

ANÁLISE DE OCUPAÇÃO DE LEITOS DE UTI DE UM HOSPITAL DO RIO GRANDE DO SUL: UMA APLICAÇÃO DE TEORIA DAS FILAS EM TEMPOS DE PANDEMIA DA COVID-19

ANALYSIS OF ICU BED OCCUPATION IN A HOSPITAL IN RIO GRANDE DO SUL: AN APPLICATION OF THE QUEUE THEORY IN TIMES OF THE COVID-19 PANDEMIC

Bruna Caroline Orlandin¹, Mônica Pasolini², Amanda Dalla Rosa Monegat³, Mateus Müller Franco⁴, Leandro Luis Corso⁵

¹Universidade de Caxias do Sul, Área do Conhecimento de Ciências Exatas e Engenharias, Curso de Engenharia de Produção, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Bairro Petrópolis, 95070-560 – Caxias do Sul - RS – Brasil. E-mail: bcorlandin@ucs.br

² Universidade de Caxias do Sul, Área do Conhecimento de Ciências Exatas e Engenharias, Curso de Engenharia de Produção, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Bairro Petrópolis, 95070-560 – Caxias do Sul - RS – Brasil. E-mail: mpasolini@ucs.br

³Universidade de Caxias do Sul, Área do Conhecimento de Ciências Exatas e Engenharias, Curso de Engenharia de Produção, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Bairro Petrópolis, 95070-560 – Caxias do Sul - RS – Brasil. E-mail: admonegat@ucs.br

⁴Universidade de Caxias do Sul, Área do Conhecimento de Ciências Exatas e Engenharias, Curso de Engenharia de Produção, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Bairro Petrópolis, 95070-560 – Caxias do Sul - RS – Brasil. E-mail: mmfranco1@ucs.br

⁵Universidade de Caxias do Sul, Área do Conhecimento de Ciências Exatas e Engenharias, Curso de Engenharia de Produção, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Bairro Petrópolis, 95070-560 – Caxias do Sul - RS – Brasil. E-mail: llcorso@ucs.br

RESUMO

O surto de um novo coronavírus marcou o século 21 e vem trazendo consequências devastadoras no mundo todo. A pandemia de COVID-19, até a data do presente artigo já ceifou mais de 3,7 milhões de vidas, infectando mais de 174 milhões de pessoas no planeta. Frente a este cenário, faz-se necessário um melhor aproveitamento e alocação de recursos. A teoria das filas, sendo uma importante ferramenta da Pesquisa Operacional (PO) que visa solucionar problemas de congestionamento de filas pode auxiliar no dimensionamento de sistemas e na tomada de decisão. Este artigo analisou o dimensionamento de uma UTI adulta dedicada a pacientes com COVID-19 no município de Caxias do Sul, no Rio Grande do Sul. Para isso, os dados foram coletados no endereço eletrônico do Governo do Estado do Rio Grande do Sul e referem-se ao período de 01/04/2021 à 28/05/2021. Foi verificado que neste período a taxa de ocupação do sistema é próxima de 100%, com 97,27% de ocupação, o sistema está próximo de saturar. Dessa forma analisou-se um cenário aumentando o número de leitos de 48 para 60, com isso a taxa de ocupação seria de 77,82%, o que tornaria o sistema mais ágil.

Palavras-chave: teoria das filas, saúde, COVID-19, UTI.

ABSTRACT

The outbreak of a new coronavirus marked the 21st century and has had devastating consequences around the world. The COVID-19 pandemic, to the date of this article, has claimed more than 3.7 million lives, infecting more than 174 million people on the planet. Faced with this scenario, a better use and allocation of resources is necessary. Queuing theory, being an important tool of Operations Research (OP) that aims to solve queuing congestion problems, can help in sizing systems and in decision making. This article analyzed the dimensioning of an adult ICU dedicated to patients with COVID-19 in the municipality of Caxias do Sul, in Rio Grande do Sul, from 04/01/2021 to 05/28/2021. It was verified that in this period the system's occupancy rate is close to 100%, with 97.27% of occupancy, the system is close to saturation. Thus, a scenario was analyzed by increasing the number of beds from 48 to 60, with that the occupancy rate would be 77.82%, which would make the system more agile.

Keywords: queuing theory, health, COVID-19, ICU.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas duas décadas, por meio do surgimento de três coronavírus o mundo passou por epidemias que provocaram consideráveis problemas de saúde pública. No final de 2002, o mundo sofreu com a Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS), causada por um novo coronavírus SARS-CoV, o surto começou na China e rapidamente se espalhou pelo mundo, a mesma foi a primeira epidemia humana a surgir no século 21 (Contini et al., 2020). Já em 2012, o planeta experimentou a Síndrome Respiratória do Oriente Médio (MERS- CoV), na Arábia Saudita (Azhar et al., 2014; Contini et al., 2020).

