



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

ROOSEVELT ALVES FERNANDES LEADEBAL JÚNIOR

**DIMENSIONAMENTO DA ÁREA DE PERÍCIA DOCUMENTOSCÓPICA DE UMA
SUPERINTENDÊNCIA DA POLÍCIA FEDERAL VIA TEORIA DAS FILAS**

Recife
2019

ROOSEVELT ALVES FERNANDES LEADEBAL JÚNIOR

**DIMENSIONAMENTO DA ÁREA DE PERÍCIA DOCUMENTOSCÓPICA DE UMA
SUPERINTENDÊNCIA DA POLÍCIA FEDERAL VIA TEORIA DAS FILAS**

Dissertação de Mestrado Profissional apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos parciais para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Pesquisa Operacional.

Orientador: Prof. Dr. Márcio José das Chagas Moura.

Recife

2019

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

L434d	Leadebal Júnior, Roosevelt Alves Fernandes. Dimensionamento da área de perícia documentoscópica de uma superintendência da Polícia Federal via teoria das filas / Roosevelt Alves Fernandes Leadebal Júnior. – 2019. 64 folhas, il., gráfs., tabs. Orientador: Prof. Dr. Márcio José das Chagas Moura. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia de Produção, 2019. Inclui Referências. 1. Engenharia de Produção. 2. Polícia Federal. 3. Perícia criminal federal. 4. Ciência forense. 5. Modelo de filas com prioridades. 6. Teoria das filas. I. Moura, Márcio José das Chagas. (Orientador). II. Título. UFPE 658.5 CDD (22. ed.) BCTG/2019-400
-------	---

ROOSEVELT ALVES FERNANDES LEADEBAL JÚNIOR

**DIMENSIONAMENTO DA ÁREA DE PERÍCIA DOCUMENTOSCÓPICA DE UMA
SUPERINTENDÊNCIA DA POLÍCIA FEDERAL VIA TEORIA DAS FILAS**

Dissertação de Mestrado Profissional
apresentada ao Programa de Pós-Graduação
Profissional em Engenharia de Produção,
Centro de Tecnologia e Geociências da
Universidade Federal de Pernambuco como
parte dos requisitos parciais para a obtenção do
título de Mestre em Engenharia de Produção.

Aprovada em: 31/07/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Márcio José das Chagas Moura (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Isis Didier Lins (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Paulo Renato Alves Firmino (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua benção e proteção, trazendo-me sua luz sagrada que muito me ilumina.

À Polícia Federal - PF, em especial, ao Dr. Élzio Vicente da Silva, ex-superintendente Regional da corporação no Distrito Federal, pelo seu apoio nesta seleta capacitação, que contribuirá para inovar os processos de atendimento das perícias ali empreendidas.

Ao professor Márcio das Chagas Moura, meu orientador, que além do apoio e da atenção disponibilizada, contribuiu com suas reflexões, seus conceitos e sua experiência, tornando possível o desenvolvimento da presente pesquisa.

Aos colegas do Setor Técnico e Científico - SETEC das Superintendências Regionais - SRs do Distrito Federal e de Minas Gerais da PF, bem como aqueles da Tecnologia da Informação da Diretoria Técnico-Científica - TI/DITEC da PF, pelo apoio na realização da presente pesquisa, com as sugestões e a captura de dados no Sistema de Informações em Bases Criminais - SISCRIM, permitindo trazer análises elaboradas sobre as filas da perícia documentoscópica da Polícia Federal.

Aos meus pais, Roosevelt e Maria do Socorro, que através das suas cobranças e incentivo e pelo exemplo de suas vidas, contribuíram para minha formação e a realização dos meus sonhos.

À minha esposa, por seu amor, paciência e carinho em todos os momentos, sendo de extrema importância para a busca da inspiração na realização do presente estudo.

Ao meu filho Bernardo, que contribui diariamente com seu carinho e amor, sendo meu fortalecimento, permitindo-me, assim, quebrar todos os obstáculos que a vida apresenta.

Às minhas irmãs, minhas fontes de inspiração e exemplo.

À Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, em especial, aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Aos colegas do Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da UFPE, turma de 2017/2018, que comungam com o mesmo objetivo de sempre melhor servir a sociedade através da dedicação intensa pelo aperfeiçoamento.

A todos que não foram citados nominalmente e que, de algum modo, contribuíram para mais essa conquista em minha vida.

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo desenvolver um modelo de dimensionamento da equipe para atendimento das requisições periciais, a fim de adequar o número de peritos da Polícia Federal envolvidos nos exames periciais que atendem a demanda por perícia documentoscópica, utilizando como base um sistema de filas. É sabido que, nas polícias judiciárias, a perícia criminal assume papel fundamental para o desenvolvimento das investigações policiais, uma vez que a prova pericial se destina a esclarecer o fato criminoso. Neste sentido, uma Superintendência da Polícia Federal tem, na sua estrutura organizacional, o Setor Técnico-Científico, que realiza os exames requisitados pela autoridade policial, judiciária e/ou membro do Ministério Público Federal. Por inexistir uma forma padrão de distribuição dos pedidos de perícia, tem-se grande possibilidade de congestionamento nas filas de atendimento, em cada área da perícia. Assim, empreendeu-se como proposta analisar o sistema de atendimento das perícias documentoscópicas, modelando as chegadas das requisições periciais e o respectivo atendimento pericial, identificando os atendimentos de alta e baixa prioridades. A área de perícia documentoscópica examina a autenticidade de documentos, estudando os métodos de falsificação utilizados para materialização do crime e identificação autoria, sendo a área com maior produção de laudos da perícia da Polícia Federal. A partir desta modelagem aplicaram-se os conceitos de Teoria das Filas, analisando as variáveis aleatórias fundamentais e as principais medidas de desempenho do sistema via modelo de nascimento-e-morte para encontrar a estabilidade no sistema. Este modelo permite estudar a fila única com atendimento por diversos servidores, onde as chegadas seguem a distribuição Poisson e o atendimento a distribuição exponencial negativa, possibilitando efetuar o dimensionamento da equipe no sistema pericial com base na fila estudada. Além disso, foi realizada uma análise de sensibilidade em diversos cenários de chegadas e de atendimentos com duas classes de prioridade (baixa e alta). Conclui-se que o referido estudo inovará a gestão do sistema de atendimento pericial, porque identifica os congestionamentos das requisições na área de documentoscopia, contribuindo para uma melhor tomada de decisão dos chefes dos Setores Técnico-Científicos, com a devida base científica, durante o acompanhamento do serviço, reduzindo o tempo das investigações policiais.

Palavras-chave: Polícia Federal. Perícia criminal federal. Ciência forense. Modelo de filas com prioridades. Teoria das filas.

ABSTRACT

The objective of the present study was to develop a team sizing model to meet expert requests, in order to adjust the number of Federal Police experts involved in the expert examinations that meet the demand for documentscopy expertise, based on a queuing system. It is well known that, in judicial police, criminal expertise plays a fundamental role in the development of police investigations, since the expert evidence is intended to clarify the criminal fact. In this sense, a Federal Police Superintendency has, in its organizational structure, the Technical-Scientific Sector, which carries out the examinations requested by the police, judicial authority and / or member of the Federal Public Ministry. Because there is no standard form of distribution of expertise requests, there is a great possibility of congestion in the service queues in each area of expertise. Thus, it was undertaken as a proposal to analyze the system of attendance of documentary forensics, modeling the arrival of the expert requests and the respective expert attendance, identifying the attendances of high and low priorities. The area of documentary expertise examines the authenticity of documents, studying the methods of falsification used for the materialization of crime and identification authorship, being the area with the highest production of reports by the Federal Police. From this modeling, the concepts of Queue Theory were applied, analyzing the fundamental random variables and the main performance measures of the system using birth-and-death model to find stability in the system. This model allows to study the single queue with attendance by several servers, where the arrivals follow the Poisson distribution and the attendance to the negative exponential distribution, making possible the dimensioning of the team in the expert system based on the studied row. In addition, a sensitivity analysis was performed in several arrival and attendance scenarios with two priority classes (low and high). It is concluded that this study will innovate the management of the expert service system, because it identifies the bottlenecks of requisitions in the document area, contributing to a better decision-making by the heads of the Technical-Scientific Sectors, with the appropriate scientific basis, during the service, reducing the time of police investigations.

