

## Aplicação da Teoria das Filas em uma Cantina

*Application of Queuing Theory in a Canteen*

*Aplicación de la teoría de colas en un comedor*

André Schima Mathias<sup>1</sup>

[andre.mathias@fatec.sp.gov.br](mailto:andre.mathias@fatec.sp.gov.br)

Paloma Maria M. de S. Guedes<sup>1</sup>

[paloma.guedes@fatec.sp.gov.br](mailto:paloma.guedes@fatec.sp.gov.br)

Rafael Cavalcanti Bizerra<sup>1</sup>

[rafael.bizerra@fatec.sp.gov.br](mailto:rafael.bizerra@fatec.sp.gov.br)

Roberto Ramos de Morais<sup>1</sup>

[roberto.morais@fatec.sp.gov.br](mailto:roberto.morais@fatec.sp.gov.br)

### Palavras-chave:

*Simulação.  
Fila.  
Cantina.  
Aplicativo Arena.*

### Keywords:

*Simulation.  
Queue.  
Cafeteria.  
Software Arena.*

### Palabras clave:

*Simulación.  
cola.  
cantimplora.  
aplicación de arena.*

### Enviado em:

05 novembro, 2023

### Apresentado em:

05 dezembro, 2023

### Publicado em:

04 outubro, 2024

### Evento:

6<sup>o</sup> EnGeTec

### Local do evento:

Fatec Zona Leste

### Avaliadores:

Marta da Silva  
Lucas Domiciano Pereira



### Resumo:

As cantinas escolares são locais que fornecem alimentos essenciais para que os alunos possam suprir as suas necessidades nutricionais e consequentemente manter a sua energia para ter um melhor aproveitamento das aulas. Devido ao tempo curto de intervalo e eventuais picos na demanda, o atendimento no estabelecimento acaba formando uma fila. Este trabalho teve como objetivo estudar, compreender e propor melhorias para o sistema de fila no atendimento em uma cantina escolar na zona leste da cidade de São Paulo. Após a análise foi possível identificar os fenômenos que influenciam na formação da fila e testar uma hipótese de melhoria através da simulação de eventos discretos no aplicativo Arena. Com os dados obtidos e após os testes, foi notado uma redução na fila e parâmetros benéficos ao serviço, propondo por meio de simulação a alteração do funcionamento do atendimento, utilizando os dois funcionários disponíveis para realizar apenas o atendimento durante os períodos de pico, foi possível notar que mesmo em sistemas de baixa complexidade a simulação pode proporcionar informações importantes para a gestão.

### Abstract:

School cafeterias are places that provide essential food for students to meet their nutritional needs and, consequently, maintain their energy levels for better study performance. Due to the short break times and occasional peaks in demand, the service in the establishment often results in the creation of a queue. This study aimed to investigate, understand, and propose improvements to the queue system in the service of a school cafeteria in the eastern part of São Paulo. After the analysis, it was possible to identify the phenomena that influence queue creation and test an improvement hypothesis through discrete event simulation in the Arena software. With the data obtained after the tests, a reduction in the queue and beneficial parameters for the service were observed, by proposing through simulation the alteration of the service operation, using the two available employees for only service work during peak periods, it was possible to notice that even in low-complexity systems, simulation can provide valuable information for management.

### Resumen:

Los comedores escolares son lugares que proporcionan alimentos esenciales para que los alumnos puedan cubrir sus necesidades nutricionales y, en consecuencia, mantener su energía para aprovechar mejor las clases. Debido al corto tiempo de pausa y a los posibles picos de demanda, el servicio en el establecimiento acaba formando una cola. Este trabajo tuvo como objetivo estudiar, comprender y proponer mejoras en el sistema de filas en un comedor escolar de la zona este de la ciudad de São Paulo. Después del análisis, fue posible identificar los fenómenos que influyen en la formación de la cola y probar una hipótesis de mejora a través de la simulación de eventos discretos en la aplicación Arena. Con los datos obtenidos y luego de las pruebas, se notó una reducción en la cola y parámetros beneficiosos para el servicio, proponiendo a través de la simulación el cambio en el funcionamiento del servicio, utilizando los dos empleados disponibles para realizar solo el servicio durante los períodos pico, se pudo notar que incluso en sistemas de baja complejidad la simulación puede proporcionar información importante para la gestión.

