

## TEORIA DAS FILAS: UM ESTUDO DE CASO EM UM RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO

Ivanilda Agostinho Ferreira (UFPB) E-mail i\_ivanilda@hotmail.com  
Elizama Rosa de Lima (UFPB) E-mail elizamarosalima@gmail.com

### Resumo

Este artigo apresenta um estudo de caso realizado em um Restaurante Universitário (RU) pertencente a uma instituição de Ensino Superior (IES) do Nordeste Brasileiro. Com o intuito de propor melhorias referentes aos principais problemas identificados, como gargalos, elevado tempo média de espera nas filas e outras restrições que aumentavam o tempo de ciclo total desde a permanência na fila até a saída dos usuários. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica, visitas técnicas, entrevistas com os usuários do RU, observações visuais com a finalidade de compreender as etapas do processo, bem como a elaboração de fluxograma com o objetivo de apresentar de forma esquemática a dinâmica do processo estudado. Foi realizada uma coleta de dados que permitiram calcular a taxa de chegada ( $\lambda$ ), e a taxa de atendimento ( $\mu$ ), durante um período de 5 dias úteis da semana fazendo uso de um lote composto por 20 usuários. Esses dados possibilitaram calcular os demais parâmetros, como a taxa de utilização do sistema ( $P$ ) e a probabilidade do sistema está vazio ( $P_0$ ). Portanto, mediante os cálculos referentes às medidas de desempenho de filas em canal único (M/M/c), os canais existentes de atendimento são insuficientes para atender a demanda. Sugere-se ao RU, a proposta de aumentar o número de canais de alimentação ( $c \geq 3$ ), para minimizar o *lead time* de operações bem como direcionar estudos sobre planejamento das instalações como alternativa de melhor utilizar o *Layout*.

**Palavras-Chaves:** Restaurante Universitário, *Layout*, Teoria das Filas.

## 1. Introdução

As filas são constantes na vida cotidiana, em supermercados, bancos, trânsito e em restaurantes, foco de estudo desse artigo. As filas são formadas mediante a prestação de um serviço e/ou produção de um produto, estes clientes por sua vez, esperam ou são atendidos rapidamente, saindo após a prestação do serviço.

Levando em consideração que para a formação de um sistema torna-se necessária a composição de uma fila, está por sua vez formado por clientes à espera de ser atendidos e juntamente com um serviço, este constituído por um ou mais postos de atendimento.

Segundo Wild (1981), um sistema é uma configuração de entidades que se relacionam entre si de maneira proposital e funcional para juntas constituírem um todo significativo. O todo significativo compreende os ganhos em indicadores estabelecidos pela empresa, através do monitoramento e identificação das entradas (*inputs*), recursos necessários e utilizados no processo e as saídas (*outputs*), que em conjunto contribuem para gerenciar na organização os rendimentos satisfatórios na gestão por processos e os gargalos. Isso possibilita a empresa obter melhorias no processo destinado a um melhor planejamento do sequenciamento de serviços, qualidade dos serviços realizados.

Os universitários passam a maior parte do seu dia realizando atividades dentro do ambiente acadêmico, sendo necessária a prestação de serviços básicos como o fornecimento de alimentação dentro da universidade e possibilitar melhorias na qualidade de vida.

Considerando o Restaurante Universitário (RU) um sistema, as entradas corresponderam aos funcionários da instituição responsáveis por realizarem a preparação das refeições, equipamentos, utensílios, materiais, insumos, energia, água e conhecimento que são utilizados para realizar o processo de execução, ou seja, preparação das refeições e as saídas são definidas pelo serviço final prestado ou não. Porém, esse processo realizado diariamente está sujeito a uma complexidade devido aos imprevistos internos e externos influenciando em elevados tempos de espera nas filas.

Logo, se tratando de pessoas e não do processo produtivo, a formação de uma fila decorre da ausência de equiparação entre as entradas e o processamento (prestação do serviço) e quando a entrada/chegada ao sistema é maior que a sua própria capacidade de processamento, ocasionado diversos tipos de transtornos e frustrações afetando a qualidade do serviço prestado pela empresa, exigindo que os gestores busquem implementar e adotar estratégias de melhorias para evitar perdas de clientes.

