

## Aplicação de teoria das filas em um ambulatório do estado do Rio Grande do Sul

Bruna Caroline Orlandin<sup>1</sup>, Bruna Gabriele de Matos<sup>2</sup>, Nathalia Tessari Moraes<sup>3</sup>, Lucas de Carvalho Borella<sup>4</sup>, Leandro Luis Corso<sup>5</sup>

**Resumo:** As filas estão presentes no dia a dia dos seres humanos. Na área da saúde, onde o atendimento deve ser ágil e eficaz elas devem ser reduzidas. O presente trabalho propõe a utilização da teoria das filas para dimensionar o sistema de atendimento de um ambulatório situado no estado do Rio Grande do Sul, avaliando do ponto de vista operacional e propondo um sistema alterado para a melhoria dos serviços prestados. Para o estudo do comportamento do sistema, foram contabilizados no período de sete dias durante o intervalo das 19h às 21h, as taxas de chegada de clientes por minuto e os tempos de atendimento por cliente. Após a análise de dados e a obtenção das medidas de desempenho, foi possível dimensionar o sistema. Os resultados apresentam que o dimensionamento do ambulatório é satisfatório, visto que a taxa de ocupação é de 96,87%, percentual este que justifica as filas observadas em alguns períodos do dia. Por meio da simulação de um cenário considerando um atendente a mais a taxa de ocupação seria de 64,58%, o que tornaria o sistema mais ágil, mas representaria custos maiores para o ambulatório.

**Palavras chave:** Pesquisa Operacional, Teoria das Filas, Saúde, Ambulatório.

## Application of queuing theory in an outpatient clinic of the state of Rio Grande do Sul

**Abstract:** Queues are present in the daily lives of humans. In health care, where care needs to be fast and effective, it must be reduced. This paper proposes the use of queuing theory to scale the care system of an outpatient clinic located in the state of Rio Grande do Sul, evaluating from an operational point of view and proposing an altered system to improve the services provided. To study the behavior of the system, were counted in the period of seven days during the interval from 19h to 21h, the customer arrival rates per minute and the service times per customer. After data analysis and performance measurements, it was possible to scale the system. The results show that the outpatient sizing is satisfactory, since the occupancy rate is 96.87%, a percentage that justifies the queues observed in some periods of the day. By simulating a scenario considering an additional attendant, the occupancy rate would be 64.58%, which would make the system more agile, but would represent higher costs for the outpatient clinic.

**Key-words:** Operational Research, Queue Theory, Cheers, Ambulatory.

---

<sup>1</sup> (Universidade de Caxias do Sul), [bcorlandin@ucs.br](mailto:bcorlandin@ucs.br).

<sup>2</sup> (Universidade de Caxias do Sul), [bgmatos@ucs.br](mailto:bgmatos@ucs.br).

<sup>3</sup> (Universidade de Caxias do Sul), [ntmoraes1@ucs.br](mailto:ntmoraes1@ucs.br).

<sup>4</sup> (Universidade de Caxias do Sul), [lcborella@ucs.br](mailto:lcborella@ucs.br).

<sup>5</sup> Autor, correspondente, (Universidade de Caxias do Sul), [lcorso@ucs.br](mailto:lcorso@ucs.br).

## 1. Introdução

Em um mundo onde todas as informações e notícias percorrem continentes em questão de segundos, ficar parado alguns minutos em filas gera cada vez mais intolerância aos usuários destes serviços. Segundo Hillier e Lieberman (2013) no dia a dia facilmente se verificam filas, seja para comprar ingressos para um cinema, ao realizar um depósito no banco, fazer compras no mercado, comprar um lanche na lanchonete, entre outras. Portanto, o ser humano convive com uma quantia significativa de filas, mas ainda não vê com bons olhos a espera excessiva de algumas delas.

A teoria das filas como uma importante ferramenta da Pesquisa Operacional (PO), tem o objetivo de solucionar problemas de congestionamento de sistemas (ANDRADE, 2015). Possui aplicação em diversos ambientes, tais como, em bancos, indústrias, comunicações, entre outros, sendo a área da saúde um ambiente que necessita de uma atenção especial, uma vez que, diariamente pronto atendimentos, hospitais e ambulatórios sofrem com a formação de filas de espera para atendimento. Os motivos para existência de filas são variados, podendo ser por picos de atendimento, fluxo de processos inadequados e/ou falta de mão de obra.