<sup>1</sup> FATEC Zona Leste

## 1. Introdução

As cantinas escolares são locais que fornecem alimentos essenciais para que os alunos possam suprir as suas necessidades nutricionais e conseqüentemente manter a sua energia para ter um melhor aproveitamento das aulas. Para Paim *et al.* (2009), a melhoria de processos é uma tarefa básica para as organizações atenderem às constantes modificações que ocorrem no seu mercado. Seja com a implementação de tecnologias ou melhor entendimento de gestão do sistema. Desta forma conseguindo se manter competitiva e eficiente.

Devido ao tempo curto de intervalo e eventuais picos na demanda, o atendimento na cantina precisa ser eficiente para conseguir suprir os clientes dentro do intervalo entre as aulas e garantir com que a fila não se estenda além do habitual. Dentro desse contexto, Souza, Fernandes & Lopes (2017) enfatizam que a formação de filas é um problema presente nas escolas, o qual gera insatisfações nos alunos. Embora a formação de filas seja algo indesejado, caso elas sejam ordenadas e planejadas podem auxiliar no funcionamento do sistema da cantina.

## 2. Fundamentação Teórica

### 2.1. Teoria das Filas

Kleinrock (1975) afirma que cada vez mais parecemos não conseguir escapar de atrasos frequentes gerados por espera nas filas. A teoria das filas, também denominada teoria de filas de espera, é um ramo da pesquisa operacional voltado para a investigação e análise desses fenômenos. Este campo de estudo possui uma ampla aplicabilidade em diversos cenários, abrangendo áreas como logística, serviços, manufatura e atendimento ao cliente. A sua fundação repousa sobre princípios matemáticos e estatísticos, que proporcionam uma compreensão profunda e aprimoram a otimização do funcionamento de sistemas de filas.

### 2.2. Simulação de Eventos Ordinários

No contexto de sistemas de filas, como no caso estudado, a simulação de eventos é usada para modelar como os clientes chegam à fila, quanto tempo levam para serem atendidos e como o modelo se comporta ao longo do tempo. Segundo Almeida (2016), no modelo de simulação, os dados estatísticos são provenientes das médias de replicações de interações do modelo e para um resultado de qualidade se faz necessário a utilização de intervalos de confiança. Eventos como a chegada de clientes, o início e o término do atendimento, bem como fenômenos especiais, como a abertura de um novo caixa, são considerados e simulados para interpretar os possíveis cenários.

### 2.3. Gargalo

Os gargalos são restrições dentro da operação, que podem ser definidas como uma limitação na capacidade de atender uma demanda, e em muitas situações tornam-se uma das razões de muitas organizações não conseguirem permanecer competitivas. Identificar os gargalos e saber como melhorar a qualidade da operação é vital para o sucesso da empresa (GOLDRATT, 2006).

### 2.4. Média Aritmética Simples

Para Gouveia (2023), a média aritmética de um conjunto de dados é obtida somando todos os valores e dividindo o valor encontrado pelo número de dados desse conjunto. É muito utilizada em estatística como uma medida de tendência central. A média aritmética (Equação 1) é simples quando todos os valores possuem a mesma importância, esse tipo de média funciona de forma mais adequada quando os valores são relativamente uniformes.

$$M = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

M = média;  $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$  = valores dos dados;  $n$  = quantidade de dados

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1. Descrição Do Cenário Atual

O estabelecimento estudado fica localizado em uma faculdade na zona leste da cidade de São Paulo e atende os alunos e funcionários da instituição, majoritariamente vendendo lanches e produtos já prontos, desta forma torna o processo de atendimento mais rápido e eficaz. Os lanches ficam disponibilizados num buffet acima do balcão, porém não há indicação de tipo, ingredientes, sabor de cada item e os valores não são visíveis a menos que o cliente já esteja em frente ao buffet. Fazendo com que a maioria dos clientes tivesse que perguntar quais os itens disponibilizados para compra, impactando diretamente no tempo de atendimento e na formação de fila.