Keywords: Federal Police. Federal criminal skills. Forensic science. Model of queues with priorities. Theory of the queues.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 –	Número de laudos emitidos, de todas as áreas do Brasil, nos últimos três anos, mensalmente	13
Gráfico 2 –	Número de laudos emitidos, da área documentoscópica, no Brasil, nos últimos três anos, mensalmente	14
Gráfico 3 –	Número de pendências periciais, de todas as áreas, do Brasil	17
Gráfico 4 –	Número de pendências de perícias em documentoscopia no Brasil	18
Gráfico 5 –	Número de pendências de perícias, de todas as áreas, no Distrito Federal	19
Figura 1 –	Fluxo de atendimento das requisições periciais no setor técnico-científico da superintendência regional da Polícia Federal no Distrito Federal	23
Gráfico 6 –	Número de pendências de perícias em documentoscopia no Setor Técnico-Científico da Superintendência Regional da Polícia Federal no Distrito Federal	25
Figura 2 –	Processo de filas básico	30
Figura 3 –	Sistema de filas elementar, onde cada cliente é indicado por um C e cada atendente por um S	31
Figura 4 –	Diagramas de taxas para o modelo M/M/c	32
Gráfico 7 –	Comparação entre a função de distribuição observada e teórica para as chegada	43
Gráfico 8 –	Distribuição do tempo de chegada	43
Gráfico 9 –	Comparação entre a função de distribuição observada e teórica para os atendimentos	44
Gráfico 10 –	Distribuição do tempo de atendimento	45
Figura 5 –	Fluxo de atendimento estudado com os resultados dos índices de desempenho, na sua posição do sistema	47
Figura 6 –	Postulados básicos	50
Gráfico 11 –	Distribuição de probabilidade em função do número de clientes na fila M/M/c, para $c = 4$	54

Gráfico 12 –	Correlação entre a taxa de chegada (λ), variável independente, e o número de servidores para o atendimento, variável dependente	57
--------------	---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Relação entre variáveis aleatórias (dias úteis)	36
Tabela 2 –	Valores observados e esperados para as chegadas	42
Tabela 3 –	Valores observados e esperados para os atendimentos	44
Tabela 4 –	Modelo M/M/c - 6 servidores	49
Tabela 5 –	Comparação nos tempos calculados em cada etapa das modelagens - com 6 servidores	49
Tabela 6 –	Modelo M/M/c - 2 classes de prioridade (alta ou baixa)	51
Tabela 7 –	Comparação nos tempos de cada etapa do sistema de atendimento de prioridade alta e o sistema geral de atendimento	51
Tabela 8 –	Análise de Sensibilidade (AS) no Sistema Geral de atendimento	52
Tabela 9 –	Análise de Sensibilidade (AS) no Sistema com Duas Classes de Prioridade	53
Tabela 10 –	Modelo M/M/c - com alterações no número de servidores	53
Tabela 11 –	Modelo M/M/c - com alterações na taxa de chegada e número de servidores	56
Tabela 12 –	Modelo M/M/c - 2 classes de prioridade (alta - 20% e baixa - 80%) $\lambda = 1,10$	57
Tabela 13 –	Modelo M/M/c - 2 classes de prioridade (alta - 10% e baixa - 90%) $\lambda = 3,0$	58
Tabela 14 –	Modelo M/M/c - 2 Classes de Prioridade (alta - 20% e baixa - 80%) $\lambda = 5,0$	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Art.	Artigo
CPP	Código de Processo Penal
DES	<i>Discrete Event Simulation</i>
Dr.	Doutor
EUA	Estados Unidos da América
EW	<i>Extended Warranty</i>
FCFS	<i>First Come, First Served</i>
FIFO	<i>First In, First Out</i>
INC	Instituto Nacional de Criminalística
IPL	Inquérito Policial
LCFS	<i>Last Come, Firsts Served</i>
MP	Ministério Público
OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
PAX	<i>Passengers</i>
PCF	Perito Criminal Federal
PF	Polícia Federal
SED	Simulação de Eventos Discretos
SETEC	Setor Técnico-Científico
SISCRIM	Sistema de Informações em Bases Criminais
SR	Superintendência Regional
SSCP	<i>Security Screening Checkpoint</i>
UF	Unidade da Federação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	15
1.2	OBJETIVOS	20
1.2.1	Objetivo geral	20
1.2.2	Objetivos específicos	20
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	20
2	CONTEXTO E DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	22
2.1	CONTEXTO DO PROBLEMA	22
2.2	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	23
2.3	PRIORIDADES	26
2.4	INDEPENDÊNCIA DAS REQUISIÇÕES PERICIAIS	27
3	REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA	29
3.1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	29
3.2	REVISÃO DA LITERATURA	36
4	ANÁLISE DE RESULTADOS	40
4.1	DESCRIÇÃO DO MODELO DE FILAS	40
4.2	COLETA DE DADOS	40
4.3	CARACTERIZAÇÃO DA FILA	41
4.4	METODOLOGIA	41
4.4.1	Modelagem da chegada	42
4.4.2	Modelagem do atendimento	43
4.5	APLICAÇÃO DO MODELO DE FILAS	45
4.5.1	Medidas de desempenho do sistema atual	45
4.5.2	Modelo M/M/c - atendimento geral com seis servidores	48
4.5.3	Modelo M/M/c - atendimento prioritário	50
4.6	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO MODELO M/M/C	52
4.6.1	Sistema geral.....	53
4.6.2	Sistema com duas classes de prioridade.....	57
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	60
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	62
	REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

A Polícia Federal - PF se faz presente em todas as unidades da federação através de uma Superintendência Regional - SR. Dentro de sua estrutura organizacional, a área da perícia é conhecida como Setor Técnico-Científico - SETEC, subordinada direta e administrativamente ao Superintendente. No entanto, o processo de atendimento das requisições periciais segue um fluxo diverso do administrativo. Com menor burocracia, as requisições periciais são elaboradas pela autoridade policial de uma delegacia, dentro da estrutura administrativa de uma SR, diretamente para o SETEC.

Cabe esclarecer que as requisições periciais se dão em virtude do disposto no art. 158 do Código de Processo Penal - CPP, o qual destaca que, quando a infração deixar vestígios, será indispensável o exame de corpo de delito, direto ou indireto, não podendo suprir a confissão do acusado (Brasil, 1941). Ademais, é importante salientar que a atuação do perito também foi definida no mesmo Código, quando no seu art. 159, e estabelece que o exame de corpo de delito e outras perícias sejam realizados por perito oficial, portador de diploma de curso superior (Brasil, 1941).

Conjugado aos dispositivos legais supramencionados, a Constituição Federal - CF de 1988, no § 1º de seu art. 144, estabelece as atribuições da PF. Portanto, as requisições periciais que chegam ao SETEC possuem os elementos outrora destacados, para que a perícia da corporação possa examinar (Brasil, 1988).

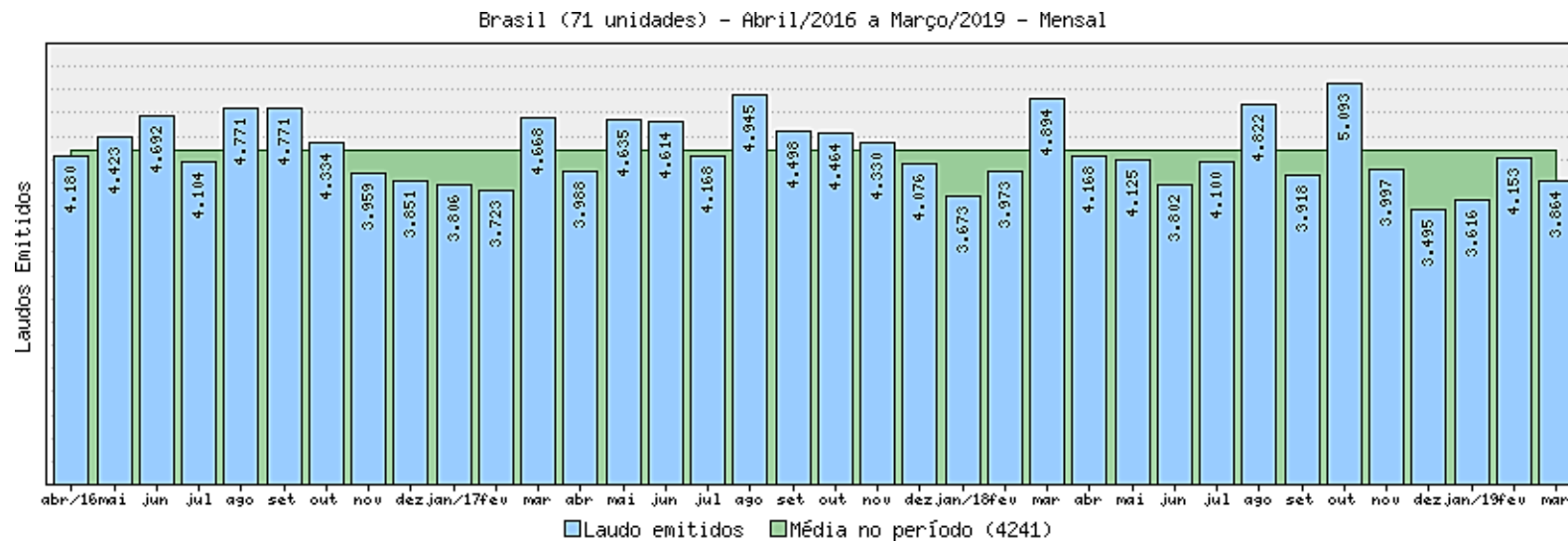
Diante da amplitude de tipos penais, a perícia da PF atua em diversas áreas da ciência, conforme a necessidade de exame do corpo de delito (prova/vestígio) apreendido. Portanto, para facilitar o atendimento, a perícia da PF é dividida em áreas de atuação, conforme o exame pericial necessário. Por exemplo, livros contábeis e extratos bancários são examinados pela área financeira; obras públicas são examinadas pela área de engenharia; mídias eletrônicas são analisadas pela área de informática; documentos e assinaturas são avaliados pela área de documentoscopia, etc.