Assim, este trabalho visa calcular o tempo de espera dos alunos nas filas do RU, identificar as principais causas da elevação do tempo de espera nas filas bem como propor melhorias referentes aos principais problemas identificados que aumentavam o tempo de ciclo total desde a permanência na fila, passagem pelas catracas, *self-service* nos *Buffets* e a saída dos usuários.

## **2 Referencial teórico**

### **2.1 Definição de filas**

Fila é gerada quando unidades (clientes), chegando a um posto de serviço, não possam ser atendidas prontamente, tendo, ocasionalmente, que esperar para sê-lo. O grupo que espera é a fila, porém, esse termo geralmente indica todos os clientes presentes, isto é, os que esperam e os que estejam sendo atendidos (TÔRRES, 1996).

Define-se fila como uma fileira de pessoas que se colocam umas atrás das outras, pela ordem cronológica de chegada a um ponto de embarque, ou também, uma estrutura de organização de dados na quais estes são recuperados na mesma ordem em que foram inseridos (AURÉLIO, 2002).

### **2.2 Elementos de um modelo de filas**

Segundo Taya (2007, p. 248) os elementos que constituem uma situação de fila são o cliente e o servidor. Clientes são gerados por uma fonte. Ao chegarem a uma instalação de serviço, podem iniciar o serviço imediatamente ou esperar em uma fila se uma instalação de serviço estiver ocupada. Quando uma instalação conclui um serviço, chama automaticamente um cliente que está à espera na fila, se houver algum, caso a fila estiver vazia, a instalação ficará ociosa até chegar um novo cliente. A chegada de clientes é representada pelo intervalo de tempo entre clientes sucessivos, e o serviço é descrito pelo tempo de serviço (ou de atendimento) por cliente. O tamanho da fila desempenha um papel na análise de filas e pode ser finito.

O comportamento dos clientes em filas desempenha um papel na análise da fila de espera. Clientes 'humanos' podem trocar de uma fila para outra na esperança de reduzir o tempo de espera. Também podem desistir de se juntar a uma fila por causa de uma fila longa espera prevista ou podem abandonar uma fila porque estão esperando há muito tempo (TAYA, 2007, p. 248).

Conforme Pereira (2009) a disciplina de atendimento descreve a forma como os clientes saem da fila de espera para serem atendidos. Existem várias formas:

- FCFS (First Come, First Served) ou FIFO (*First In, First Out*) são filas com características FCFS (ou FIFO) onde o primeiro cliente a chegar é o primeiro a ser atendido e a sair. Estas são as filas mais comuns na vida diária (como por exemplo, acontece com as filas em banco);
- LCFS (*Last Come, First Served*) ou LIFO (*Last In, First Out*) As filas LCFS (ou LIFO) são as filas onde o último cliente a chegar é o primeiro a ser atendido e a sair;
- SIRO (*Service In Random Order*) são filas em que o serviço é feito de forma aleatória;
- PRI (Prioritárias) são as filas com prioridade, onde é atribuída uma prioridade a cada cliente, podendo um cliente que entra com maior prioridade ser atendido imediatamente, interrompendo o atendimento do cliente que está a ser atendido nesse momento ou o cliente com maior prioridade ser colocado no início da fila, e sendo o próximo a ser atendido após da saída do cliente que está nesse momento a ser atendido.

### **2.3 Teoria das filas**

Segundo Arenales et al (2007) a teoria de filas (ou teoria de congestão), inicialmente motivada por aplicações em sistemas telefônicos, é um ramo da Pesquisa Operacional que estuda as relações entre as demandas em um sistema e os atrasos sofridos pelos usuários deste sistema. E estabelece que a formação de filas ocorra se a demanda excede a capacidade do sistema de fornecer o serviço em certo período.