O quadro de funcionários da cantina possui atualmente dois funcionários, com a função de controle, manutenção e atendimento dos clientes, porém apenas um deles atua de forma prioritária na realização das vendas, ou seja, quando um cliente chega o funcionário com prioridade para atendimento interrompe a sua tarefa secundária, como por exemplo a limpeza, e se direciona para o atendimento. Enquanto o segundo funcionário continua realizando as tarefas de controle e manutenção da cantina. Os clientes chegam e se organizam em fila única de atendimento, o primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido, o cliente escolhe os seus itens e posteriormente é cobrado pelo mesmo funcionário, após a conclusão da cobrança o funcionário inicia o próximo atendimento.

#### 3.2. Coleta De Dados

Foi feita de forma visual, no horário de intervalo do período matutino no dia 29/08/2023 (Tabela 1).

TABELA 1: COLETA DE DADOS

	Intervalo entre chegada (seg.)	Tempo em fila (seg.)	Atendimento (seg.)	Cobrança (seg.)	Tempo no sistema (seg.)
Cliente 1	3	0	61	23	84
Cliente 2	76	8	45	23	76
Cliente 3	64	12	51	11	74
Cliente 4	17	57	34	10	101
Cliente 5	1	100	19	44	163
Cliente 6	27	136	31	45	212
Cliente 7	22	190	48	13	251
Cliente 8	83	168	21	19	208
Cliente 9	4	204	10	24	238
Cliente 10	25	213	19	33	265
Cliente 11	51	214	24	28	266
Cliente 12	108	158	20	29	207
Cliente 13	1	206	47	20	273
Cliente 14	7	266	14	27	307
Cliente 15	202	105	30	16	151
Cliente 16	158	0	10	14	24
Cliente 17	90	0	196	24	220
Cliente 18	114	106	34	19	159
Cliente 19	1	158	44	30	232
Cliente 20	115	117	19	19	155
Cliente 21	25	130	36	33	199
Cliente 22	27	172	36	13	221
Cliente 23	42	179	18	12	209
Cliente 24	43	166	43	26	235
Cliente 25	49	186	21	11	218
Cliente 26	12	206	23	34	263
Cliente 27	1	262	16	22	300
Cliente 28	77	223	17	15	255
Cliente 29	1	254	23	19	296
Cliente 30	5	291	26	20	337

Os clientes que por qualquer motivo desistiram da compra durante a fila tiveram os seus dados não considerados para o estudo.

### 3.3. Tratamento Dos Dados

Para manter maior fidelidade nos resultados é necessário eliminar possíveis erros no processo de coleta e ocorrências raras, por isso, foi utilizado o aplicativo de planilhas Excel. Nele foi possível identificar os Quartis, que são os valores que dividem uma amostra de dados em quatro partes iguais. Com eles é possível rapidamente avaliar a dispersão e a tendência central de um conjunto de dados, etapas importantes na compreensão deles.

Após foi realizado os cálculos dos limites inferiores e superiores, conforme a Equação 2 e a Equação 3:

$$LI = Q1 - 1,5 * (Q3 - Q1) \quad (2)$$

LI = limite inferior; Q1 = primeiro quartil; Q3 = terceiro quartil.

$$LS = Q3 + 1,5 * (Q3 - Q1) \quad (3)$$

LI = limite inferior; Q1 = primeiro quartil; Q3 = terceiro quartil.