Gorunescu, McClean e Millard (2002) aplicaram a teoria das filas para otimizar o uso e a alocação de leitos hospitalares visando melhorar o atendimento dos pacientes. Neves et al. (2016) utilizaram esta teoria em uma Unidade Básica de Saúde (UBS) de São Paulo com o intuito de analisar e agilizar a distribuição de filas neste ambiente. Tomé et al. (2019) aplicaram teoria das filas em uma biblioteca da Serra Gaúcha visando reduzir o congestionamento observado em alguns períodos do dia.

Devido à área da saúde necessitar de maiores cuidados, é de suma importância que se tenha uma quantidade ideal de profissionais e equipamentos para que a espera pelo atendimento seja reduzida. Em vista disso, no presente trabalho propõe-se a utilização da teoria das filas para dimensionar o sistema de atendimento de um ambulatório situado no estado do Rio Grande do Sul, avaliando do ponto de vista operacional e propondo um sistema alterado para a melhoria dos serviços prestados.

## 2. Teoria das filas

Quando a demanda se torna maior que a capacidade de fornecer um serviço em um determinado período de tempo tem-se um fenômeno de formação de filas de espera (HILLIER; LIEBERMAN, 2013). Por exemplo, se o número de atendentes em um banco for abaixo do necessário nos dias de maior demanda, o cliente pode acabar esperando mais tempo, o que pode gerar tanto insatisfação quanto desistência de utilizar o serviço. Por outro lado, se o número de servidores for maior que a necessidade, o banco terá custos elevados, o que pode tornar o serviço inviável (FOGLIATTI; MATTOS, 2007).

Arenales et al. (2007, p.433) conceitua a teoria das filas como “um ramo da Pesquisa

Operacional que estuda as relações entre demandas em um sistema e os atrasos sofridos pelos usuários deste sistema”. Por meio de análises matemáticas e propriedades mensuráveis das filas, ela estuda a formação das mesmas (GUEDES; ARAÚJO, 2013).

No início do século XX, na cidade de Copenhague, A. K. Erlang, considerado o pai da teoria das filas iniciou a abordagem sobre o assunto por meio de um estudo para analisar o congestionamento das linhas telefônicas na companhia em que ele trabalhava. Entretanto, apenas após a Segunda Guerra Mundial esta teoria passou a ser aplicada em outros problemas de filas (PRADO, 2009).

De acordo com Andrade (2015), diversos fatores podem interferir no desempenho de um sistema, os mesmos são classificados em quatro categorias:

a) forma do atendimento: para o correto funcionamento do sistema, pessoas, equipamentos e instalações devem operar em harmonia considerando o dimensionamento adequado da capacidade, fornecimento de treinamento para os atendentes, sistema de informações, dentre outros elementos;

b) modo de chegada: geralmente em um sistema o número de chegadas de clientes funciona de forma aleatória, sendo assim faz-se necessário analisar se o processo de chegada pode ser definido por uma distribuição de probabilidades;

c) disciplina da fila: determina a ordem de atendimento dos clientes, pode ser por ordem de chegada (FIFO - *first in - first out*), ordem inversa de chegada (LIFO - *last in - last out*) ou por prioridades;

d) estrutura do sistema: trata-se de como o sistema será organizado. A Figura 1 apresenta uma ilustração de um sistema genérico de filas com seus elementos básicos.