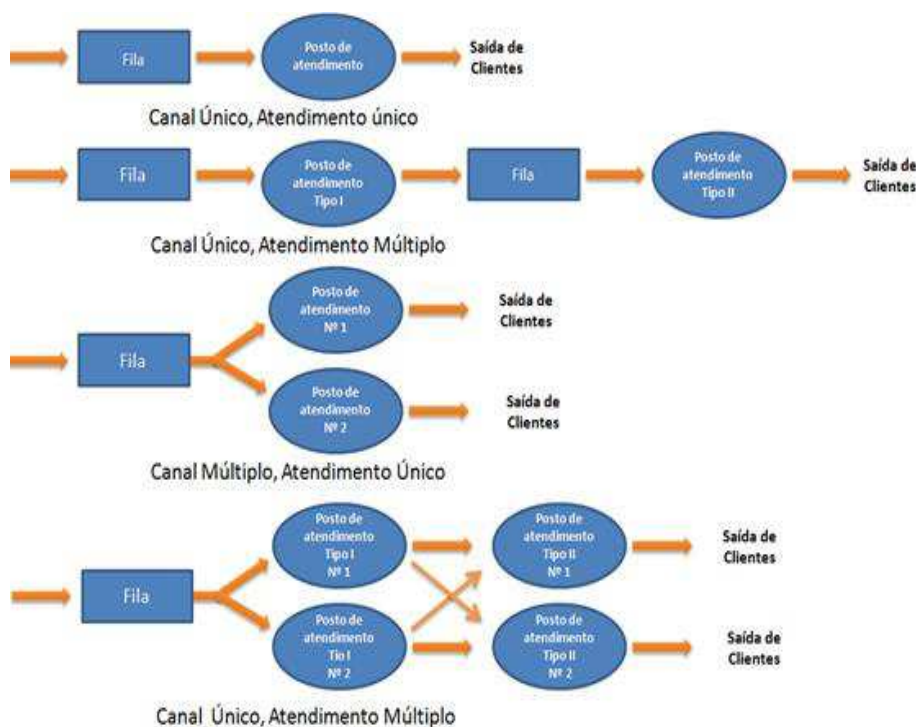
Segundo Taha (2008) define a teoria como sendo o estudo de filas trata da quantificação do fenômeno da espera em filas usando medidas representativas de desempenho como o comprimento média de uma fila, o tempo médio de espera em fila e a média de utilização da instalação. O exemplo a seguir demonstra como essas medições podem ser usadas para projetar uma instalação de serviço.

## 2.4 Instalação de atendimento

Segundo Moreira (2007) posto de atendimento é a instalação ou sistema de instalações que servirá de suporte de atendimento da fila. A figura F representa os tipos de situações de fila:

- Uma fila é chamada de canal único quando existe uma única instalação de atendimento. Essa instalação pode consistir de um só posto, que realiza sozinho todo o atendimento, ou de vários postos em série, cada qual realizando uma parte do atendimento;
- Uma fila é chamada de canal múltiplo se existir duas ou mais instalações de atendimento em paralelo, cada qual atendendo de forma independente das demais. Cada instalação pode consistir de um posto isolado ou de vários postos em séries;
- O atendimento é chamado de atendimento único se for realizado integralmente por um só posto de serviço; é chamado de atendimento múltiplo se forem necessários dois ou mais postos em sequência, cada qual responsável por uma parte do atendimento.

Figura 1 - Tipos de situações de fila



Fonte: Adaptado de MOREIRA (2007), pag. 311

## 2.5 Medidas de desempenho de sistema de filas

Segundo Moreira (2007), as características operacionais de uma fila são números ou indicadores de desempenho calculados para um dado modelo de filas adotado. Em seguida, as variáveis adotadas para exposição e realização dos cálculos de desempenho de um sistema de filas em um canal único, Tabela 1. Torna-se relevante verificar se a taxa de chegada ( $\lambda$ ) é menor que a taxa de atendimento ( $\mu$ ) para que as fórmulas seguintes possam ser utilizadas.

Quadro 1 - Fórmulas sobre medidas de desempenho de filas em canal único (M/M/c)

$\lambda$ = taxa média de chegada dos clientes;
$\mu$ = taxa média de atendimento;
$\rho = \frac{\lambda}{c\mu}$ Taxa de utilização do sistema em porcentagem de tempo do sistema;
$W = W_q + \frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu} + \frac{L_q}{\lambda} = \frac{1}{(c-1)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c p_0 \frac{\mu}{(c\mu - \lambda)^2}$ Tempo médio estimado de clientes no sistema;
$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{1}{(c-1)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c p_0 \frac{\mu}{(c\mu - \lambda)^2}$ Tempo que espera que um cliente gaste aguardando em fila;
$L = \lambda W = \frac{\lambda}{\mu} + \frac{1}{(c-1)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c p_0 \frac{\lambda\mu}{(c\mu - \lambda)^2}$ Número médio estimado de clientes no sistema;
$L_q = \frac{1}{(c-1)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c p_0 \frac{\lambda\mu}{(c\mu - \lambda)^2}$ Número médio de clientes que aguarda na fila;
$p_0 = \left[ \sum_{n=0}^{c-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^c}{c!(1-\rho)} \right]^{-1}$ Probabilidade de não haver alunos no sistema;
$p_n = \begin{cases} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n p_0, & 0 \leq n < c; \\ \frac{1}{c!e^{n-c}} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n p_0, & n \geq c. \end{cases}$ Probabilidade de ter número de alunos no sistema;