Segue Tabela 2 com o resultado dos cálculos:

	Intervalo entre chegada (seg.)	Atendimento (seg.)	Cobrança (seg.)
Quartil 1	4,75	19	14,75
Quartil 2	27	25	21
Quartil 3	78,5	43,25	28,25
Limite Inferior	0	0	0
Limite Superior	189,13	79,63	48,50

FONTE: os autores (2023)

Apenas os dados da Tabela 1 que estão dentro dos limites calculados e apresentados na Tabela 2 serão utilizados, pois eles são mais confiáveis e fiéis ao comportamento natural no processo, tornando assim os resultados mais assertivos e válidos para que tomadas de decisão sejam realizadas.

### 3.4. Análise Dos Dados

Com base nos dados coletados na Tabela 1, foram realizados os cálculos no aplicativo Excel dos tempos médios pertinentes ao sistema, conforme a Equação 1.

Segue a Tabela 3, com os resultados obtidos:

	Média (seg.)
Chegada de clientes	48,37
Tempo em fila	149,57
Tempo em atendimento	34,53
Tempo de cobrança	22,53
Tempo de atravessamento	206,63

FONTE: os autores (2023)

É possível notar que em média uma pessoa passa cerca de 3,44 minutos ao todo no sistema, desde o momento que chega na fila até a saída com seu pedido pago, considerando que o período de intervalo pode variar de 10 a 20 minutos e ainda existe a locomoção até a cantina, o tempo disponível para se alimentar, descansar e retornar à sala fica limitado.

Este fator pode inibir potenciais clientes, ou até mesmo fazer com que os atuais clientes deixem de optar pela compra na cantina, visto que o atendimento deveria ser realizado de forma ágil.

### 3.5. Hipótese de Melhoria

Atualmente, o estabelecimento já possui dois funcionários, iremos simular a hipótese de ambos atuarem somente com o atendimento nos horários de intervalo, ficando disponíveis para o atendimento mesmo que não haja clientes na fila no momento, a fim de verificar se a alteração geraria mudanças benéficas ao serviço. Para tal, será necessário que as tarefas de gerenciamento e manutenção da cantina sejam realizadas fora do horário de pico, antes ou depois do horário de intervalo entre as aulas.

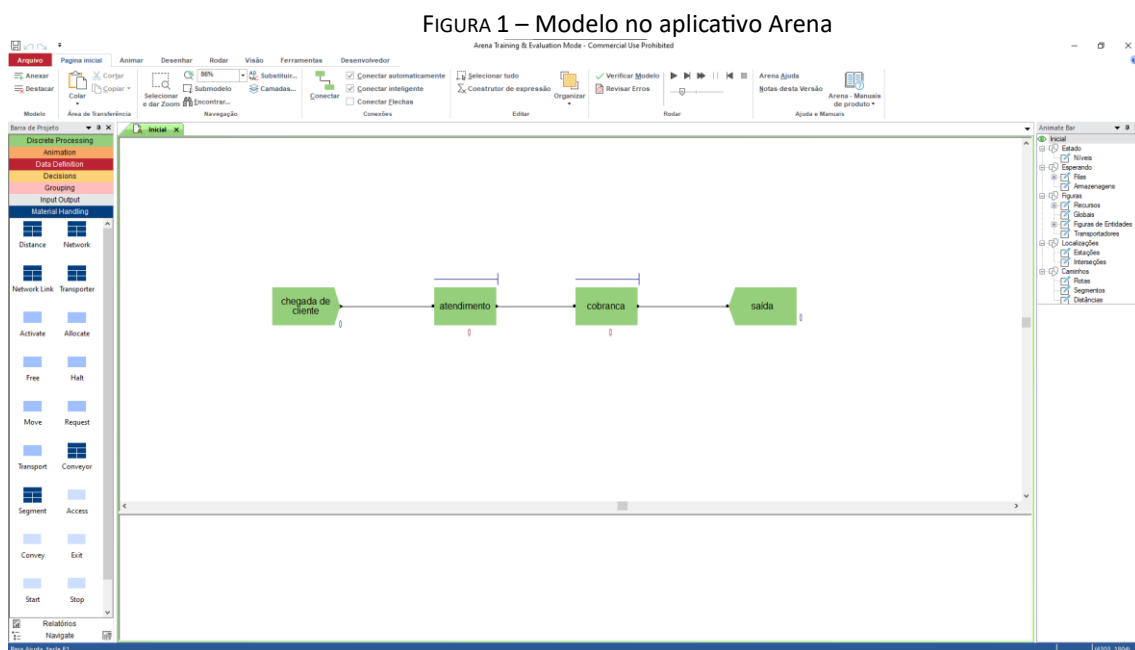
No modelo atual o atendimento é realizado em duas etapas, sendo elas: atendimento e cobrança, portanto é possível determinar a cada um deles a responsabilidade por apenas uma etapa e após o horário de pico o 2º funcionário poderá voltar as suas obrigações originais, sem impactar na manutenção e funcionamento normal da cantina.