Neste sentido, foi escolhida uma área da perícia porque existe uma heterogeneidade tanto nas chegadas de cada pedido de perícia por área, como os exames periciais de cada área influencia o seu respectivo tempo de atendimento. Ademais, os grupos de peritos que atendem cada área são diversos entre si, ou seja, tem-se um grupo de peritos que atende a perícia contábil, enquanto outro é responsável pelas perícias laboratoriais e outro que atende as perícias documentoscópicas, etc.

Diante do exposto, a presente pesquisa selecionou a perícia documentoscópica do SETEC de uma SR da PF. Especificamente, a área de documentoscopia - objeto de investigação do presente estudo - examina a autenticidade de documentos e assinaturas, os métodos e ferramentas de falsificação, bem como trabalha na identificação da autoria de assinaturas apostas em documentos oficiais falsificados. No caso do grupo de documentoscopia, de perícias gerais e de locais, os participantes atuam neste grupo e em outro vinculado a sua formação profissional.

A perícia documentoscópica foi aqui escolhida por representar a perícia com três qualidades básicas, quais sejam: 1) estar presente em todas as unidades da perícia da PF; 2) deter participação permanente e contínua nas pendências; e, 3) possuir a maior quantidade de peritos capacitados em realizar seus exames em todas as unidades. Ademais, esta área possui outra característica importante para o estudo: requisições periciais urgentes. Que são classificadas como prioridade alta, devendo ser atendida rapidamente em virtude de alguma característica processual, como: réu preso, flagrante, entre outros.

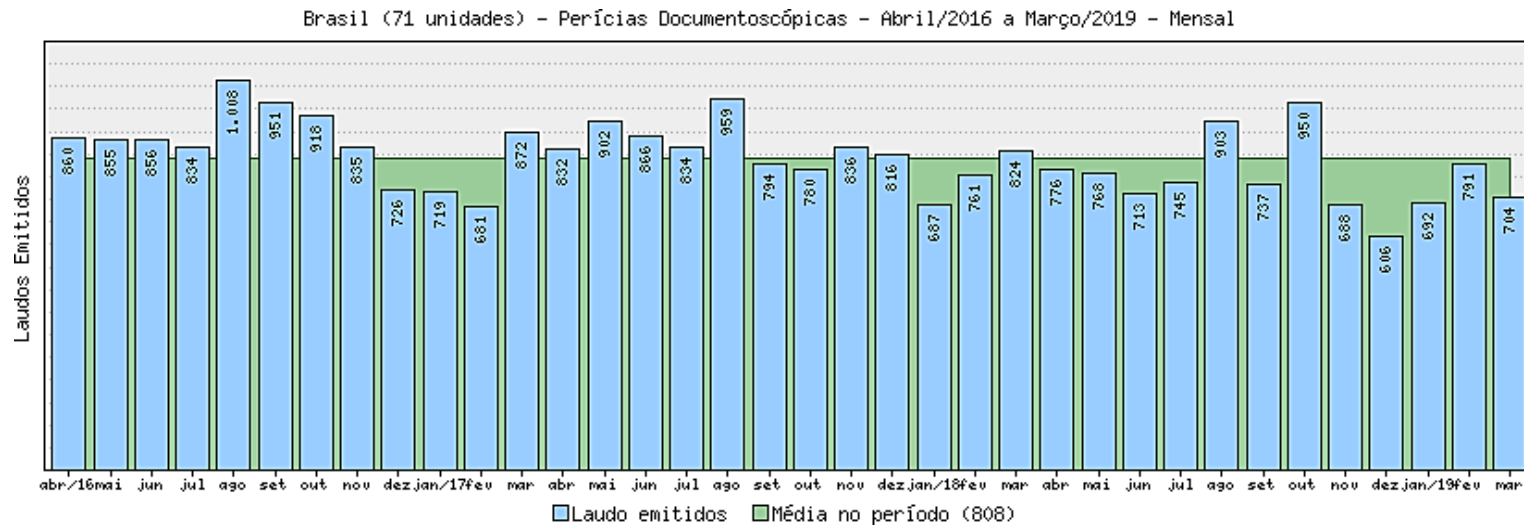
Gráfico 1 – Número de laudos emitidos, de todas as áreas do Brasil, nos últimos três anos, mensalmente



Fonte: SISCRIM/DITEC/PF (2019).

Cabe salientar que a quantidade de laudos de documentoscopia, no Brasil, no âmbito da Polícia Federal, nos últimos três anos apresentaram uma produção média mensal de 808 laudos, equivalente a aproximadamente 20% da média de produção mensal nacional de 4.241 laudos, de todas as áreas, conforme evidenciado nos Gráficos 1 e 2.

Gráfico 2 –Número de laudos emitidos, da área documentoscópica, no Brasil, nos últimos três anos, mensalmente



Fonte: SISCRIM/DITEC/PF (2019).

1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

No ambiente de investigação criminal, é imprescindível que as organizações policiais gerenciem exemplarmente as informações. Dentro do processo de investigação, a perícia é demandada com frequência para examinar o corpo de delito. O resultado deste exame é a elaboração de um documento técnico denominado laudo (em grande parte das ocorrências) ou informação técnica (quando da necessidade de mais informações ou materiais para a realização adequada de um exame).

O exame pericial deve ser realizado e elaborado seu respectivo laudo pericial, conforme o caso, no prazo máximo de 10 dias, podendo este ser prorrogado, em casos excepcionais, a requerimento dos peritos, conforme estabelecido no art. 160 do CPP. Neste sentido, o atendimento finalizado com a elaboração do laudo pericial foi o objeto deste estudo, pois dispõe de um atendimento próprio, cabendo ao perito seguir um protocolo estabelecido, conforme o material (corpo de delito) a ser examinado.

É sabido que durante a investigação criminal tem-se a ocorrência de vários problemas e, particularmente, a demora na apresentação do resultado do exame da prova pericial prejudica o andamento de todo o processo penal. A representação e as várias diligências na investigação, bem como a quebra do sigilo de dados bancários ou um pedido de prisão por parte da autoridade policial, podem ser prejudicadas pelo atraso em questão.

Assim, a construção de um modelo matemático, com base na Teoria das Filas, que permita um melhor gerenciamento das pendências e seus gargalos, poderá contribuir para reduzir o tempo do sistema pericial e, conseqüentemente, o tempo da investigação. Neste contexto, o gerenciamento da fila de atendimento das requisições periciais é ponto crucial para a melhoria da qualidade do serviço. Portanto, planejar e controlar o sistema de filas de pendências dará ao gestor maior chance de implementar melhorias do processo e, conseqüentemente, reduzirá o tempo de espera dos clientes, quais sejam: autoridade policial, membro do Ministério Público - MP ou autoridade judiciária. De fato, a partir da aplicação da Teoria das Filas é possível medir as chegadas das requisições, calcular o intervalo de tempo entre as chegadas e quantificar o tempo gasto para o atendimento de uma perícia documentoscópica e seu ritmo de atendimento.

O presente estudo oferta a vantagem da obtenção de melhorias no processo de atendimento da perícia da PF, pois permitirá identificar a complexidade do sistema, eliminar os gargalos e modelar uma nova forma de atendimento, adequada ao propósito de reduzir o tempo de esperadas requisições periciais. Para subsidiar a pesquisa aqui evidente, a PF disponibilizou

os dados do Sistema de Informações em Bases Criminais - SISCRIM, que gerencia as informações da perícia. No entanto, tem-se aqui a necessidade de se manter em sigilo a identificação dos inqueritos, laudos, investigados e servidores.

O SISCRIM é um sistema de apoio à decisão para os Chefes das unidades de perícia, pois registra todas as requisições periciais, identificando seu tipo, o requisitante, seu andamento, bem como seu prazo de atendimento. Os dados da amostra utilizada nesta pesquisa foram coletados nesse sistema.

Atualmente, as pendências de exames periciais na PF chegam a 12.000 requisições, conforme o SISCRIM, que representam o congestionamento no atendimento e são evidenciadas pelo não atendimento do prazo geralmente estabelecido. O Gráfico 3 representa o perfil das pendências das requisições periciais nos últimos três anos, separando o tempo das pendências, conforme as cores destacadas. Ali, é possível observar certa regularidade nas pendências, que incluem todas as áreas da perícia.