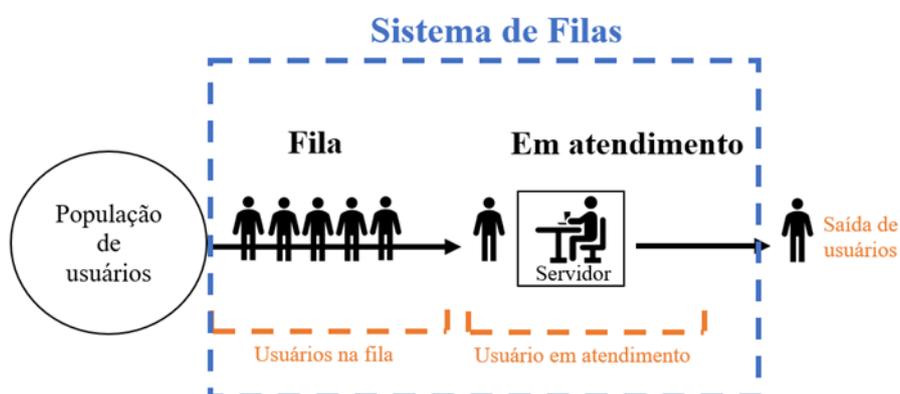


Figura 1 – Sistema genérico de filas com seus elementos básicos

Arenales et al. (2007), comenta sobre três variações de sistema: fila única com múltiplos servidores em paralelo; múltiplas filas e múltiplos servidores em paralelo; e fila única e múltiplos servidores em série.

## 2.1 Notação de Kendall Lee

Em 1953 D. G. Kendall propôs os três primeiros símbolos (A/B/c) de uma notação que apresenta as características de um sistema de filas. Alguns anos depois, A. M. Lee complementou com mais três elementos (K/m/Z) (ARENALES et al., 2007). Esta notação é A/B/c/K/m/Z e as seis características estão descritas no Quadro 1.

Termo	Descrição
A	Indica a distribuição de probabilidades do processo de chegada.
B	Indica a distribuição de probabilidades do processo do tempo de serviço.
c	é a quantidade de servidores no sistema.
K	É a capacidade máxima do sistema.
m	Descreve o tamanho da população que fornece clientes para o sistema.
Z	Representa a disciplina da fila.

Fonte: os autores (2019)

Quadro 1 – Descrição dos termos da notação de Kendall- Lee

## 2.2 Medidas de desempenho do sistema

Por meio da utilização da teoria das filas é possível analisar a eficiência de um sistema (FOGLIATTI; MATTOS, 2007). Abaixo tem-se as variáveis importantes para a medição do desempenho de um sistema de filas (PRADO, 2009).

- a) NF: número médio de clientes que aguardam na fila;
- b) TF: tempo médio de permanência na fila;
- c) IC: intervalo médio entre chegadas;
- d)  $\lambda$ : ritmo médio de chegada;
- e) TA: tempo médio de atendimento;
- f) NA: número médio de clientes que estão em atendimento;
- g)  $\rho$ : taxa de utilização;
- h)  $\mu$ : ritmo de atendimento de cada atendente;
- i) s: número de atendentes do sistema;
- j) TS: tempo médio de permanência no sistema;
- k) NS: número médio de clientes no sistema.

Estes termos são relacionados e possuem equações próprias para cálculo as quais são apresentadas no Quadro 2.

Nome	Equação
Intervalo entre chegadas	$IC = \frac{1}{\lambda}$
Tempo de Atendimento	$TA = \frac{1}{\mu}$
Intensidade de Tráfego	$i = \frac{ \lambda }{ \mu } = \frac{ TA }{ IC }$
Número médio de clientes que estão sendo atendidos	$NA = \frac{\lambda}{\mu}$

Tempo médio de permanência na Fila	$TF = TS - TA = TS - \frac{1}{\mu}$
Número médio de clientes na Fila	$NF = \lambda \cdot TF$
Número médio de clientes no Sistema	$NS = NF + NA$
Tempo médio de clientes no Sistema	$TS = TF + TA$
Probabilidade de n clientes estarem no sistema	$P_n = (1 - \rho)\rho^n$ (atendente único)
Probabilidade de n clientes estarem no sistema	$P_n = \begin{cases} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} P_0, & 0 < n < s \\ \frac{(\lambda/\mu)^n}{s!s^{n-s}} P_0, & 0 \geq s \end{cases}$ (múltiplos atendentes)
Probabilidade de zero cliente estar no sistema	$P_0 = 1 - \rho$ (atendente único)  $P_0 = \left[ \sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \left( \frac{1}{1-\rho} \right) \right]^{-1}$ (múltiplos atendentes)

Fonte: os autores (2019)

Quadro 2 – Equações relativas aos indicadores de filas

De acordo com o tipo de distribuição existem diversos modelos de filas. Na Distribuição de Poisson os intervalos de tempo entre chegadas e tempo de serviço apresentam uma distribuição exponencial (HILLIER; LIEBERMAN, 2013). Este modelo fundamenta-se no estado de equilíbrio, o qual é alcançado quando o sistema opera há um determinado tempo (TAHA, 2007). A probabilidade de que existam x ocorrências é expressa pela Equação 1.

$$P(x) = \frac{(\lambda)^x \cdot e^{-\lambda}}{x!} \quad (1)$$

Onde:

$P(x)$  = probabilidade de x chegadas em t período de tempo;

$\lambda$  = taxa média de chegadas por unidade de tempo t;

$e$  = exponencial (2,7183).