Esta alteração ainda pode gerar melhorias qualitativas, pois o funcionário atualmente executa as tarefas de entrega dos itens e cobrança, podendo gerar contaminação cruzada dos alimentos e causar prejuízo à saúde dos clientes.

Outra alteração qualitativa seria a adição de identificação e tabela maior dos preços, tornando a percepção mais clara dos itens disponíveis no momento e possivelmente reduzindo o tempo de atendimento, pois o cliente não necessitaria perguntar ao funcionário quais são as características dos itens.

## 4. Resultados e Discussões

Com os dados coletados e tratados nas etapas anteriores, um modelo no aplicativo Arena foi implementado por meio de um fluxograma, sendo que as características dos diversos aspectos do atendimento foram definidas no mesmo. A Figura 1 apresenta a visão básica do modelo de funcionamento da cantina.



FONTE: os autores (2023)

Com base no modelo desenvolvido, realizamos a simulação do cenário atual com os parâmetros abaixo:

- Número de replicações: 3 replicações;

- Duração da replicação: 30 minutos;
- Horas por dia: 1,5;
- Expressão do intervalo de chegada de clientes obtida por meio dos dados tratados da Tabela 1 no Input Analyzer do aplicativo Arena:  $0.999 + \text{EXPO}(42.1)$ ;
- Expressão do tempo de atendimento obtida por meio dos dados tratados da Tabela 1 no Input Analyzer aplicativo Arena:  $\text{TRIA}(9.5, 19, 61.5)$
- Expressão do tempo de cobrança obtida por meio dos dados tratados da Tabela 1 no Input Analyzer do aplicativo Arena:  $9.5 + \text{WEIB}(14.2, 1.4)$

Após a simulação foi possível obter os resultados da Tabela 6:

TABELA 6: SIMULAÇÃO INICIAL DO CENÁRIO ATUAL

Tipo	Dados
Tempo médio de fila (segundos)	266,17 +- 399,70
Tempo médio de atendimento (segundos)	273,43 +- 382,33
Tempo médio de cobrança (segundos)	48,08 +- 10,14
Tempo médio de atravessamento (segundos)	319,57 +- 399,53

FONTE: os autores (2023)

A variável de confiança está acima do desejado pelos autores, iremos trabalhar com uma variável de confiança de aproximadamente 5%, para tal foi realizado o cálculo de repetições necessárias para atingir a variável desejada, ela foi alcançada utilizando a Equação 4 abaixo, com os dados da Tabela 6:

$$N = N0 * (H0/H)^2 \quad (4)$$

N = número de repetições necessárias; N0 = número de repetições inicial; H0 = variável atual; H = variável desejada.

O resultado foi de 1200 repetições para conseguirmos uma variável de confiança dentro dos 5% desejados, com este parâmetro estabelecido foi efetuado novamente a simulação do cenário atual e a simulação da proposta de melhoria com os dois funcionários focados somente no atendimento durante o horário de pico, onde um funcionário realizará o atendimento enquanto o outro irá fazer a cobrança. Os dados obtidos após a simulação dos dois modelos estão disponíveis na Tabela 7 e Tabela 8.