Fonte: Adaptado de Jung e Cuyabano (2009)

## **2.6 Arranjo físico**

O arranjo físico corresponde à disposição de ferramentas, materiais, equipamentos dentro de uma organização e esta disposição impacta na maneira como os recursos existentes são posteriormente transformados.

De acordo com Slack (2006) o arranjo físico de uma operação produtiva preocupa-se com a locação física dos resultados dos recursos de transformação. O arranjo físico é uma das características mais evidentes de uma operação produtiva porque determina na sua forma e aparência.

Existem motivos práticos pelos os quais as tomadas de decisões referentes a arranjos físicos são consideradas relevantes em diversos tipos de produção, segundo Slack (2006) são devidos ao fato que:

- Arranjo físico é uma atividade difícil e de longa duração devido às dimensões físicas dos recursos de transformação movidos;
- O re-arranjo físico de uma operação existente pode interromper seu funcionamento suave, levando á insatisfação do cliente ou a perdas na produção;
- Se o arranjo físico está errado, pode levar a padrões de fluxo excessivamente longos e confusos, estoque de materiais, filas de clientes formando-se ao longo da operação, inconveniências para os clientes, tempos de processamento desnecessariamente longos, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis e altos custos.

## **3. Materiais e métodos**

O estudo de caso foi realizado em um RU pertencente a uma Instituição de Ensino Superior (IES) localizada no Nordeste Brasileiro, durante a primeira semana do mês de outubro do ano de 2018. O horário de funcionamento do RU referente ao almoço inicia-se as 11:30hrs e termina as 13:30hrs, exceto Sábados e Domingos.

Segundo Yin (2011, p. 32) um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.

O método de pesquisa para este estudo de caso se classifica como método descritivo em decorrência das observações, descrições e associações, sendo possível fazer esquematizações

do fluxo do processo existente e sobre o ambiente de forma a auxiliar o entendimento durante a coleta de dados.

A princípio foi realizada uma revisão da literatura existente sobre teoria das filas, visualizações sobre o comportamento da prestação de serviços no restaurante e a utilização do mesmo pelos usuários.

A coleta foi realizada utilizando um cronômetro simples que era acionada ao usuário que se encontrava no final da fila. As medições iniciaram às 11h30min com término às 13h30min. Possibilitando, a obtenção de valores referente ao tempo de espera na fila até a catraca, tempo de espera após a catraca até o *Buffet*. Posteriormente houve uma sistematização desses dados em planilhas eletrônicas do *Microsoft Excel*® 2010 para serem realizados os cálculos das medidas de desempenho para saber se o sistema está operando abaixo ou acima da capacidade existente.