No final de 2019, em Wuhan, na província de Hubei, na China, surge um novo coronavírus (SARS-CoV-2) responsável pela COVID-19 que rapidamente se tornou uma pandemia global e afetou não apenas o sistema de saúde, mas também a economia mundial (Tu et al., 2020). O SARS-CoV-2 tem diversas semelhanças com os SARS-CoV e com o MERS-CoV, sendo o sétimo coronavírus conhecido que infecta seres humanos. Acredita-se que sua origem seja por seleção natural do vírus em um animal hospedeiro seguida por uma transferência zoonótica para o corpo humano (ANDERSEN et al., 2020).

COVID-19 é transmitida por meio de gotículas de uma pessoa infectada que entram em contato físico com boca, nariz e olhos (Nawusu; Danaa; Ismail, 2020). A mesma é considerada extremamente contagiosa (Orlandi et al., 2020) e suas manifestações variam de assintomáticas à sintomas respiratórios graves (Osuchowski et al., 2021) sendo a insuficiência respiratória e a Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA) as complicações mais comuns de infecções graves ocasionadas por este coronavírus (Seyedalinaghi et al., 2021).

A Pandemia que surgiu por meio da disseminação deste vírus exerce pressão significativa nos sistemas de saúde (Emanuel et al., 2020, Naudé, 2020). Na data do presente artigo já são mais de 174 milhões de pessoas infectadas no mundo com mais de 3,7 milhões de mortes (WHO, 2021).

Frente a este cenário, obter melhores resultados no cuidado aos pacientes, diminuindo riscos e melhor aproveitando os recursos é de suma importância (Mathias et al., 2015). A teoria das filas sendo uma importante ferramenta da Pesquisa Operacional (PO), busca solucionar problemas de congestionamento de sistemas dando suporte a tomada de decisões (Andrade, 2015). Na área da saúde, Marinho (2004), realizou um estudo de filas para internações e para transplantes no Sistema Único de Saúde (SUS) brasileiro. Em outro estudo, Meares e Jones (2020), utilizaram esta metodologia para avaliar os leitos de UTI da Austrália comparando o modelo com dados na Lombardia.

Este estudo tem por objetivo analisar o dimensionamento de uma UTI COVID do SUS em um hospital do município de Caxias do Sul, no Estado do Rio Grande do Sul e está dividido em cinco seções. A seção 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre teoria das filas. A seção 3 apresenta a metodologia utilizada no trabalho. Na seção 4 tem-se o desenvolvimento da simulação e os resultados obtidos e por fim na seção 5 são apresentadas as conclusões do projeto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção será apresentado o referencial teórico necessário para o entendimento dos conceitos, assim como da aplicação da técnica escolhida.

2.1. Teoria das filas

A teoria das filas também conhecida como teoria da congestão é um ramo da Pesquisa Operacional (PO) que estuda as relações entre as demandas de um sistema e os atrasos sofridos pelos

usuários do mesmo (Hillier; Lieberman, 2013; Arenales et al., 2015). Ela visa solucionar problemas de congestionamento em sistemas, onde clientes buscam por serviços (Andrade, 2015). Esta abordagem teve início em 1908, com estudos realizados por A. K. Erlang em uma central telefônica na Dinamarca. Entretanto, a partir da Segunda Guerra Mundial que a teoria foi aplicada e difundida amplamente (Hillier; Lieberman, 2013).

De acordo com Fogliatti e Mattos (2007, p. 1) “a teoria das filas consiste na modelagem analítica de processos ou sistemas que resultam em espera e tem como objetivo determinar e avaliar quantidades, denominadas medidas de desempenho”. A metodologia busca prever o comportamento das filas de modo a possibilitar o dimensionamento adequado do sistema (Bruns; Soncim; Sinay, 2001; Andrade, 2015).

Dentre os elementos considerados para analisar as medidas de desempenho tem-se, por exemplo, a taxa de chegada de clientes, número de servidores, tempo médio de espera na fila, tempo médio de atendimento e disciplina da fila. Por meio da aplicação desta teoria é possível tomar decisões sobre os recursos necessários para fornecer o serviço (Shanmugasundaram; Umarani, 2015).

A teoria das filas auxilia no balanceamento adequado entre os custos de se oferecer um determinado serviço e os atrasos sofridos pelos usuários do sistema (Arenales et al., 2015). Capacidade em excesso envolve mais custos para operar o sistema, enquanto que, sobrecarga do mesmo resulta em esperas excessivas que acarretam em insatisfação do usuário (Hillier; Lieberman, 2013).

