sistema de atendimento aos clientes na fila formada no balcão de atendimento de um restaurante modelo fast-food. Conseguiu-se constatar que a maneira que o sistema é executado atualmente é ineficiente, não atendendo a quantidade de clientes que desfrutam do estabelecimento no decorrer do horário de pico.

O propósito deste artigo foi alcançado fazendo o uso da Teoria das Filas para examinar as propriedades e o desempenho da fila durante o horário de pico, e dimensionando a capacidade ideal. A proposta realizada de trabalhar com três postos de atendimento atingiu uma boa taxa de utilização e um bom nível de serviço.

Ressalta-se que no estabelecimento já existe a disponibilidade de se trabalhar com três postos de atendimento, portanto não há a necessidade de obras civis e não se deve obrigatoriamente realizar a contratação de mais um funcionário, visto que o gargalo ocorre somente durante o horário de pico. Sendo assim, recomenda-se que seja realizado um deslocamento de um funcionário de outro setor para suprir o atendimento apenas nesse intervalo de tempo.

Mesmo que os resultados atingidos sejam satisfatórios e confirmam a redução no tempo de espera na fila, este estudo apresenta alguns pontos limitantes, os quais, podem dar a origem a novos estudos. Pontos estes que podem ser explanados como a ausência de um estudo sobre os custos operacionais na operação de deslocar um dos funcionários, custos de treinamento e as restrições de mão de obra.

Referências

BASTOS, L. et al. Análise da incidência de filas em um serviço drive-thru de uma empresa de fast food. In: EINEPRO, 1., **Anais...** São João da Barra, 2015.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos**. São Paulo: Ed. Do Autor, 2010.

COELHO, A. B. Padrão de consumo de alimentos no Brasil. **RESR**, Piracicaba, v. 47, n. 2, p. 335-362, abr./jun. 2015.

COSTA, L. C. **Teoria das filas**. Universidade Federal do Maranhão. 2013. Notas. Disciplina “Simulação de eventos estocásticos”.

DONNA, E. **O mercado de food service no Brasil**. In: CONGRESSO DE PESQUISA SETORIAL ABF FOODE SERVIVE, 10., **Anais...** 2016.

MAGALHAES, M. N. **Noções de probabilidade e estatística**. 6. ed. São Paulo: Edusp, 2016.

MONTEIRO, C. **Consumo alimentar e estado nutricional da população brasileira**. Brasília, DF: Conselho Nacional de Segurança Alimentar, 2012.

PACIEVITCH, T. **Fast-food: uma história**. São Paulo: Saraiva, 2016.

PEREIRA, C. R. V. **Uma introdução às filas de espera**. Rio de Janeiro: UERJ, 2005.

PRADO, D. **Teoria das filas e simulação**. 5. ed. São Paulo: Falconi, 2014

SCHLOSSER, E. **Nação fast-food: o lado escuro da comida americana**. Rio de Janeiro: Cia das Letras, 2015.

SILVA, V. Teoria das filas aplicada ao caso: Porto de Itajaí. In: SIMPEP, XIII., **Anais...** Bauru, 2006.

DOCUMENTOS SUPLEMENTARES

Instrumentos de coleta utilizados:

- Cronometro digital
- Planilha eletrônica Microsoft Office Excel
- Ferramenta Input Analyzer disponível pelo software Arena
- Software Arena

Planilha dos dados

Tabela 3 - Intervalo entre chegadas de clientes

Hora da Chegada	Quantidade
19:32	2
19:35	1
19:37	2
19:40	2
19:43	1
19:48	2
19:51	1
19:56	1
19:57	2
19:58	2
19:59	1
20:01	2
20:02	1
20:05	1
20:07	3
20:10	1
20:12	1
20:14	2
20:17	2
20:19	2
20:20	1
20:22	1
20:24	1
20:27	4
20:31	1
20:32	1
20:37	3
20:39	1
20:40	1
20:44	2
20:47	1

20:49	2
20:50	1
20:51	2
20:54	1
20:56	2
20:58	1
21:00	1
21:04	1
21:06	2
21:07	1
21:09	1
21:11	2
21:15	1
21:17	1
21:22	2
21:25	1
21:29	1
21:33	1
21:37	1
21:45	1
21:51	2
21:54	1
21:57	1
21:59	1
22:01	2
22:02	2
22:03	2
22:14	1
22:19	1
22:20	2
22:26	1
22:27	2
22:29	1
22:39	2
22:43	1
22:44	2
22:46	1
22:56	2
22:58	1

Fonte: Elaboração Própria.

Tabela 4 - Tempo de atendimento

Tempo no atendimento Fogão 1	Tempo no atendimento Fogão 2
04:24	04:31
04:28	04:34
04:12	04:16
03:41	03:47
04:35	04:37
03:46	03:52
03:45	04:50
04:06	04:12
03:51	03:58
04:43	04:35
03:45	03:51
04:31	04:37
04:33	04:40
04:15	04:19
04:26	04:23
04:12	04:18
04:35	04:37
03:57	03:59
04:01	04:07
04:29	04:15
03:51	03:49
03:46	03:50
03:56	03:58
04:09	04:16
03:57	03:59
03:50	03:54
04:13	04:15
04:09	04:13
04:12	04:18
04:19	04:21

Fonte: Elaboração Própria