## **4. Resultados**

### **4.1 O restaurante universitário**

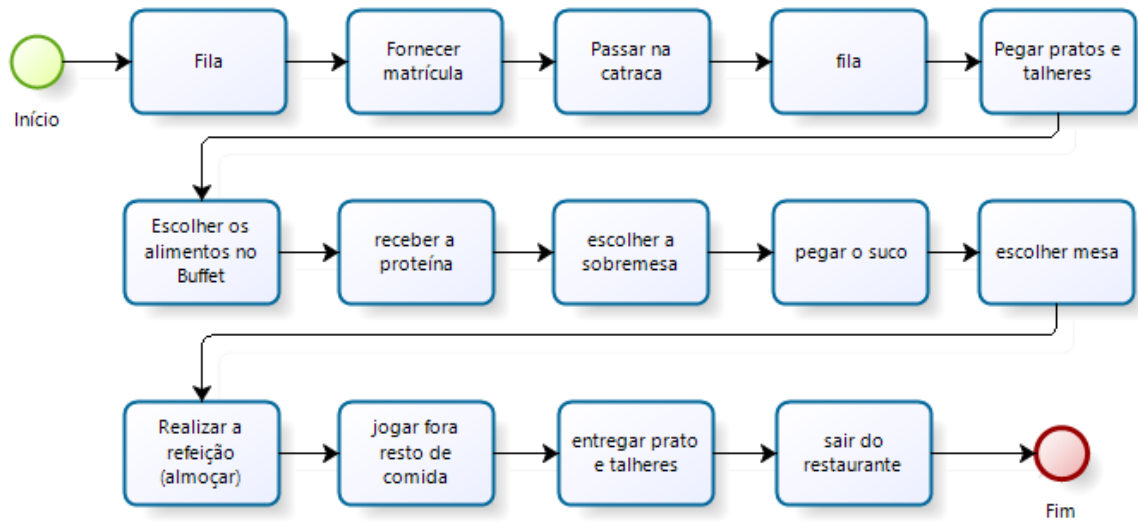
O RU enquadrando-se como microempresa atuante no ramo alimentício, compreende trinta funcionários em seu quadro dentre eles nutricionistas, cozinheiros, auxiliares de cozinha e serviços gerais. Tem capacidade de ofertar 2000 almoços diários, e este por sua vez, possui objetivo de atender e conceder suporte aos alunos da graduação mediante o fornecimento de uma alimentação gratuita e com qualidade procurando respeitar as preferencias e opções alimentares e de estilo de vida que auxiliam o desempenho físico e mental. Porém, os questionamentos são em relação à formação das longas filas no horário do almoço devido à existência de um quantitativo elevado de alunos que ao término das aulas se deslocam ao restaurante no horário de pico.

### **4.2 Descrição do processo atual**

O fluxograma, Figura 3 refere-se ao percurso realizado pelos usuários para ter acesso às dependências internas do RU.



Figura 3 - Fluxograma do processo



Fonte: Autores (2019)

Mediante a figura 4, é possível observar de maneira específica o *layout* referente ao RU.

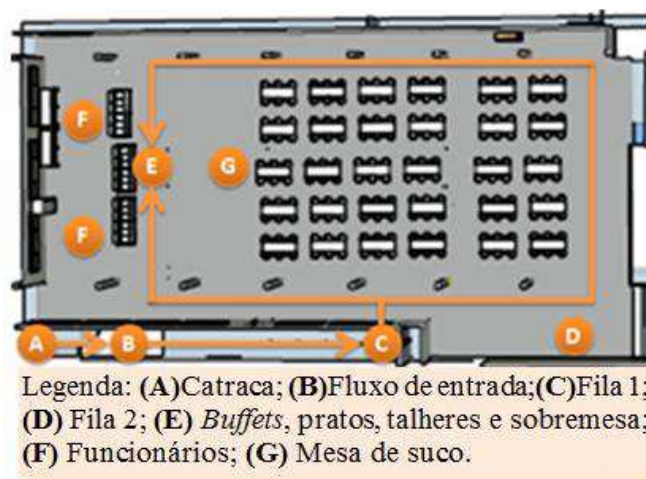
Figura 4 - Planta do refeitório



Fonte: Autores (2019)

A figura 4 representa o fluxo de entrada dos alunos nas dependências do restaurante:

Figura 5 - Planta do refeitório com os fluxos de entrada e acesso aos *buffets*



Fonte: Autores (2019)

Mediante a Figura 5, o fluxo realizado pelos usuários do RU caracteriza-se pela entrada no estabelecimento, no qual já existe uma fila única no ambiente externo ao restaurante em seguida o mesmo passa pela catraca (A) permanece na fila única (B) que anteriormente estava formada na área externa ao restaurante e após ter acesso às dependências internas e possui a opção de escolher uma das duas filas (C ou D) que circulam as mesas e desse modo permitem acesso ao *Buffet* (E), este evento acontece devido ao fato de existir uma fila para cada ilha permitindo acesso aos talheres e pratos, bem como escolher as guarnições e a opção de proteína colocada pelo funcionário (F) e também a sobremesa, em seguida possui a opção de pegar ou não o suco (G) disposto sobre a mesa.

Com relação ao sistema da catraca, a interface do sistema existente permite que o funcionário digite a matrícula fornecida pelo usuário, no qual é verificado no banco de dados existentes a sua correspondência cadastral para ter acesso ao benefício e seu acesso é liberado, permitindo que o mesmo possua acesso ao ambiente interno. Porém é inevitável mesmo com esse sistema, a existência de eventualidades que influenciam no bom andamento, como por exemplo, a falta temporária de energia elétrica, forçando o funcionário realizar a contagens e registros das matrículas de forma manual, prologando o tempo de espera na fila.