### 3. Metodologia

A presente pesquisa é considerada um estudo de caso, sua abordagem é quantitativa e de natureza aplicada. Para o desenvolvimento da mesma foi realizada uma pesquisa bibliográfica em livros e artigos para obter mais informações sobre o assunto e entender os possíveis ganhos de sua aplicação.

Após a construção dos conceitos teóricos foi definido o ambiente para aplicação de teoria das filas. O local escolhido trata-se de um ambulatório situado no estado do Rio Grande do Sul, o motivo da escolha foi a facilidade de formação de filas neste ambiente e a importância de um atendimento ágil em setores relacionados a saúde do paciente.

A coleta de dados foi realizada no período de sete dias no horário das 19h às 21h, intervalo este caracterizado como um dos mais críticos para o sistema, tendo em vista que os usuários deste serviço o procuram após o horário do trabalho em caso de problemas não urgentes.

Com os dados coletados, e os modelos propostos para o desenvolvimento do trabalho e obtenção dos resultados, utilizou-se a ferramenta *Excel* do *Microsoft Office*®. Por fim, com o intuito de propor cenários foi realizada a análise dos resultados obtidos.

### 3.1 Caracterização do local escolhido

O ambulatório escolhido para este estudo situa-se no estado do Rio Grande do Sul. O horário de atendimento do mesmo é de domingo a domingo, 24 horas por dia. Seu público é constituído por usuários de determinado plano de saúde que demandam de consultas de emergência com risco de morte e de urgência, sem risco de morte.

Todos os pacientes passam primeiramente pelos atendentes para realizarem o cadastro de sua solicitação, sistema de triagem e por fim para o atendimento com o médico. Em casos de emergência, o paciente é encaminhado diretamente para atendimento com o médico e além disso, todo usuário do sistema passa por uma avaliação e classificação de risco, o que faz com que o encaminhamento de pacientes não seja apenas por ordem de chegada.

Para a construção da modelagem, a disciplina da fila é FIFO (primeiro a entrar é o primeiro a sair), obedecendo a notação de Kendall Lee (A/B/2/∞/∞/FIFO) e o ambulatório possui dois atendentes que preenchem a ficha com os dados dos pacientes e outras burocracias necessárias para o atendimento do mesmo.

Neste trabalho o foco é o dimensionamento de um sistema único de realização do cadastro de atendimento, independente do risco ou da classificação. Busca-se encontrar valores médios de tempo em atendimento e sistema.

## 4. Resultados obtidos

Os dados foram coletados durante o período de sete dias no horário das 19h às 21h. A Tabela 1 apresenta a distribuição de chegadas por dia analisado.

Dia da semana	Domingo	Segunda - feira	Terça - feira	Quarta - feira	Quinta - feira	Sexta - feira	Sábado
<b>Chegada pessoas</b>	65	78	68	56	75	72	82

Fonte: os autores (2019)

Tabela 1 – Número de chegadas por dia analisado

No período analisado chegaram 496 pessoas. Para o estudo em questão foi escolhido um dia da semana para aplicar Teoria das Filas. Na Tabela 2 é possível observar o tempo médio de atendimento e o número de chegada dos pacientes para atendimento no ambulatório no dia selecionado.

Medida	Percentual
Tempo médio de atendimento (em minutos)	3,23
Quantidade de chegadas (pessoas)	72

Fonte: os autores (2019)

Tabela 2 – Tempo médio de atendimento e número de chegadas

Tem-se que em duas horas chegaram 72 pacientes, gerando uma taxa média de chegada ( $\lambda$ )

igual 0,60 clientes por minuto. Por meio da curva de frequência relativa observada é possível verificar que a mesma se comporta como uma distribuição de Poisson, conforme Figura 2.