2.1.1. Sistema de filas

Uma fila pode ser definida por clientes que aguardam para receber atendimento (Andrade, 2015). Um sistema de filas é composto por três elementos: a chegada dos usuários; a fila, onde os usuários aguardam por atendimento; e o serviço que os usuários recebem (Lima et al., 2016; McIntyre; Stewart III, Graves; 2020).

Em um sistema de filas, os usuários chegam de acordo com um comportamento que define o processo de chegada para serem atendidos em postos de serviço conforme um padrão de atendimento. Se os postos estiverem ocupados, os usuários aguardam em uma fila única. Quando um posto de serviço ficar livre o próximo cliente da fila é chamado para atendimento, seguindo um critério de atendimento definido pela gerência. Quando finalizado o serviço, o usuário é liberado do sistema (Fogliatti; Mattos, 2007). Na Figura 1 é possível observar um sistema de filas.

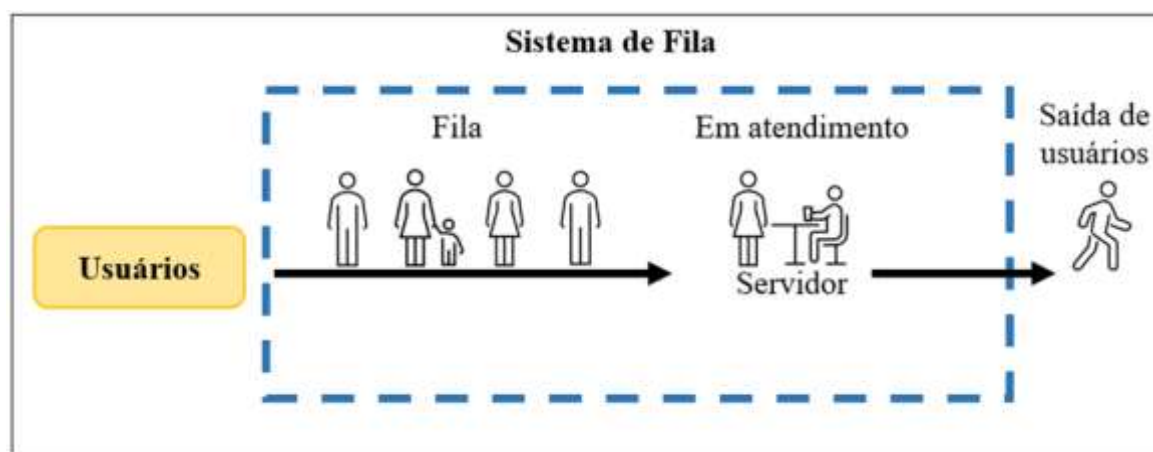


Figura 1 – Ilustração de um sistema de filas.
Fonte: Os autores (2021).

Segundo Arenales et al. (2007) existem quatro diferentes tipos de filas, os mesmos estão ilustrados na Figura 2.

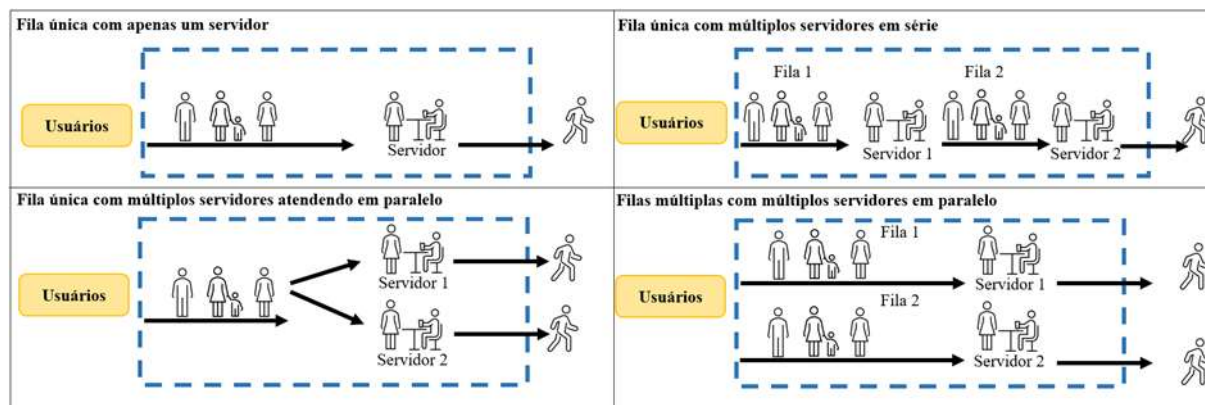


Figura 2 – Ilustração dos tipos de filas.

Fonte: Os autores (2021).

Como é possível observar na Figura 2, os quatro tipos de filas são: fila única com apenas um servidor, fila única com múltiplos servidores atendendo em paralelo, fila única com múltiplos servidores em série e filas múltiplas com múltiplos servidores em paralelo.