São notáveis determinados problemas resultantes das instalações físicas como, por exemplo, a existência de apenas uma entrada que permite acesso à área interna que atualmente é insignificante para o quantitativo de usuários, contribuindo para uma obtenção elevada do tempo médio de espera. A disposição dos *buffets* favorece um fluxo totalmente inadequado para que os usuários se sirvam.

## 5. Resultados

### 5.1 Cálculo das medidas de desempenho das filas

Os dados referentes às taxas de chegada e de probabilidade no sistema de fila do restaurante cujo modelo de filas de espera segue a ordem de chegada dos mesmos ao sistema (FIFO). Os dados de contagem dos usuários foram realizados mediante uma coleta de dados referente ao tempo de chegada à fila cuja disciplina é FIFO, e então estabeleceu um lote de 20 usuários, cujo intervalo de tempo foi durante 5 dias mediante a utilização de um cronômetro, considerando um período de tempo isento de feriados e anormalidades.

Logo, a média diária de usuários chegando por minuto correspondeu a:

Tabela 1 – Usuários chegando com intervalo

Dias	1	2	3	4	5
Média de chegada/dia	5,9 usuários/min	7,4 usuários/min	8,0 usuários/min	6,7 usuários/min	9 usuários/min
Média total	7 usuários/min				

Fonte: Autores (2019)

A média diária do tempo de espera na primeira fila por minuto correspondeu a:

Tabela 2 - Tempo de espera na 1º fila por minuto

Dias	1	2	3	4	5
Tempo de espera na 1º fila	16,8 min	9,7 min	7,7 min	12 min	9,4 min
Média total	11 min				

Fonte: Autores (2019)

A média diária do tempo de espera na segunda fila por minuto correspondeu a:

Tabela 3 - Tempo de espera na 2º fila por minuto

Dias	1	2	3	4	5
Média de chegada/dia	14 min	8,7 min	7,5 min	8,1 min	16,3 min
Média total	11 min				

Fonte: Autores (2019)

Podemos considerar que primeira e segunda fila obtiveram a mesma média, logo o tempo médio total de espera que o usuário possui na fila até chegar ao prato correspondendo a:

Tabela 4- Tempo Total de espera

Tempo Médio total 1º Fila	11 min
Tempo Médio total 2º Fila	11 min
Tempo Total das Filas (soma)	22 min

Fonte: Autores (2019)

Para tanto, o tempo de se servir no *self-service*, por minuto, com lotes de 20 usuários por dia, correspondeu a:

Tabela 5 - Tempo no *self-service* com lote de 20 pessoas

Dias	1	2	3	4	5
Tempo no <i>self-service</i>	8,4 min	7,9 min	12,5 min	10,4 min	8,8 min
Média total	10 min				

Fonte: Autores (2019)

A tabela 6 sintetiza os resultados dos índices da fila por minuto, respectivamente são:

Tabela 6 - Índices da fila

Taxa média de chegada dos usuários ( $\lambda$ )	7 usuários/min
Tempo de espera na Fila	22 min
Tempo no <i>self-service</i>	10 min

Fonte: Autores (2019)

Os resultados alcançados permitem uma análise do ciclo total, desde o tempo total de espera na fila, o tempo de se servir, que os usuários notadamente levam 32 minutos para usufruir do serviço, logo esse tempo é extremamente elevado e incompatível com a rotina dos estudantes.

## 5.2 Soluções para minimização das filas

Torna-se necessário propor ações para diminuir o tempo de espera do atendimento em longas filas. Observa-se que é necessário realizar uma associação entre os resultados encontrados mediante a análise de teoria de filas juntamente com a modelagem de um novo *layout*.

Utilizando os índices da fila mensurados anteriormente, o número de usuários chegando corresponde à taxa de chegada ( $\lambda$ ), e o tempo de servir é a taxa de atendimento ( $\mu$ ). Para o cálculo da  $\mu$ , foi considerado o lote composto por 20 usuários. Utilizando esses valores obtemos, respectivamente:

$$\lambda = 7 \text{ usuários/min}$$

$$\mu = \frac{20 \text{ usuários}}{10 \text{ min}} = 2 \text{ usuários/min}$$

O refeitório é composto por dois postos de atendimento, representado por  $c = 2$ , considerando que a taxa de atendimento é igual para os dois canais. Assim, utilizando os demais parâmetros encontrados anteriormente, podemos calcular a taxa de utilização do sistema que correspondeu a  $P=1,75$  ou  $P=175\%$ .