### Frequência Relativa X Distribuição de Poisson

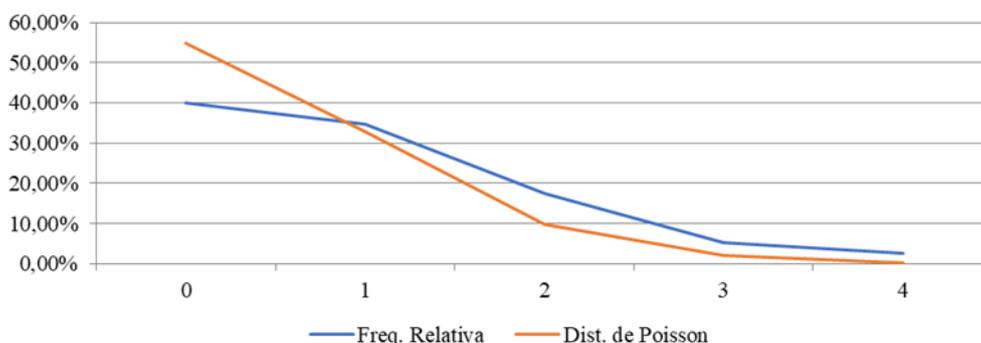


Figura 2 – Frequência relativa observada x Distribuição de Poisson

Na Tabela 3 é possível observar a frequência para o número de chegadas por minuto, com valores mínimo e máximo de 0 e 4 respectivamente.

Ritmo	Freq. Absoluta	Freq. Relativa	Dist. de Poisson	Dist. de Poisson Acumulada
0	30	0,40	0,55	0,55
1	26	0,35	0,33	0,88
2	13	0,17	0,10	0,98
3	4	0,05	0,02	1,00
4	2	0,03	0,00	1,00

Fonte: os autores (2019)

Tabela 3 – Frequência e distribuição para o número de chegadas por minuto

#### 4. Dados de atendimento

Para os cálculos estatísticos referentes ao atendimento elaborou-se uma tabela com as durações dos atendimentos realizados pelos dois atendentes e em seguida foram listadas informações do menor e do maior valor obtido, a quantidade de dados e a média dos tempos de atendimento. Na Tabela 4 é possível observar os dados do menor e do maior tempo de atendimento, bem como o número de atendimentos e a média de minutos por cliente. Na Figura 4 tem-se a duração em minutos de cada atendimento por paciente.

Dados do atendimento	
Menor valor (minutos)	2,05
Maior valor (minutos)	4,54
Número de atendimentos	72
Média (minutos/ cliente)	3,23

Fonte: os autores (2019)

Tabela 4 – Dados do atendimento

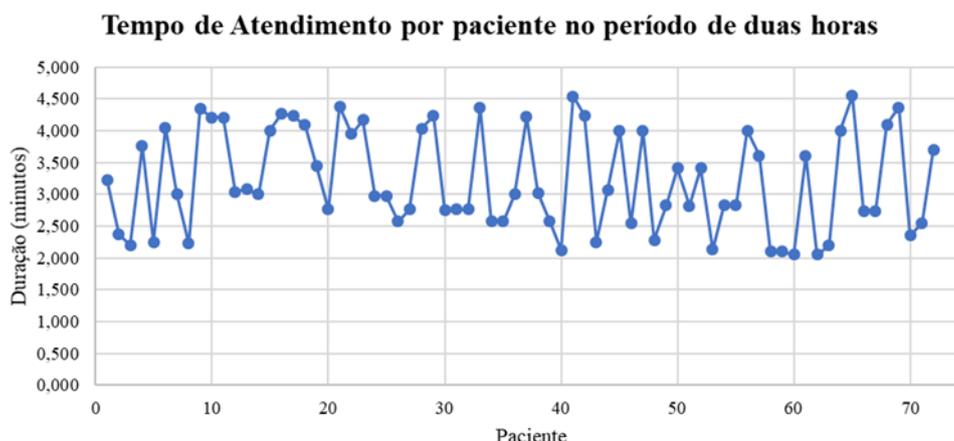


Figura 4 – Tempo de atendimento por cliente

Nota-se por meio da Tabela 4 e da Figura 4 que o maior tempo de atendimento foi de 4,54 minutos e o menor foi de 2,05 minutos.

Com a aplicação das equações correspondentes e os dados e indicadores da teoria das filas, presentes no Quadro 2, referentes ao dimensionamento do sistema empregado no ambulatório estudado, foi possível chegar aos resultados apresentados na Tabela 5.