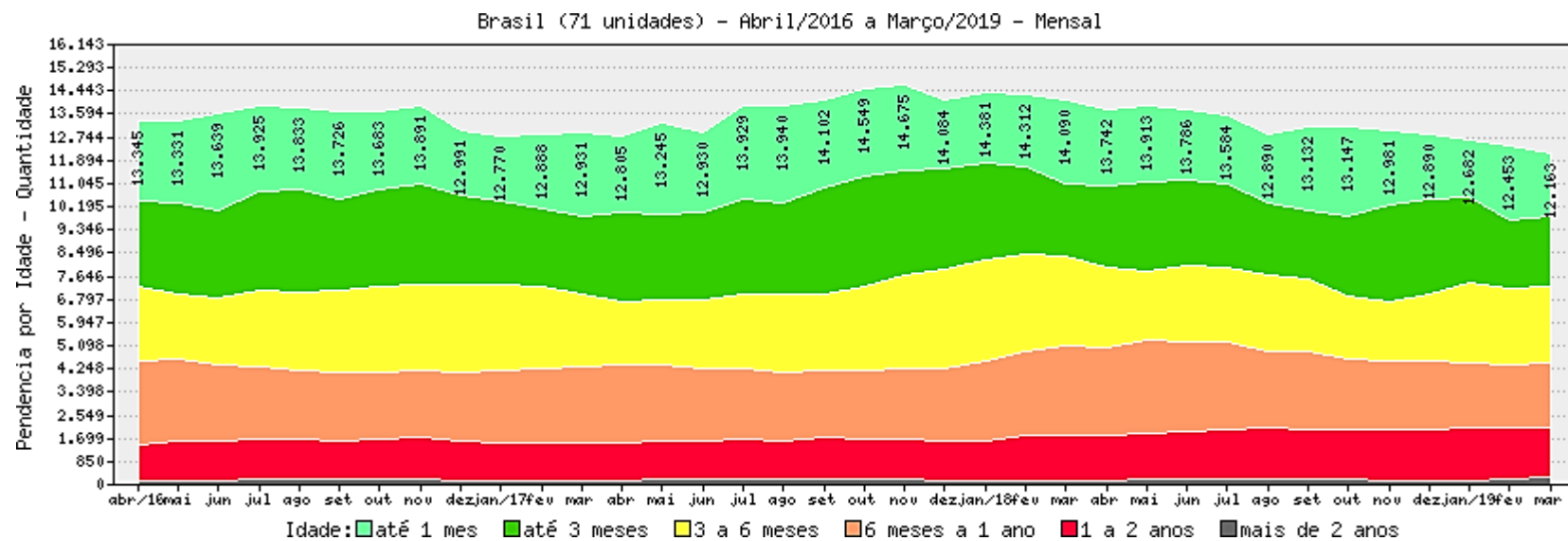
Já o Gráfico 4 representa todas as pendências de documentoscopia, onde é possível perceber uma redução nas pendências nos últimos três anos, em virtude de maior concentração nas apreensões de material de informática, em detrimento de documentos físicos, no consolidado das 71 unidades técnico-científicas no Brasil. Por conseguinte, no Gráfico 5, tem-se uma representação das pendências de todas as áreas, nos últimos três anos, no SETEC da SR/PF do Distrito Federal.

De fato, de acordo com a revisão de literatura realizada, as ações de pesquisa, aplicação e análise da Teoria das Filas tanto no âmbito da PF quanto no contexto da segurança pública nacional, até o presente momento, não foram realizadas. Atualmente, o empirismo, juntamente com o *feeling*, tem sido os vieses norteadores para distribuir as requisições periciais e formar suas filas de atendimento.

Neste sentido, a aplicação da Teoria das Filas em um sistema de atendimento na PF, com base na modelagem do tempo de chegada, de atendimento e a quantificação de variáveis, proporcionando a identificação de gargalos e a redução nos congestionamentos de atendimento, trazendo para a perícia da corporação um novo método redutor de pendências, será inovador na gestão pericial.

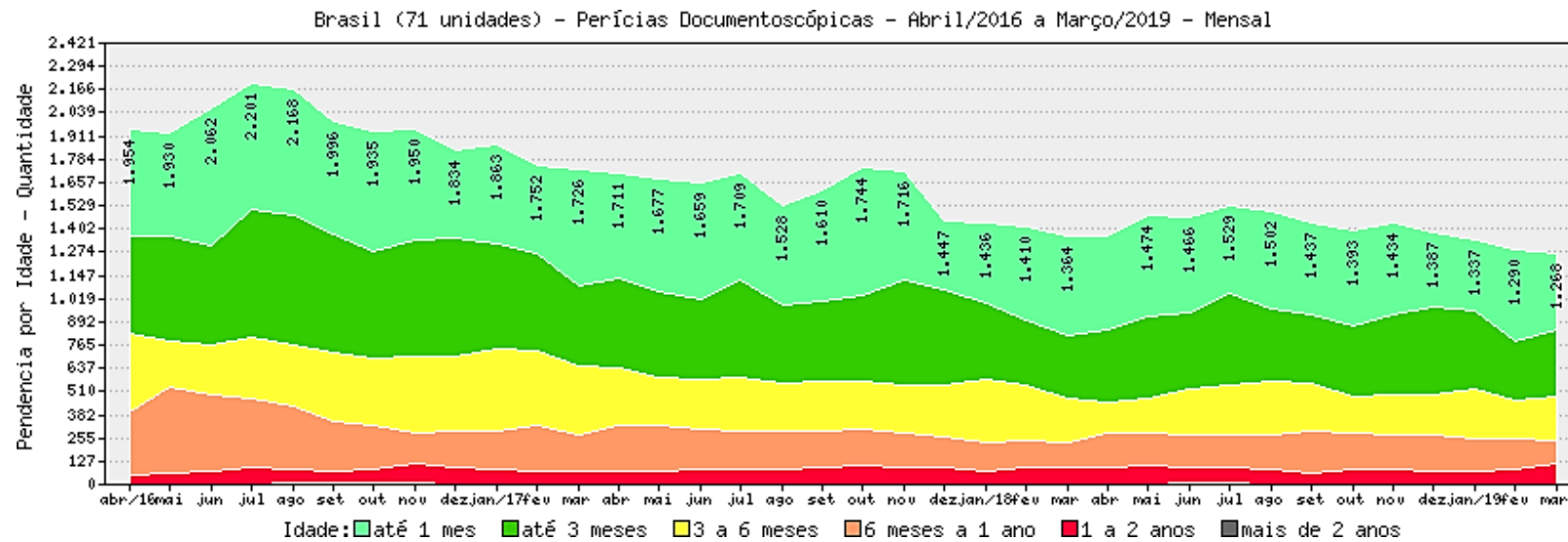
Outra utilização inovadora ocorrerá nos processos de lançamento do SISCRIM em cada etapa do sistema de atendimento, evitando inconsistências, haja vista a necessidade de se entender o significado de cada registro, etapas e processos utilizados com a aplicação da Teoria das Filas. Assim, o presente estudo pode ser considerado como uma inovação na temática proposta, pois está sendo o primeiro a tratar da questão na perícia da PF, bem como no sistema de criminalística nacional.

Gráfico 3 –Número de pendências periciais, de todas as áreas, do Brasil



Fonte: SISCRIM/DITEC/PF (2019).

Gráfico 4 – Número de pendências de perícias em documentoscopia no Brasil

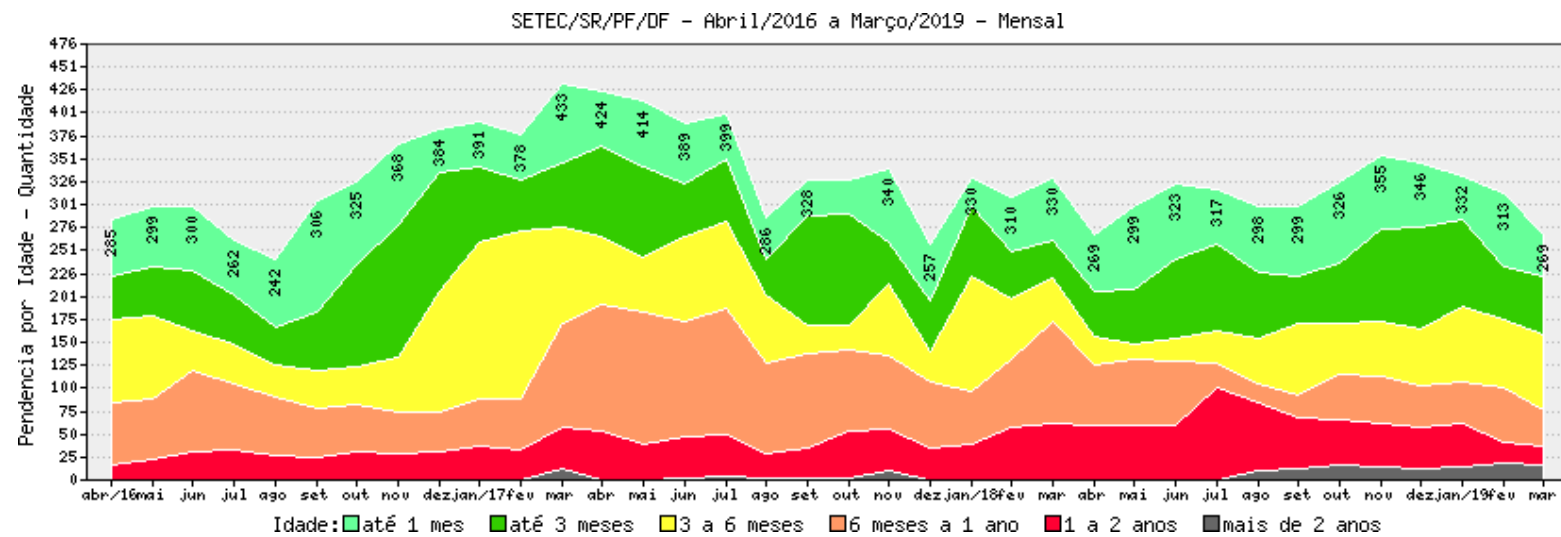


Fonte: Elaboração SISCRIM/DITEC/PF (2019).