TABELA 7: SIMULAÇÃO DO CENÁRIO ATUAL E HIPÓTESE DE MELHORIA

Sistema	Atual	Hipótese
Tempo médio de fila (segundos)	218,62 +- 5,59	33,49 +- 1,15
Tempo médio de atendimento (segundos)	229,11 +- 5,63	60 +- 1,15
Tempo médio de cobrança (segundos)	46,77 +- 0,2	25,89 +- 0,19
Tempo médio de atravessamento (segundos)	217,07 +- 5,62	85,8 +- 1,19
Média de clientes atendidos	32,27 +- 0,13	40,7 +- 0,32

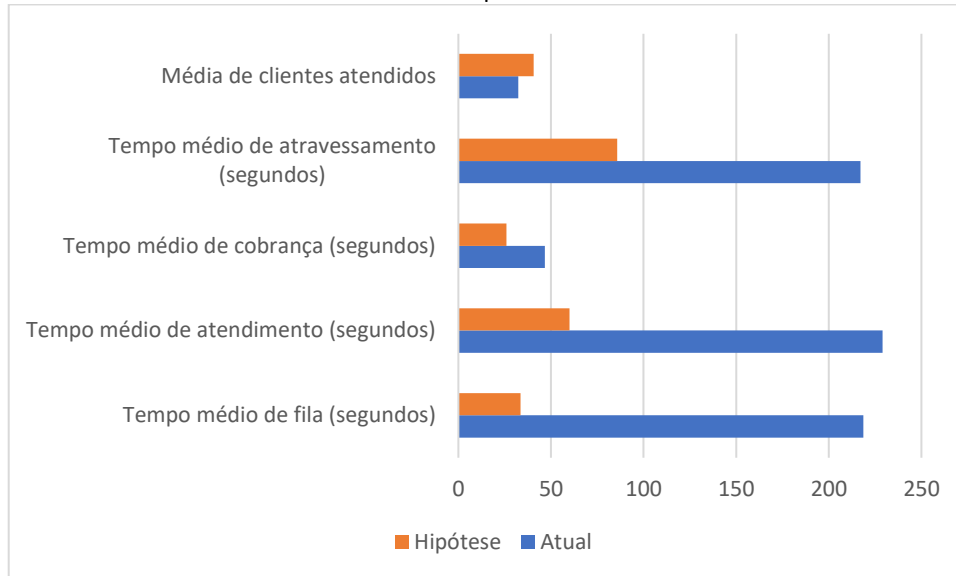
FONTE: os autores (2023)

Comparando os dados da simulação do cenário atual com a hipótese de melhoria desenvolvidos neste trabalho, foi possível verificar que houve uma diferença significativa em todos os parâmetros da operação. Para facilitar a visualização dessas mudanças foi desenvolvido o gráfico da Figura 2 com os dados da Tabela 7.

É possível verificar que o tempo médio de fila no cenário atual foi de 218,62 seg. para 33,49 seg., o que representa uma diminuição de aproximadamente 85% no tempo que o cliente passa aguardando o seu atendimento, diminuindo o gargalo e agilizando o atendimento na fila sem que haja a necessidade de contratação de um novo funcionário, necessitando apenas uma mudança na gestão das prioridades dos dois funcionários já disponíveis no quadro de funcionários.

Já o tempo de atravessamento, ou tempo que o cliente leva desde a sua chegada até a saída com seu pedido, houve uma alteração de 217,07 seg. para 85,8 seg., demonstrando uma diminuição de aproximadamente 60%.

FIGURA 2 – Gráfico comparativo dos resultados



FONTE: os autores (2023)

A média de clientes atendidos no mesmo período de simulação teve um aumento na hipótese de melhoria em aproximadamente 26%.