2.1.2. Processo de chegada

O processo de chegada é definido pelo intervalo de tempo entre as chegadas sucessivas dos usuários (Arenales et al., 2007). O mesmo refere-se ao modo que os clientes chegam por unidade de tempo (Andrade, 2015; Shanmugasundaram; Umarani, 2015). De acordo com Fogliatti e Mattos (2007) o processo de chegada pode ser caracterizado de duas formas:

- Aleatório: o número de clientes que chegam muda de acordo com o tempo, sendo um processo estocástico que pode ser caracterizado por uma distribuição de probabilidades;
- Determinístico: o número de chegadas por instante é definido.

Na maioria dos casos, a chegada de clientes se dá de forma aleatória, ou seja, o número de usuários que chegam por instante de tempo varia segundo o acaso (Andrade, 2015). No estudo de filas, a taxa ou ritmo médio de chegadas (λ) e o intervalo entre as chegadas (IC) são duas variáveis importantes (Prado, 2009; Andrade, 2015).

2.1.3. Processo de atendimento e postos de atendimento

O processo de atendimento é definido pelo número de usuários que são atendidos no sistema (Fogliatti; Mattos, 2007) e refere ao estudo do tempo gasto com cada atendimento e o ao número de atendimentos realizados (Andrade, 2015). Este processo também possui duas variáveis importantes: a taxa média de atendimento (μ) e o tempo de atendimento (TA) (Prado, 2009).

Quanto ao tempo de atendimento, assim como o processo de chegada, na maioria das situações ele é aleatório, uma vez que, cada cliente exige um tempo próprio para a solução de seu serviço. (Andrade, 2015).

Os postos de atendimento, por sua vez, tratam-se do local onde o usuário será atendido, podem ser físicos ou virtuais e são classificados como finitos, como por exemplo, os guichês de um posto de pedágio ou infinitos, nos serviços *self-service* (Fogliatti; Mattos, 2007; Barbosa et al., 2016).

2.1.4. Capacidade do sistema

A capacidade do sistema refere-se ao número máximo de usuários que o sistema pode ter (Bressan, 2002). Ela pode ser finita, quando existe um número máximo de usuários na fila, sendo este

limite conhecido; ou infinita, quando existe um grande número de usuários que não podem ser contabilizados (Fogliatti; Mattos, 2007; Prado, 2009).

No caso de filas finitas, pode se citar como exemplo, vistorias de carros, onde se assume um número máximo de carros vistoriados. Já para filas infinitas, tem se como exemplo, um porto onde os navios chegam para descarregar, sem ter uma ideia de quantos navios chegarão no dia (Fogliatti; Mattos, 2007).

2.1.5. Disciplina da fila

A disciplina da fila é composta por um conjunto de regras que determinam como os usuários serão atendidos, ela é definida pelo gestor do sistema. As mais utilizadas são (Fogliatti; Mattos, 2007; Andrade, 2015):

- a) FIFO (*first in – first out*): o primeiro usuário a chegar no sistema, é o primeiro a sair dele, ou seja, os usuários são atendidos por ordem de chegada;
- b) LIFO (*last in – last out*): o último a chegar é o primeiro a sair do sistema, logo, o último usuário a chegar no sistema é o primeiro a ser atendido;
- c) PRI (*priority service*): o atendimento aos usuários segue prioridades que foram estabelecidas pela gerência. Pode ser com interrupção, um usuário de maior prioridade é atendido assim que chega na fila, mesmo que já tenha um cliente em atendimento e; sem interrupção, onde o atendimento de um usuário de menor prioridade não é interrompido com a chegada de um de maior prioridade;
- d) SIRO (*service in random order*): o atendimento é realizado de acordo com uma ordem aleatória.

Dentre as disciplinas de fila citadas, a mais utilizada é a FIFO (Hillier; Lieberman, 2013).

2.1.6. Notação de Kendall-Lee

Com o intuito de simplificar a análise dos sistemas de filas, a notação de Kendall-Lee é formada por seis características, onde as três primeiras foram criados em 1953 por D. Kendall e as três últimas foram adicionadas por A. Lee em 1968 (Arenales et al., 2007). A notação completa é A/B/c/K/m/Z e as seis características são:

- a) A: distribuição dos intervalos entre as chegadas;
- b) B: distribuição do processo de tempo de serviço;
- c) c: quantidade de atendentes;
- d) K: capacidade máxima do sistema;
- e) m: tamanho da população que fornece usuários para o sistema;
- f) Z: disciplina da fila.

Supondo que a população seja infinita e que a disciplina da fila seja FIFO, foi elaborada uma notação condensada, definida por apenas três termos (A/B/c) (Fogliatti; Mattos, 2007).