A partir da análise das características das filas em questão, tais como: processo de chegada, distribuição do tempo de serviço, disciplina da fila, números de servidores, número de clientes e capacidade de atendimento do sistema, será possível identificar as peculiaridades da fila das pendências na PF, sendo permitido aperfeiçoar as etapas do processo de redistribuição e o atendimento das pendências de requisições periciais, resultando no aumento da produtividade e, principalmente, na redução do tempo de espera no sistema e na fila. Assim, optou-se aqui pelo estudo da área de documentoscopia do SETEC da SR/PF no Distrito Federal, por ser uma unidade de porte médio, e o signatário ter trabalhado e chefiado o setor por 10 anos, cabendo salientar que essa unidade apresenta 64 pendências na área - quantitativo acima da média nacional (45,28 pendências) entre as 27 unidades da federação, mais o Instituto Nacional de Criminalística - no dia 24 de abril de 2019. Neste sentido, a SR da PF no DF

possuía, na data descrita, a sétima maior pendência nacional em documentoscopia - o que denota a importância do presente estudo para a gestão da criminalística da PF.

Gráfico 5 – Número de pendências de perícias, de todas as áreas, no Distrito Federal



Fonte: SISCRIM/DITEC/PF (2019).

1.2 OBJETIVOS

Segue o objetivo geral e os objetivos específicos.

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver um modelo para o atendimento das requisições periciais da PF, a partir da Teoria das Filas, analisando as filas de pendências da área de documentoscopiado SETEC da SR/PF no Distrito Federal e dimensionando da equipe necessária.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Mapear as atividades cotidianas do SETEC/SR/PF no Distrito Federal, relacionadas ao exame de documentoscopia;
- b) Realizar um levantamento dos dados das ocorrências dos exames de documentoscopia no período de seis meses;
- c) Estimar os tempos entre as chegadas e o tempo de atendimento, aplicando os conceitos da Teoria das Filas;
- d) Analisar as filas duas classes de atendimento prioritário, baixa e alta.
- e) Elaborar uma análise de sensibilidade com os parâmetros da fila estudada; e
- f) Analisar criticamente os resultados obtidos.

Outros objetivos são necessários para reduzir o congestionamento, tais como: redução da ociosidade, dos expedientes pendentes, do prazo de atendimento e, conseqüentemente, o aumento da produtividade - objetivos relacionados à compreensão do processo de seleção, priorização e atendimento dos clientes. A identificação dos objetivos tem como finalidade a escolha de um método para o acompanhamento do sistema pericial de atendimento das requisições periciais, visando à entrega do laudo pericial dentro do prazo legal de 10 dias úteis, em grande parte dos casos.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A Dissertação foi estruturada em cinco capítulos, iniciando com a introdução e sendo seguida com os capítulos a seguir:

- a) Capítulo 2: contextualiza-se o problema das filas de pendências nas perícias documentoscópicas em uma unidade pericial na PF;
- b) Capítulo 3: apresenta-se o referencial teórico sobre a Teoria das Filas e uma revisão bibliográfica com suas aplicações em trabalhos que analisaram as filas na prestação de serviços públicos;
- c) Capítulo 4: demonstra-se a metodologia utilizada na pesquisa, versando a respeito da coleta de dados, das informações, das variáveis a serem aplicadas, apresentando a sistemática do modelo quantitativo utilizado, caracterizando detalhadamente a fila, com base em testes estatísticos e gráficos; e
- d) Capítulo 5: conclui-se o estudo, apresentando o contexto do método aplicado na gestão da fila estudada, bem como as limitações dos resultados obtidos e as propostas para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

2 CONTEXTO E DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Neste capítulo, tem-se a apresentação do problema objeto do presente estudo, partindo de uma abordagem geral para uma abordagem específica. Neste sentido, analisou-se a demanda por perícia documentoscópica de uma Superintendência Regional - SR na Política Federal - PF, a fim de entender o problema a ela vinculado: a fila de atendimento, as pendências e seus prazos de atendimento.

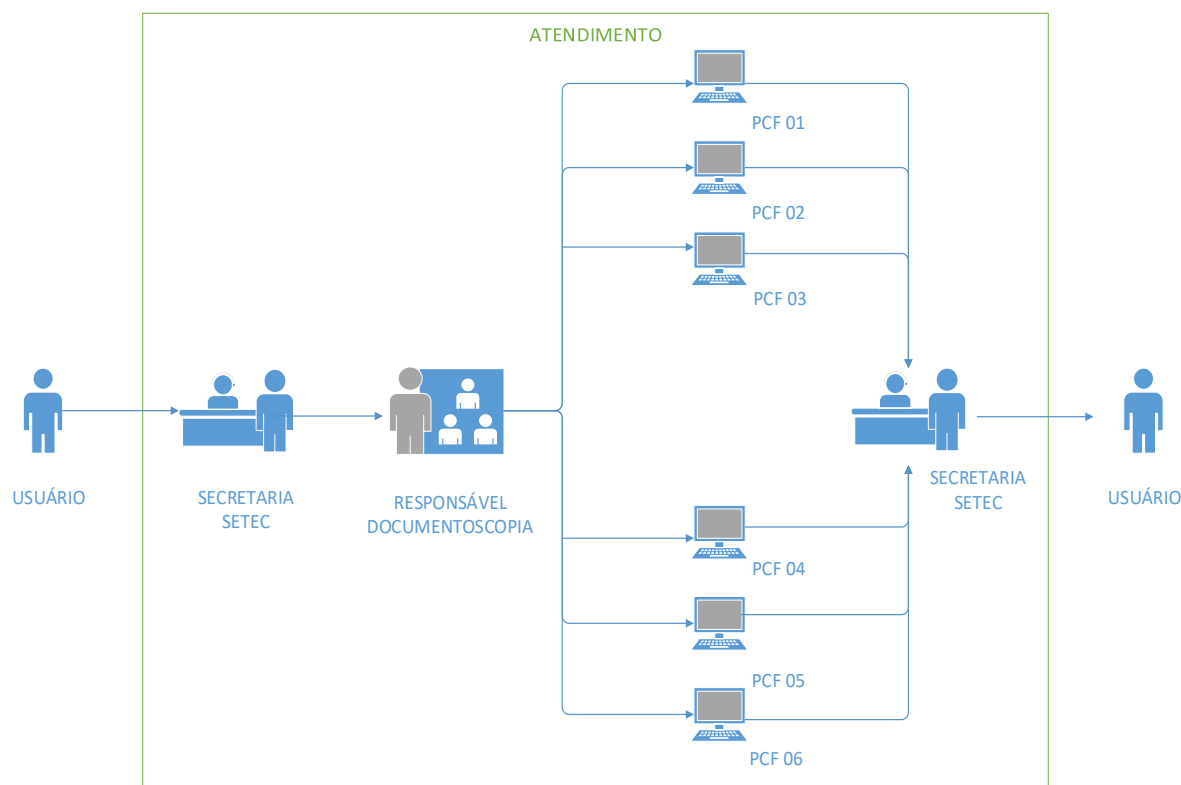
2.1 CONTEXTO DO PROBLEMA

Quando há necessidade de um exame pericial em um corpo de delito apreendido, os usuários do sistema encaminham tal material para a área da perícia na PF (Setor Técnico-Científico - SETEC), juntamente com um documento (memorando ou ofício) solicitando respostas para esclarecer o vínculo daquela materialidade com o fato investigado. O exame pericial visa identificar o material (descrevendo-o), analisando-o com o intuito de obtenção da autoria, da autenticidade, dos métodos de fabricação/falsificação entre outros. Vale destacar que os usuários deste sistema são: a Autoridade Policial, o membro do Ministério Público - MP ou a Autoridade Judiciária.

Neste íterim, ao ser recebida a requisição de exame pericial do referido setor pela secretaria administrativa, o documento é cadastrado no Sistema de Informações em Bases Criminais - SISCRIM, onde se tem a identificação de sua origem, do requisitante, do Inquérito Policial - IPL ou outro procedimento investigativo, da data de chegada, do seu nível de prioridade, de sua área de exame, de sua complexidade e de seu prazo para atendimento para, posteriormente, ser encaminhado ao gestor responsável pela área da perícia, o qual distribui a requisição, indicando o perito responsável para a realização do exame pericial. O Perito Criminal Federal - PCF indicado para o atendimento analisa o material, identifica se é uma requisição urgente ou não, identifica a viabilidade de realização da perícia, realiza o exame pericial e, posteriormente, elabora o respectivo laudo, devolvendo para a secretaria todo o material encaminhado, juntamente com o respectivo laudo, registrando o término do atendimento.