TABELA 7: PORCENTAGEM DE TEMPO EM ATIVIDADE

Sistema	Atual	Hipótese
Funcionário 1	96%	69%
Funcionário 2	-	51%

FONTE: os autores (2023)

No sistema atual a porcentagem de tempo em atividade do funcionário 1 é de 96%, tornando ele o gargalo do sistema, não existe margem para mais atendimentos ou eventuais anomalias no atendimento, no cenário atual o atendimento está limitado a aproximadamente 32 clientes no período de intervalo. Ainda sobre a porcentagem de tempo em atividade dos funcionários podemos verificar que na hipótese de melhoria há uma quantidade considerável em ociosidade, isso representa uma margem do sistema para realizar uma quantidade maior de atendimentos no mesmo período sem que haja impactos nos parâmetros de atendimento, desta forma a empresa pode investir em atrair mais clientes e conseguir manter a qualidade de serviço.

## 5. Conclusão

O estudo realizado, analisando o funcionamento da cantina de uma faculdade revelou a importância de otimizar o processo de um sistema para suprir às necessidades dos clientes de forma mais eficiente. A teoria das filas e a simulação de eventos ordinários desempenharam um papel crucial na avaliação e proposta de melhorias.

A coleta de dados e a análise revelaram que o tempo médio que os clientes passam no sistema, desde a chegada à fila até a saída com o pedido pago, é consideravelmente alta, limitando o tempo disponível para alimentação, descanso e retorno às aulas. Além disso, durante a observação foi identificado uma possível oportunidade de determinar mais um funcionário para o atendimento, visto que o estabelecimento já possuía o mesmo, porém realizando majoritariamente outras tarefas.

A hipótese de melhoria envolveu a alocação de ambos os funcionários para o atendimento durante os horários de pico, havendo ou não fila durante o período, permitindo que um deles se concentrasse na etapa de atendimento e o outro na etapa de cobrança. A simulação desse cenário indicou resultados

promissores, com uma redução significativa no tempo médio de espera dos clientes na fila, bem como no tempo total de serviço.

Em comparação com o sistema atual, a hipótese de melhoria reduziu o tempo médio de fila em aproximadamente 85% e o tempo médio de atravessamento em cerca de 60%. Além disso, a porcentagem de tempo em atividade dos funcionários demonstrou que há margem para realizar um maior número de atendimentos no mesmo período, sem afetar negativamente o tempo dos clientes no sistema.

Portanto, com base nos resultados da simulação e da análise dos dados, a proposta de empregar ambos os funcionários no atendimento durante os horários de pico parece ser uma solução viável para melhorar a eficiência do sistema de atendimento na cantina da faculdade. Isso não apenas reduzirá o tempo de espera dos alunos, mas também aumentará a capacidade de atendimento sem aumentar a carga de trabalho dos funcionários. Essa abordagem pode contribuir significativamente para a satisfação dos clientes e a eficiência do serviço na cantina escolar, mostrando que mesmo em sistemas de complexidade baixa é possível obter informações importantes para o gerenciamento do processo.

## Referências

- ALMEIDA, J. **Simulação por eventos discretos**, 2016. Disponível em: <<https://cursos.unipampa.edu.br/cursos/engenhariadeproducao/files/2016/08/apostila-sim-simulacao-por-eventos-discretos.pdf>>. Acesso em: 10 de setembro 2023
- GOLDRATT, E. M. **A Meta na Prática**. São Paulo: Nobel, 2006.
- GOUVEIA, R. Média Aritmética. **Toda Matéria**, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/media/>>. Acesso em: 20 setembro 2023
- KLEINROCK, L.: **Queueing systems: theory**. v.1, J. Wiley, New York, 1975.
- PAIM, Rafael *et al.* **Gestão de processos: Pensar, agir e aprender**. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- SOUZA, A. S., FERNANDES, I. N., & LOPES, F. S. (2017). **Experiências de consumo de crianças de diferentes contextos socioeconômicos retratadas em desenhos**. Revista do Instituto de Ciências Econômicas, 14(2), 63-72.