2.1.7. Modelos básicos de filas

De acordo com Fogliatti e Mattos (2007), os quatros modelos abaixo descritos fundamentam-se no processo de processo markoviano (nascimento e morte).

- a) M/M/1/∞/FIFO: os tempos entre chegadas sucessivas e os tempos de atendimento seguem distribuições exponenciais, existe um posto de atendimento, sem limitação de capacidade para a fila e a ordem de atendimento segue a disciplina FIFO;
- b) M/M/1/K/FIFO: considera um posto de atendimento com uma limitação de capacidade do sistema. A disciplina da fila também é FIFO;

- c) M/M/C/∞/FIFO: existe “c” postos de atendimento, sem limitação de capacidade para a fila e disciplina FIFO;
- d) M/M/C/K/FIFO: considera “c” postos de atendimento, limitação “K” do sistema e disciplina FIFO.

2.1.8. Distribuição de probabilidades

Na grande maioria dos sistemas de filas os processos de chegada e atendimento ocorrem de forma aleatória, frente a isso faz-se necessário a utilização de distribuição de probabilidades para prever o comportamento do sistema. Dentre as distribuições pode se citar a (Arenales et al., 2007):

- Distribuição de Poisson: leva o nome do físico e matemático Siméon Poisson e é utilizada para descrever o número de acontecimentos que ocorrem em um certo período de tempo ou espaço (MCclave; Benson; Sincich, 2009). A distribuição de Poisson é uma distribuição discreta de uma variável aleatória x (Hillier; Lieberman, 2013; Larson; Farber, 2015). A Equação 1 representa a probabilidade de existirem x ocorrências.

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

Onde:

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

λ = taxa média de chegadas por unidade de tempo;

e = exponencial (2,7183).

- Distribuição exponencial: possui uma importante propriedade markoviana, conhecida como “ausência de memória”, onde o comportamento futuro de uma variável não depende de seu passado (Fogliatti; Mattos, 2007). O processo de chegada dos usuários acontece normalmente de forma aleatória, ou seja, a chegada de um usuário no sistema não é influenciada pelo tempo do último atendimento ou chegada. Nesta distribuição os intervalos de tempo x são aleatórios (Arenales et al., 2007). A Equação 2 mostra a distribuição exponencial.

$$f_x(x) = \lambda e^{-\lambda x}, x > 0 \quad (2)$$

Sendo:

λ = taxa média de chegadas por unidade de tempo;

e = exponencial (2,7183).

2.1.9. Medidas de desempenho

É possível avaliar a eficiência de um sistema de filas por meio da análise de algumas de suas características (Taha, 2007). As variáveis fundamentais para mensurar o desempenho de um sistema de filas são:

Variáveis referentes à fila:

- NF: número médio de clientes na fila;

- TF: tempo médio de permanência na fila.

Variáveis referentes ao processo de chegada:

- IC: intervalo médio entre chegadas;

- λ : ritmo médio de chegada.

Variáveis referentes ao sistema:

- NS: número médio de clientes no sistema.

- TS: tempo médio de permanência no sistema.

Variáveis referentes ao processo de atendimento:

- NA: número médio de clientes em atendimento;
- TA: tempo médio de atendimento;
- ρ : taxa de utilização;
- μ : taxa média de atendimento;
- c: número de atendentes do sistema;

No Quadro 1, tem-se as equações dos indicadores de filas referentes ao processo de chegada, atendimento e do sistema.

Quadro 2 – Equações dos indicadores de filas.
Fonte: Adaptado de Prado (2009) e Andrade (2015).

Nome	Equações
Taxa de utilização dos atendentes (um atendente)	$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$
Taxa de utilização dos atendentes (mais de um atendente)	$\rho = \frac{\lambda}{c \mu}$
Intensidade de tráfego	$i = \frac{ \lambda }{ \mu } = \frac{ TA }{ IC }$
Intervalo entre chegadas	$IC = \frac{1}{\lambda}$
Tempo do atendimento	$TA = \frac{1}{\mu}$
Relações entre fila, sistema e atendimento	$NS = NF + NA$ $NF = \frac{\rho^2}{1 - \rho}$ $TF = \frac{\lambda}{\mu (\mu - \lambda)}$ $NS = NF + \frac{\lambda}{\mu} = NF + \frac{TA}{IC}$ $TS = TF + TA$ $NA = \rho = \frac{\lambda}{c \mu}$
Fórmula de Little	$NF = \lambda \cdot TF$ $NS = \lambda \cdot TS$

3. METODOLOGIA

Para avaliar o desempenho hospitalar de uma unidade de terapia intensiva (UTI) do SUS por meio da aplicação de teoria das filas, foi realizado um estudo de caso em um hospital situado na cidade

de Caxias do Sul no estado do Rio Grande do Sul. No desenvolvimento deste estudo foram realizadas as três etapas que estão dispostas na Figura 3.