Por sua vez, a secretaria fica responsável pela entrega do laudo (ou outro documento técnico) e pelos materiais examinados para o respectivo requisitante (usuário), realizando os lançamentos das datas do término do atendimento e da entrega do material, conforme evidenciado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxo de atendimento das requisições periciais no setor técnico-científico da superintendência regional da Polícia Federal no Distrito Federal



Fonte: O autor (2019).

2.2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Analisando o SISCRIIM em um período de seis meses (de janeiro a junho de 2017 - período que o autor deste estudo chefiou o SETEC/DF), o quantitativo de PCFs para atendimento, foi de até seis peritos atendendo simultaneamente as requisições de perícia documentoscópica. No entanto, a distribuição e utilização de seis servidores no atendimento não seguem parâmetros ou critérios científicos. Ademais, observa-se congestionamento e permanência no sistema de atendimento pericial tempo superior ao prazo legal de 10 dias corridos, contados a partir do recebimento para atendimento.

Diante da falta de pragmatismo em questão, faz-se importante o estudo da fila de pendências das requisições periciais em documentoscopia. Em geral, os indicadores de desempenho destacados a seguir podem ser adotados para comparar e avaliar as alternativas de distribuição, sendo desconsiderados os critérios não significativos:

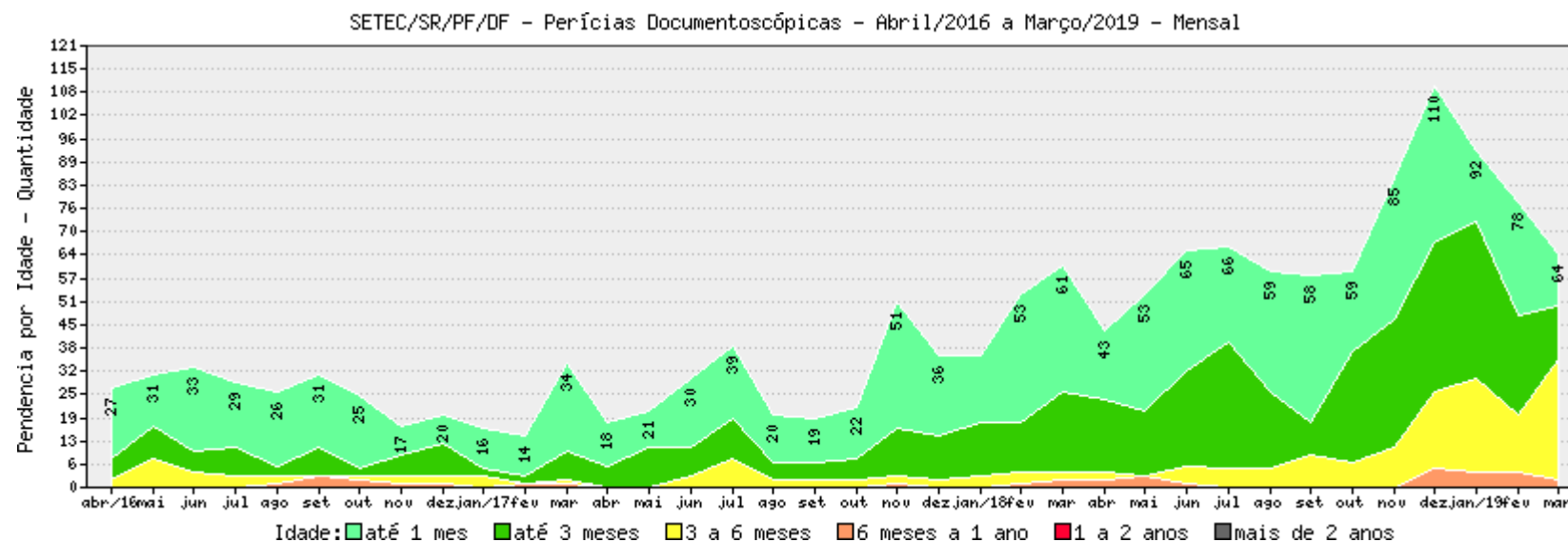
- 1) Tempo médio de atendimento: a quantidade de dias que uma requisição de exame pericial demora, do exame à elaboração do laudo pericial;
- 2) Complexidade do exame: define a área e o tipo de exame, ou seja, o nível de dificuldade do exame pericial; e
- 3) Produtividade: define o grau de produção de laudos em relação à demanda por exames.

Segundo Kendall-Lee (1951), seis características descrevem um sistema de filas: A/B/c/K/m/Z, sendo necessário conhecer anteriormente cada um dos seis componentes para especificar um sistema de filas, conforme se segue: A: Distribuição dos tempos entre as chegadas; B: Distribuição dos tempos de serviço; c: Capacidade de atendimento (quantidade de servidores); K: Capacidade máxima do sistema (número máximo de clientes no sistema) (é omitido quando for infinito); m: Tamanho da população que fornece clientes (é omitido quando for infinito); e Z: Disciplina da fila (é omitido quando for FIFO - *First In, First Out*).

Ainda nesta mesma linha, Andrade (2000) afirma que um sistema de filas apresenta algumas das características, que aplicadas ao sistema de filas das requisições periciais em documentoscopia, pode-se interpretar desta forma: a) o processo de chegada das requisições periciais é variado, com grandes fluxos em curto espaço de tempo, seja pelo envio de várias requisições ao mesmo tempo, seja em virtude de operações ou flagrantes, acarretando acúmulo de expedientes. O Gráfico 6 apresenta as pendências de documentoscopia nos últimos três anos, mês a mês; b) o modelo de serviços prestados: é o tempo que o perito realiza o atendimento; c) o número de servidores trata da quantidade de peritos que podem atender às requisições ao mesmo tempo, que é finita; d) a capacidade do sistema por limitação física e de servidores é classificada como finita; e) o tamanho da população é o número de requisições de perícia que podem chegar no sistema e infinito e f) a disciplina da fila é a FIFO, neste caso será FCFS (*First Come, First Served*), onde o primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido; mas também é utilizado o LCFS (*Last Come, Firsts Served*), onde o último a chegar é o primeiro a ser atendido, por questão de prioridade alta. Neste trabalho será utilizada a expressão FCFS para o atendimento de prioridade baixa e LCFS quando a prioridade for alta.

A partir destas notações, esta pesquisa busca por um modelo de estabilidade no sistema de atendimento pericial e encontra nos estudos de Hillier e Lierberman (2013) o processo de nascimento-e-morte (modelo M/M/c) a base de cálculo para dimensionar a equipe de atendimento, o tempo das filas e ociosidade do servidores, inclusive analisando as filas com as duas classes de prioridade, alta e baixa.

Gráfico 6 – Número de pendências de perícias em documentoscopia no setor técnico-científico da superintendência regional da Polícia Federal no Distrito Federal



Fonte: SISCRIM/DITEC/PF (2019).

2.3 PRIORIDADES

Inicialmente, vale destacar que as requisições de exames periciais são elaboradas pelas autoridades policiais e/ou pelos membros do MP, que estabelecem, a princípio, as prioridades do sistema. A decisão sobre a ordem tem a influência de alguns fatores, quais sejam:

- a) Da urgência (prioridade alta) ou não da requisição;
- b) Da sensibilidade na investigação (alta ou baixa);
- c) Das características do exame (complexidade);
- d) Do perfil do perito (qualificação - ex.: perícia contábil distribuída para perito contador);e,
- e) Da quantidade de tarefas pendentes com o perito.

Tais fatores são pré-requisitos para, além de reduzir o tempo no sistema, lograr atender dentro do prazo legal e apresentar um número de saídas (laudos) maior ou igual ao de entradas (requisições) em um determinado período de tempo. No caso em estudo, a identificação da prioridade é destacada na requisição elaborada pelo usuário em virtude da urgência latente que uma determinada investigação requer (por exemplo, réu preso, flagrante etc.). Neste sentido, a ordem de atendimento das solicitações é alterada. Assim, com aviso de urgência indicado, a distribuição inicial dar-se-á fazendo uso da característica do expediente e registrada no SISCRIM.

Na área de documentoscopia, o procedimento padrão, para atendimento prioritário, é sem preempção, onde somente após a conclusão da perícia iniciada, o expediente urgente (prioritário) será atendido, alterando a ordem de atendimento, ou será imediatamente atendida por servidor sem expediente de documentocopia na sua carga de trabalho, dentro do limite de seis profissionais.

Por este motivo, os artigos estudados possuem a característica da fila com prioridade, cabendo destacar o artigo intitulado *Analysis of extended warranties for medical equipment: a Stackelberg game model using priority queues*, de Moura, Santana, Droguett, Lins e Guedes (2017), que apresenta o sistema de filas com duas classes de prioridades (preempção e não preempção), bem como o artigo intitulado *Optimizing ballistic imaging operations*, de Wang, Beggs-Cassin e Wien (2017), onde as prioridades para o confronto balístico são estabelecidas pela casuística, ou melhor, por parâmetros de ocorrências passadas.

2.4 INDEPENDÊNCIA DAS REQUISIÇÕES PERICIAIS

Importante destacar que a área da perícia não detém o controle sobre as requisições de exames periciais. As investigações propriamente ditas ocorrem em outro ambiente e sob o controle de outrem. Neste sentido, o exame pericial é requisitado quando se torna necessário que o vestígio coletado ou apreendido tenha a necessidade de se tornar prova dentro dos autos do IPL.