Já a probabilidade do sistema está vazio foi obtido  $P_0 = -0,0215$  ou  $P_0 = -2\%$ . Visto que  $\mu < \lambda$  tem-se que  $P_0 < 0$ , o que inviabiliza os cálculos matemáticos, contrariando a hipótese da teoria das filas, logo os canais de atendimento são insuficientes para atender a demanda e a utilização da teoria das filas deve-se ter canais de atendimento maior ou igual a três ( $c \geq 3$ ). Este cenário contribui para a formação de longas filas, postergando assim o seu atendimento e gerando aborrecimentos e transtornos aos usuários, não satisfazendo as suas respectivas necessidades. Logo, é notável que elevando o número de *buffets*, ou seja, os canais de atendimento instalando balcões adicionais torna-se possível obter melhorias com relação a obter maior probabilidade de encontrar o sistema vazio e menor probabilidade de espera.

## 6. Conclusões

Fazer um estudo sobre teorias das filas e sobre instalações é relevante para que se possa definir um *layout* adequado que atenda ao processo produtivo de qualquer empresa. A taxa de utilização do sistema indica que o sistema atual é insuficiente e incapaz de sofrer uma alta demanda o que impactaria na sua produtividade e atendimento aos usuários. Logo, a média dos usuários na fila induz que os dois *buffets* atuais não são suficientes para atender a demanda no horário do almoço.

Como a taxa de chegada é maior que a taxa de atendimento indicando que seria necessário aumentar o número de canais de atendimento (*buffets*) para um número correspondente a maior ou igual a 3 *buffets* ( $c \geq 3$ ). Evitando que o sistema atual não torne obstruído, insuficiente e incapaz de atender uma alta demanda.

É notável a existência de um espaço com grandes dimensões referente ao salão interno do restaurante envolvendo limitações que se referem ao mau aproveitamento do espaço, devido à disposição dos elementos que contribui para que o fluxo existente no *layout* não atenda às necessidades dos usuários. Percebe-se em dias com intensos fluxos que, a movimentação dos usuários próximos às mesas de sucos e congestionamento nos *buffets*.

Sugere-se realocar os ambientes, propondo novas melhorias, como por exemplo, antecipar o horário de abertura do funcionamento do RU, para não congestionar o horário de pico. Realizar um estudo sobre o reposicionamento das mesas e cadeiras permitindo uma disposição adequada do mobiliário e facilitando o fluxo dos usuários e funcionários.

## Referências

- ARENALES, M. et al. **Pesquisa operacional, para cursos de engenharia**. 6ª tiragem. Editora Elsevier. Rio de Janeiro 2007.
- AURELIO, **O mini dicionário da língua portuguesa**. 4a edição revista e ampliada do mini dicionário Aurélio. 7ª impressão –Rio de Janeiro, 2002.
- CUYABANO, Beatriz Castro Dias; JUNG, Karen Maria. **Teorias das Filas: Processos Estocásticos**. Disponível em:<[https://www.ime.unicamp.br/~nancy/Cursos/me501/filas\\_final.pdf](https://www.ime.unicamp.br/~nancy/Cursos/me501/filas_final.pdf)>. Acesso em 10 de janeiro de 2019.
- MOREIRA, Daniel Augusto. **Pesquisa Operacional: curso introdutório**. 2ª Ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007.
- PEREIRA. Cláudia Rossana Velosa. **Uma introdução às filas de espera: Mestrado em Matemática**. 2009. Disponível em:<[http://www.pucrs.br/famat/viali/graduacao/producao/po\\_2/literatura/filas/dissertacoes/Pereira\\_Claudia.pdf](http://www.pucrs.br/famat/viali/graduacao/producao/po_2/literatura/filas/dissertacoes/Pereira_Claudia.pdf)>. Acesso em 17 de dezembro de 2018.
- TÔRRES, O. F. **Elementos da Teoria das Filas**. RAE-Revista de Administração de Empresas, v. 6, n. 20, jul-set, p.111-128, 1966.
- TAHA, H. A. **Pesquisa Operacional**. Ed. 8. São Paulo: Person Prentice Hall, 2008.
- SLACK, Nigel *et al.* **Administração da produção**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2006.