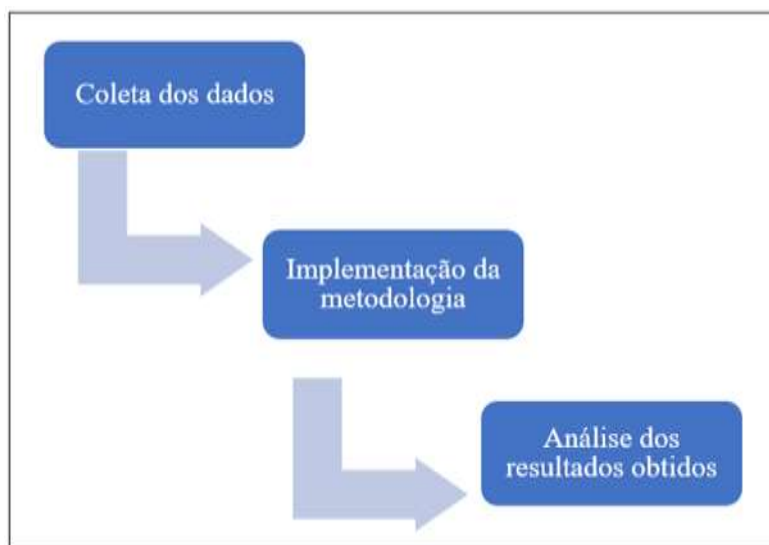


Figura 3 – Etapas do estudo.
Fonte: Os autores (2021).

A coleta de dados foi realizada no site oficial da Secretaria de Saúde do estado do Rio Grande do Sul. Os dados analisados referem-se ao número de internações por COVID-19 em leitos de UTI adulto do SUS em um hospital da cidade de Caxias do Sul no período de 01/04/2021 à 28/05/2021.

Vale ressaltar que os dados obtidos neste estudo não consideram dados de espera para internações em leitos de UTI, o modelo estima os valores esperados de alguns componentes do modelo M/M/c, considerando o número de leitos disponíveis, número de internações e o prazo médio de internação de 11,6 dias obtido no site da CNN (Couto; Puente, 2021). Utilizou-se a ferramenta Excel do pacote *Microsoft Office* para desenvolvimento e análise dos resultados obtidos.

4. RESULTADOS OBTIDOS

O sistema do hospital analisado tem disponível 48 leitos de UTI adulto para o SUS no período analisado do dia 01/04/2021 à 28/05/2021. A Figura 4 apresenta o número de leitos de UTI ocupados versus o número de leitos disponíveis por dia.

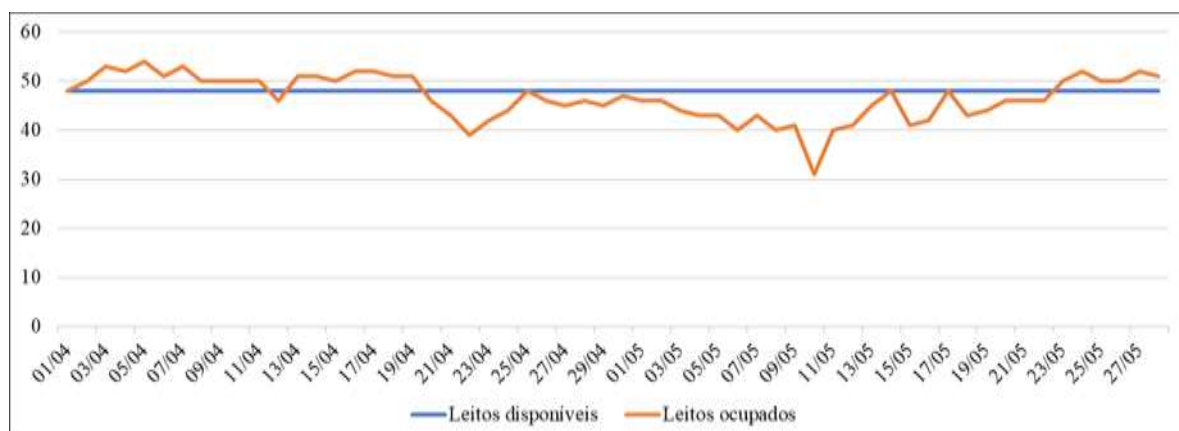


Figura 4 – Leitos de UTI COVID adulto ocupados versus leitos disponíveis.
Fonte: Os autores (2021).