Ao analisar tal problemática, as chegadas das requisições são independentes uma das outras, seja por apresentar requisitantes de órgãos distintos, seja por apresentar autoridades policiais distintas em delegacias diferentes ou para atender IPLs distintos ou não. Uma requisição de perícia é independente de outra, mesmo quando o investigado possui diversos vestígios relacionados ao próprio, porque o tratamento pericial (exame) é individualizado e diferenciado para cada vestígio, tanto no processo de chegada quanto no atendimento.

Conforme o exposto, não se discute aqui o vínculo processual entre as provas periciais, que podem estar conectadas ou serem dependentes uma da outra. Por exemplo, a elaboração de uma cédula falsa depende de suporte técnico pra sua falsificação: impressora, papel, tintas, computador etc.; mas suas requisições e seus exames são independentes, podendo ocorrer apenas uma ação para a confirmação da hipótese criminal, ou várias ações, inclusive, em outras áreas da perícia. Observando a amostra, identificou-se que 95,16% destas investigações são diferentes, ou seja, independentes entre si.

A independência entre cada requisição dificulta a gestão do processo de atendimento e aumenta a possibilidade do surgimento de congestionamento na fila de atendimento. Logo, identificar a melhor forma de distribuição do atendimento e estudar a fila de pendência são ações importantes para que o congestionamento seja reduzido. Atualmente, adotam-se duas formas de distribuição, conforme o entendimento da chefia, a saber:

- a) Igualitária: distribuir solicitações de forma igualitária entre os peritos, independentemente do número de pendências acumuladas ou da sua produção; e
- b) Não igualitária: distribuir considerando algumas características dos expedientes, do perfil dos peritos e das pendências.

O foco nas duas alternativas supramencionadas tem como objetivo propor o estabelecimento inicial de cenários e seus impactos no andamento da fila. Outros fatos que se dão nas chegadas das requisições periciais em geral são: as operações policiais, as ocorrências

de locais de crimes e os flagrantes. Estes são inesperados para a perícia de um modo geral independente um do outro. Como exemplo têm-se as operações policiais, onde ocorre a apreensão de elevada quantidade de material que necessita de exame pericial, em curto espaço de tempo, resultando em grande volume de chegada (no SETEC) de requisições, acarretando em congestionamento no sistema, aumentando o comprimento da fila e os tempos de espera. Outro exemplo são os flagrantes, onde se tem, de fato, grande parte dos casos prioritários, necessitando a alteração da ordem de atendimento.

3 REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, tem-se a apresentação da fundamentação teórica que serviu de base conceitual e justificativa para o entendimento dos modelos aqui analisados, bem como os estudos aplicados da Teoria das Filas na área de serviços públicos para o aperfeiçoamento dos processos.

3.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As filas são conhecidas por todos e, segundo Moreira (2010), são ocorrências comuns em nossos dias e que neste campo do conhecimento servem para designar todas as situações de espera de atendimento ou processamento, por pessoas, objetos e qualquer outra coisa.

Segundo Prado (2004, p.18), “o objetivo da modelagem de sistemas é, conhecendo o cenário, as características e as necessidades de todos os envolvidos, obter o melhor dimensionamento e desempenho”, ou seja, torna-se importante, primeiro, modelar um sistema para que se possa entender seu fluxo de processo, mensurar uma demanda, quantificar o número de pessoas necessárias para o atendimento, medir o tempo do processamento de algum produto, para que se possa melhorar um sistema.

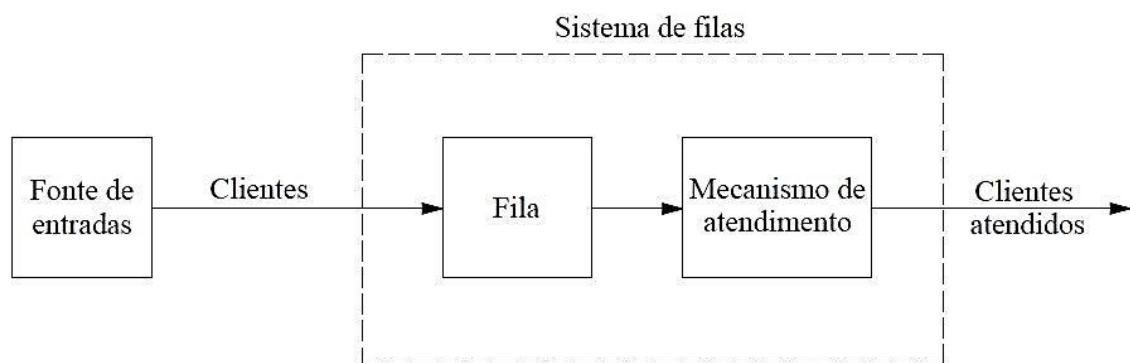
Uma vez da existência de diversos tipos de fila, o presente estudo modela a fila de requisições periciais da área de documentoscopia no Setor Técnico-Científico - SETEC da Superintendência Regional do Distrito Federal, não para deixar de existir uma fila, mas, conforme Prado (2004, p.20), a fim de “obter um balanceamento adequado que permita um atendimento aceitável pelo melhor custo benefício”. Assim, como a Teoria das Filas é um método analítico, por meio de fórmulas matemáticas, as linhas que se seguem buscaram aplicar os conceitos e as fórmulas pertinentes, com o intuito de identificar as deficiências do sistema de atendimento pericial e um possível desequilíbrio na capacidade de atendimento da demanda.

Os estudos de todas as variáveis que compõem o quadro da fila de pendências tiveram por norte identificar as chegadas e os fatores que influenciam o tempo de atendimento, bem como o perfil do expediente. Assim, o gestor da fila logrará uma solução para a redução do número de pendências.

A administração da fila é um desafio diário do gestor. Sobre a questão, conforme Andrade (2000), o método para tratar os problemas de congestionamentos é a Teoria das Filas, que busca encontrar o ponto de equilíbrio entre a demanda do cliente (exemplo, a Autoridade Policial Federal) e o provedor de serviço (aqui, a perícia da PF).

Segundo Hillier e Lieberman (2013, p.279), no processo básico de filas, “os clientes que necessitam de atendimento são gerados ao longo do tempo por uma fonte de entradas”, entrando “no sistema de filas” e pegando uma fila; e, em “certos momentos, um integrante da fila é selecionado para o atendimento por alguma regra conhecida como disciplina da fila [...]”, sendo que o “atendimento necessário é então realizado para o cliente pelo mecanismo de atendimento, após o qual o cliente deixa o sistema de filas”, conforme descrito na Figura 2, a seguir. Vale destacar que o caso aqui em estudo foi representado pela Figura 2, com diversos atendentes.

Figura 2 - Processo de filas básico



Fonte: Hillier e Lieberman (2013).

Segundo Taha (2008, p.248), o estudo das filas trata do processo de quantificação do tempo de espera em uma fila de um determinado sistema, sendo seu principal objetivo a redução dos tempos de espera e os custos inerentes ao processo, ao passo que os “principais protagonistas de uma fila são o cliente e o servidor”. Assim, a partir daí, a tomada de decisões sobre uma fila de espera acarreta em melhor produtividade.

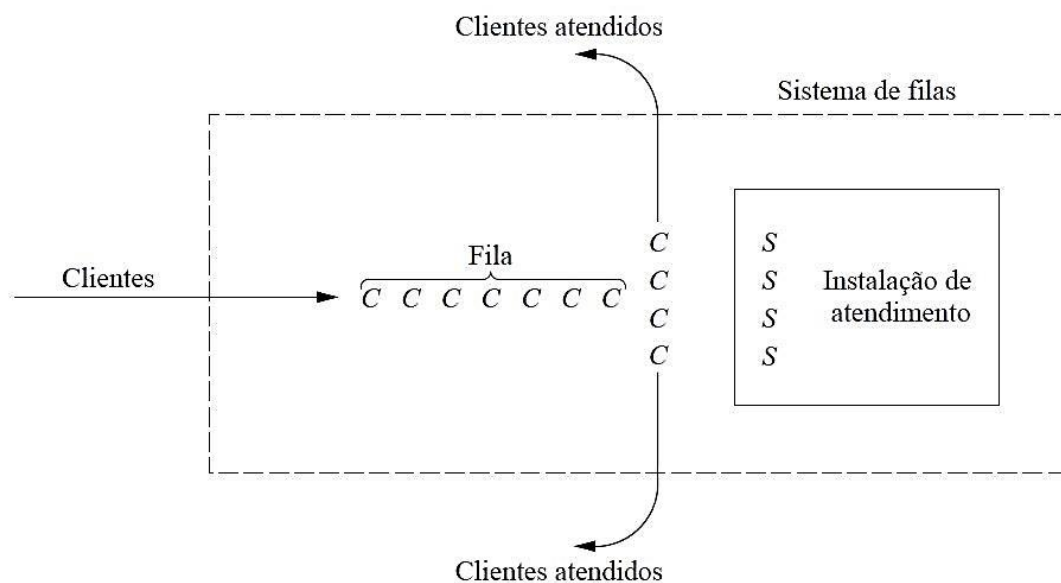
Neste contexto, os modelos paramétricos buscam comparar o comportamento das filas na distribuição do tempo de chegadas e do tempo de atendimento, com distribuições estatísticas conhecidas, respectivamente, a distribuição de Poisson e Exponencial - afirmação corroborada por Hillier e Lieberman (2013), ao comentarem que a hipótese comum é que os clientes são gerados de acordo com o processo de Poisson, e que a distribuição de tempo de atendimento que se supõe na prática é a distribuição exponencial.