Configuração do atendimento	Parâmetro	Domingo	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
Dois atendentes	$\Lambda$	0,54	0,65	0,57	0,47	0,63	0,60	0,68
	NF	5,63	38,03	7,41	2,20	78,01	29,99	-
	P	<b>86,67%</b>	<b>97,50%</b>	<b>89,25%</b>	<b>74,67%</b>	<b>98,75%</b>	<b>96,87%</b>	<b>105,92%</b>
Três atendentes	$\Lambda$	0,54	0,65	0,57	0,47	0,63	0,60	0,68
	NF	0,79	1,21	0,87	0,49	1,27	1,18	1,70
	P	<b>57,78%</b>	<b>65,00%</b>	<b>59,50%</b>	<b>49,78%</b>	<b>65,83%</b>	<b>64,58%</b>	<b>70,61%</b>

Fonte: os autores (2019)

Tabela 5 – Parâmetros do sistema para os dias analisados

Na Tabela 6 estão dispostos os parâmetros do sistema no dia escolhido para aplicação da metodologia.

Parâmetro	Resultado	Unidade
Taxa média de chegada ( $\lambda$ )	0,60	pessoas/ minuto
Número médio de clientes que aguardam na fila (NF)	29,99	Pessoas
Tempo médio de permanência na fila (TF)	49,99	minutos
Intervalo médio entre chegadas (IC)	1,67	minutos/ pessoa
Tempo médio de atendimento (TA)	1,61	minutos
Número médio de clientes que estão sendo atendidos (NA)	0,97	pessoas
Taxa de utilização ( $\rho$ )	96,87	% (por cento)
Tempo médio de permanência no sistema (TS)	51,60	minutos
Número médio de clientes no sistema (NS)	30,96	pessoas

Fonte: os autores (2019)

Tabela 6 – Parâmetros do sistema para os dias analisados

Nota-se que a taxa de ocupação do sistema é de 96,87% com dois atendentes, percentual que justifica a fila observada em alguns momentos durante o período da análise. Os dados apresentados na Tabela 6 mostram que o sistema é estável, uma vez que, a taxa média de atendimento geral é maior que a taxa de chegada. A Tabela 7 representa uma simulação considerando que o sistema utilizasse três atendentes.

Parâmetro	3 atendentes	Unidade
Taxa média de chegada ( $\lambda$ )	0,60	peessoas/ minuto
Número médio de clientes que aguardam na fila (NF)	1,18	peessoas
Tempo médio de permanência na fila (TF)	1,96	minutos
Intervalo médio entre chegadas (IC)	1,67	minutos/ pessoa
Tempo médio de atendimento (TA)	1,08	minutos
Número médio de clientes que estão sendo atendidos (NA)	0,65	peessoas
Taxa de utilização ( $\rho$ )	64,58	% (por cento)
Tempo médio de permanência no sistema (TS)	3,04	minutos
Número médio de clientes no sistema (NS)	1,82	peessoas

Fonte: os autores (2019)

Tabela 7 – Parâmetros do sistema considerando três atendentes

Neste cenário com três atendentes (considerando um atendente a mais do que o sistema tem hoje), a taxa de ocupação seria de 64,58%, o que tornaria o sistema mais ágil do ponto de vista dos usuários do serviço, uma vez que, nos horários de maior circulação de pessoas não teriam que aguardar muito tempo para serem atendidos. Por outro lado, para o ambulatório, um fato que deveria ser levado em questão pelos gestores do sistema é que um atendente a mais representaria maiores custos para a unidade. Na Tabela 8, tem-se o percentual de redução de indicadores analisados para os dois cenários. A Figura 5 apresenta graficamente a taxa de utilização do sistema ( $\rho$ ) para o cenário atual e proposto com três atendentes.