Nota-se por meio da Figura 4 que em alguns dias do período analisado o número de leitos ocupados ultrapassou o número de leitos disponíveis. Na Tabela 1 tem-se as informações referentes ao tempo médio de atendimento e a taxa média de pacientes internados (λ).

Tabela 1 – Tempo médio de atendimento e taxa média de pacientes internados.
Fonte: Os autores (2021).

Variável	Valor
Tempo médio de internação	11,6 dias
Taxa média de pacientes internados	46,69 pacientes/dia

No intervalo de 58 dias (de 01/04 à 28/05) foram registradas 2708 internações, gerando uma taxa média de pacientes internados (λ) de 46,69 com tempo médio de internação de 11,6 dias. Por meio da aplicação das equações das medidas de desempenho da teoria das filas, presentes no Quadro 1, pode-se chegar aos resultados mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Medidas de desempenho do sistema.
Fonte: Os autores (2021).

Parâmetro	Atual	Unidade
Taxa média de chegada (λ)	46,69	internados/dia
Número médio de clientes que aguardam na fila (NF)	34,7	Pacientes
Tempo médio de permanência na fila (TF)	0,74	Dias
Intervalo médio entre chegadas (IC)	0,02	dias/paciente
Tempo médio de atendimento (TA)	11,60	Dias
Número médio de clientes que estão sendo atendidos (NA)	0,97	Pacientes
Taxa de utilização (ρ)	97,27	% (por cento)
Tempo médio de permanência no sistema (TS)	12,34	Dias
Número médio de clientes no sistema (NS)	35,63	Pacientes

A taxa de ocupação do sistema é de 97,27%, o que explica a fila observada em alguns momentos durante o período da análise. Os dados apresentados na Tabela 2 mostram que o sistema está próximo de saturar, uma vez que a taxa de ocupação está muito próxima a 100%. Outro indicador a ser observado é o número de pacientes que aguardam na fila, que para o período analisado foi de 34,7 pacientes. Frente a este cenário e a criticidade da atual situação da pandemia de COVID-19, a Tabela 3 apresenta as medidas de desempenho considerando que o hospital disponibilize mais 12 leitos, chegando a uma capacidade de 60 leitos de UTI COVID-19.

Tabela 3 – Medidas de desempenho do sistema considerando 60 leitos disponíveis.
Fonte: Os autores (2021).

Parâmetro	Proposto	Unidade
Taxa média de chegada (λ)	46,69	internados/dia
Número médio de clientes que aguardam na fila (NF)	2,7	Pacientes
Tempo médio de permanência na fila (TF)	0,06	Dias
Intervalo médio entre chegadas (IC)	0,02	dias/paciente
Tempo médio de atendimento (TA)	11,60	Dias
Número médio de clientes que estão sendo atendidos (NA)	0,78	Pacientes
Taxa de utilização (ρ)	77,82	% (por cento)
Tempo médio de permanência no sistema (TS)	11,66	Dias
Número médio de clientes no sistema (NS)	3,51	Pacientes

Considerando um total de 60 leitos disponíveis, a taxa de ocupação seria de 77,82%, apresentando uma redução de aproximadamente 20% em relação ao cenário atual. Isso tornaria o sistema mais ágil, evitaria aglomerações e espera dos pacientes. Por outro lado, acarretaria mais custos para o hospital, uma vez que o mesmo teria que alocar mais recursos tanto financeiros quanto de pessoal.

5. CONCLUSÕES

No presente estudo, pode-se observar que o atual dimensionamento de leitos de UTI COVID adulto do hospital analisado está constantemente saturado e pode não conseguir atender a demanda de pacientes, o que é um problema grave, uma vez que, a não disponibilidade de leitos de UTI para pacientes com COVID-19 pode acarretar inclusive ao óbito do usuário do serviço de saúde.

O surgimento do SARS-CoV-2, sobrecarregou ainda mais os hospitais e aumentou as filas de pacientes em espera por leitos clínicos ou de terapia intensiva. Para aumentar a eficiência e acelerar a prestação de serviços faz-se necessário dimensionar adequadamente o sistema. Com a aplicação de Teoria das filas foi possível simular um cenário considerando alocar mais 12 leitos para o SUS, assim a unidade de saúde teria disponível 60 leitos para atender pacientes em estado grave em decorrência deste novo coronavírus.

Por fim, como aplicações futuras, sugere-se a replicação desta pesquisa em outros municípios que estejam enfrentando problemas de superlotação em leitos de UTI e clínicos em função da pandemia de COVID-19. Outra sugestão de aplicação seria o emprego de teoria das filas aliada a métodos de previsão, como Redes Neuras Artificias e Previsão de Demanda, com intuito de prever possíveis colapsos no sistema.