Parâmetro	3 atendentes
Tempo médio de atendimento (TA)	-33%
Número médio de clientes que estão sendo atendidos (NA)	-33%
Taxa de utilização ( $\rho$ )	-33%

Fonte: os autores (2019)

Tabela 8 – Percentual de redução de alguns indicadores considerando três atendentes no sistema

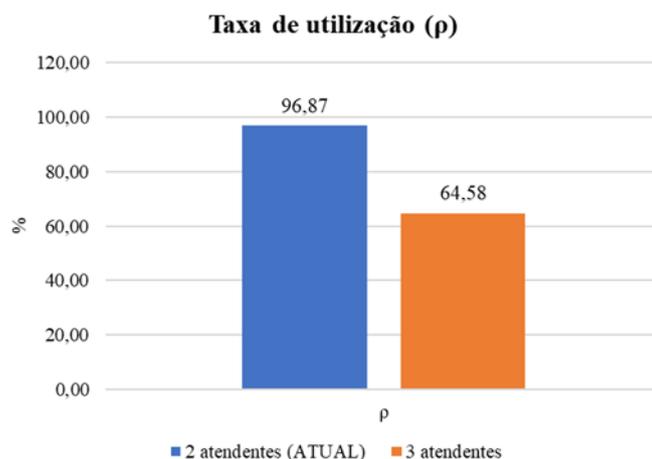


Figura 5 – Taxa de utilização atual e taxa de utilização proposta

O dimensionamento do sistema considerando um atendente a mais apresenta uma redução de 33% na taxa de utilização, no tempo médio de atendimento e no número de clientes que estão sendo atendidos.

## 5. Considerações finais

No estudo pode ser observado que o dimensionamento atual do ambulatório é satisfatório para atender a demanda, uma vez que a taxa de ocupação é de 96,87%, o que justifica a fila observada em alguns períodos da análise. Quando comparado com um outro cenário possível, considerando três atendentes pode-se observar que a taxa de ocupação seria de 64,58% o que seria mais interessante do ponto de vista dos usuários desse serviço, porém deve ser avaliado pelo ambulatório, pois isso irá acarretar em aumentos de custos com funcionários.

Apesar de o estudo demonstrar um bom dimensionamento do ambulatório, espera-se que os gestores do sistema analisem periodicamente a satisfação de seus clientes com os serviços prestados, garantindo assim as adequações necessárias para os seus pacientes.

## Referências

ANDRADE, Eduardo Leopoldino. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

ARENALES, Marcos Nereu; ARMENTANO, Vinícius; MORABITO, Reinaldo; YANASSE, Horacio. **Pesquisa operacional**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

TOMÉ, Fernanda; ORLANDIN, Bruna C.; BIASUZ, Rodrigo; CECHIN, Rafaela B.; CORSO, Leandro L.. Teoria das Filas: um estudo de caso em uma biblioteca da Serra Gaúcha. In: **Anais ... SIMPÓSIO DE ENGENHARIA, GESTÃO E INOVAÇÃO (SENGI)**, 2. 2019. Disponível em: <<https://even3.blob.core.windows.net/processos/e4a428a3a1934ecaac0b.pdf>> . Acesso em: 29 set. 2019.

FOGLIATTI, M. C.; MATTOS, N. M. C. **Teoria de filas**. 8. Ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2007.

GORUNESCU, F.; McCLEAN, S.; MILLARD, P.. A queueing model for bed-occupancy management and planning of hospitals. **Journal of the Operational Research Society**. [S.l.], [S.v.], n. 53, p.19-24. 2002.

GUEDES D. B.; ARAUJO, A. C. Gestão de filas: um estudo de caso em torno da qualidade dos serviços numa agência bancária da região metropolitana do recife – PE. In: **Anais ... ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP)**, 33. 2013. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013\\_tn\\_sto\\_177\\_014\\_22639.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_tn_sto_177_014_22639.pdf)> . Acesso em: 15 ago. 2019.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à pesquisa operacional**. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

NEVES, Jeferson Fernando dos Santos; TOMAS, José de Jesus; ALCOBAÇA, Márcio Tadeu da Silva; OLIVEIRA, Wellington Galileu de; MENEGATTI, Valter; DELLA PIAZZA, Cesar Augusto. Aplicação de teoria das filas em unidades de atendimento do SUS. In: **ENCONTRO DE TECNOLOGIA (ENTEC)**, 10. 2016. Disponível em: <<https://www.uniube.br/eventos/entec/2016/arquivos/aprovados/14.pdf>> . Acesso em: 31 ago. 2019.

PRADO, Darci. **Teoria das Filas e da Simulação**. v.2. 4. Ed. Belo Horizonte: editora de Desenvolvimento Gerencial. Serie Pesquisa Operacional, 2009.

TAHA, Hamdy A. **Operations Research: an introduction**. 8 ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2007.