6. REFERÊNCIAS

ANDERSEN, K. G. *et al.* The proximal origin of SARS-CoV-2. **Nat Med**, v. 26, n. 4, p. 450–452, 2020.

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

ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. **Pesquisa operacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

AZHAR, E. I. *et al.* Evidence for camel-to-human transmission of MERS coronavirus. **N Engl J Med**, v. 370, n. 26, p. 2499-2505, 2014.

BARBOSA, J. P. *et al.* Aplicação da teoria das filas em sistema de atendimento ao cliente: estudo de caso numa loja de varejo do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 48. 2016, Espírito Santo. **Anais [...]**. Espírito Santo: SBPO, 2016. p. 1-12.

BRUNS, R.; SONCIM, S. P.; SINAY, M. C. F. **Pesquisa operacional: uma aplicação da teoria das filas a um sistema de atendimento**. Rio de Janeiro, 2001.

CONTINI, C.; DI NUZZO, M.; BARP, N.; BONAZZA, A.; DE GIORGIO, R.; TOGNON, M.; RUBINO, S. The novel zoonotic COVID-19 pandemic: An expected global health concern. **The Journal of Infection in Developing Countries**, v. 14, n. 3, p. 254-264, 2020.

COUTO, C.; PUENTE, B. **Internações por Covid-19 duram, em média, 22 dias, aponta pesquisa**. 2021. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/saude/2021/03/15/internacoes-por-covid-19-duram-em-media-22-dias-aponta-pesquisa>> Acesso em: 02 jun. 2021.

EMANUEL, E. J. *et al.* Fair allocation of scarce medical resources in the time of Covid-19. **The New England Journal of Medicine**, v. 21, n. 382, p. 2049-2055, 2020.

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

GOV RS, Governo do estado do Rio Grande do Sul. **Monitoramento COVID-19**. 2021. Disponível em: <https://covid.saude.rs.gov.br/>. Acesso em: 02 jun. 2021.

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

LARSON, R.; FARBER, B. **Estatística aplicada**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015.

LIMA, K. J. R. *et al.* Estudo de teoria das filas aplicado a uma empresa prestadora de serviços de postagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36., 2016, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: Abepro, 2016. p. 1-19.

MARINHO, A. **Um estudo sobre as filas para internações e para transplantes no Sistema Único de Saúde brasileiro**. 2004. 47 f. Dissertação – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Rio de Janeiro, 2004.

MATHIAS, R. V. *et al.* Avaliação do Comportamento de filas sobre internações através do método markoviano: Estudo de caso em hospital do sul de Santa Catarina. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: Abepro, 2015. p. 1-18.

MCCLAVE, J. T.; BENSON, P. G.; SINCICH, T. **Estatística para administração e economia**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

MCINTYRE, C.; STEWART III, C.; GRAVES, S. **What queuing theory says about managing polling places amid COVID-19.** 2020.

MEARES, H. D., JONES, M. P. When a system breaks: queueing theory model of intensive care bed needs during the COVID-19 pandemic. **The Medical journal of Australia**, v. 212, n. 10, p. 470–471, 2020.

NAUDÉ, W. Artificial intelligence vs COVID-19: limitations, constraints and pitfalls. **AI & Society**, p. 1-5, 2020.

NAWUSU, Y. A.-W.; DANAA, A. A. A.; ISMAIL, S. Queue management during health pandemics: A queuing theory perspective. **Asian Journal of Research in Computer Science**, v. 6, n. 4, p. 18-26, 2020.

ORLANDI, M. *et al.* The systemic sclerosis patient in the COVID-19 era: the challenging crossroad between immunosuppression, differential diagnosis and long-term psychological distress. **Clinical rheumatology**, v. 39, n.7, p. 2043-2047, 2020.

OSUCHOWSKI, M. F. *et al.* The COVID-19 puzzle: deciphering pathophysiology and phenotypes of a new disease entity. **The Lancet Respiratory Medicine**, [S.L.], v. 9, n. 6, p. 622-642, 2021.

PRADO, D. **Teoria das Filas e da Simulação.** 3^a ed. Belo Horizonte: INDG TecS, 2006.

SEYEDALINAGHI, S. *et al.* Late complications of COVID-19; a systematic review of current evidence. **Archives of Academic Emergency Medicine**, v. 9, n. 1, 2020.

SHANMUGASUNDARAM, S.; UMARANI, P. Queuing theory applied in our day life. **International Journal of Scientific & Engineering Research**, [S.L.], v.6, n. 4, p. 533-541, 2015.

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

TU, Y. *et al.* A Review of SARS-CoV-2 and the ongoing clinical trials. **Int J Mol Sci**, v. 21, n. 7, p. 2657-2675, 2020.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard.** 2021. Disponível em: <<https://covid19.who.int/table>> Acesso em: 11 jun. 2021.