Flogiatti e Mattos (2007) destacam que o processo de chegadas é especificado pelo comportamento do fluxo de chegadas ao sistema. Se estes números de chegadas e dos instantes de tempo em que elas acontecem, são conhecidos, esse processo é denominado determinístico;

caso contrário, tem-se um comportamento aleatório constituindo um processo estocástico caracterizado por uma distribuição de probabilidade. Para essa distribuição, é necessária a especificação de um parâmetro denominado taxa de chegadas, que representa o número médio de usuários que chegam ao sistema por unidade de tempo. Portanto, os processos com fila com tempos entre chegadas sucessivas e/ou de atendimento representados por variáveis aleatórias são processos denominados estocásticos (probabilísticos).

Diante do exposto, no presente estudo adotou-se a metodologia do processo de filas elementar de Hillier e Lieberman (2013), onde os tempos entre as chegadas e os tempos de atendimento sejam independentes e distribuídos de forma idêntica, conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3 - Sistema de filas elementar, onde cada cliente é indicado por um C e cada atendente por um S



Fonte: Hillier e Lieberman (2013, p. 731).

Assim, segundo Cai e Zhu (2016), um processo estocástico $X(t)$ é uma família de variáveis aleatórias com t como parâmetro pertencente a um conjunto de índices T , denotado por $\{X(t), t \in T\}$. Embora o conjunto de índices possa ser de vários tipos, convencionalmente também no livro, $X(t)$ é referido como processo estocástico apenas para o caso em que o conjunto de índices é o tempo. Portanto, um processo estocástico é, em estrito sentido, uma função de dois argumentos, $\{X(t, w); t \in T, W \in \Omega\}$, onde Ω é o espaço amostral. Para um tempo de tamanho t , $X(t, w)$ é uma variável definida na amostra Ω ; enquanto cada possível função $X(t, w)$ em relação ao tempo t é chamada de função de amostra.

Os modelos de filas mais elementares partem do pressuposto que as entradas (chegada dos clientes) e as saídas (clientes atendidos que saem) do sistema de filas se dão conforme o processo de nascimento (chegada dos clientes) - e - morte (partida do cliente atendido).

Para tanto, Hillier e Lieberman (2013) destacam três hipóteses, quais sejam:

- 1) $X(t) = n (\lambda)$: a distribuição de probabilidade atual do tempo remanescente até o próximo nascimento (chegada) é exponencial com parâmetros λ_n ($n = 0, 1, 2, \dots$);
- 2) $X(t) = n (\mu)$: a distribuição de probabilidade atual do tempo remanescente até a próximo morte (saída) é exponencial com parâmetros μ_n ($n = 0, 1, 2, \dots$); e
- 3) A variável aleatória da hipótese "1" e a variável aleatória da hipótese "2" são mutuamente independentes. A próxima transição no estado do processo é:

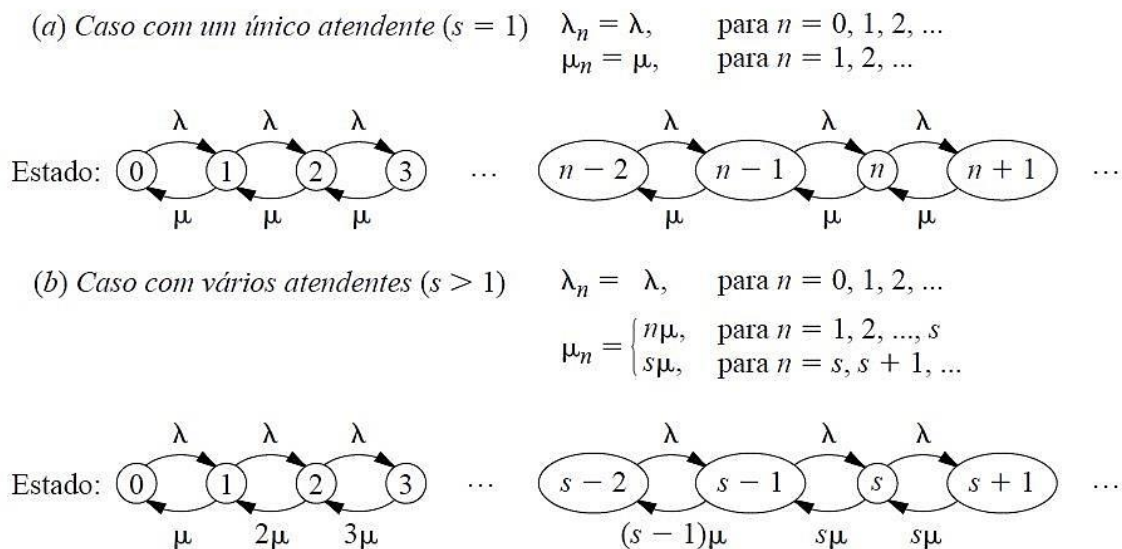
$\rightarrow n + 1$ (um único nascimento)

ou então

$\rightarrow n - 1$ (uma única morte)

Na prática, tal princípio quer dizer que a taxa que entra no sistema é igual àquela que sai do sistema, culminando na equação de equilíbrio, servindo para 1 ou mais atendentes, conforme evidenciado na Figura 4, a seguir.

Figura 4 - Diagramas de taxas para o modelo M/M/c



Fonte: Hillier e Lieberman (2013, p. 746).

A distribuição de Poisson modela uma variável aleatória discreta que trata da possibilidade de uma série de eventos ocorrerem em certo período de tempo, considerando que tais eventos ocorrem independentemente.

De fato, no caso aqui analisado, as requisições periciais chegam ao SETEC de forma independente, i.e., a nova não depende da anterior. Afinal, cada requisição pericial está relacionada a um tipo de exame de corpo de delito e de um determinado fato criminoso, conforme apontado no item 2.4 do presente estudo.

Com base no estudo de Prado (2004), a equação da distribuição de Poisson apresenta-se da seguinte forma:

$$P(X = x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \quad \text{Equação 3.1}$$

Onde:

- e é base do logaritmo natural;
- λ é a taxa de chegada (ocorrências) ;
- x é o número, inteiro, de ocorrências;
- $P(x)$ é a probabilidade que ocorrem x eventos de interesse (chegadas) por unidade de tempo.

A distribuição exponencial tem sua utilidade para determinar o tempo necessário na conclusão de uma tarefa. Assim, segundo Chwif e Medina (2014), considera-se que o intervalo entre as chegadas são variáveis aleatórias independentes, o tempo de serviço independe do tempo do serviço anterior, bem como os intervalos não estão relacionados com o tempo. Neste ínterim, a função de densidade de probabilidade e o coeficiente de variação da exponencial conforme se seguem:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad \text{Equação 3.2}$$

$$C_v = \frac{\delta x}{E[x]} = \frac{\sqrt{\text{var}(x)}}{E[x]} = \frac{\frac{1}{\lambda}}{\frac{1}{\lambda}} = 1 \quad \text{Equação 3.3}$$

A fila de requisições de exames periciais na área de documentoscopia pode sofrer alteração na sua ordem de atendimento (FCFS - *First Come, First Served*) com a chegada de expedientes classificados como urgentes, os quais possuem prioridade no atendimento e devem ser atendidos tão logo o servidor acabe com o exame iniciado.

Segundo Hillier e Lieberman (2013), um modelo de filas de disciplina com prioridades ocasiona que os integrantes da fila se ordenam da prioridade mais alta para mais baixa. Assim, os clientes são selecionados para serem atendidos na ordem de sua classe de prioridade.

Existem dois modelos de prioridade, quais sejam: 1) sem preempção; e, 2) com preempção. No primeiro caso, o cliente que está sendo atendido não tem seu atendimento interrompido e não volta pra fila mesmo com a chegada de um cliente com prioridade; ou seja, o atendimento ocorre sem interrupção. No segundo caso, o cliente com menor prioridade que está sendo atendido tem seu atendimento interrompido e volta pra fila, para que o cliente com maior prioridade seja atendido.

O interessante é que se a distinção entre as diferentes classes de clientes de prioridades for ignorada, implica que todos os clientes chegam conforme um processo de entrada Poisson, além de todos terem a mesma distribuição exponencial de atendimento. Ademais, com base em Hillier e Lieberman (2013), os dois modelos com prioridade e sem prioridades são idênticos ao modelo M/M/c estudado no capítulo 4, a seguir, exceto pela ordem que são atendidos.

Diante do conceito em questão e do exposto no Item 2.3, tem-se a modelagem do atendimento de prioridades não preemptivas, que dispõe da fórmula a seguir, nas planilhas de Microsoft Excel elaboradas por Hillier e Lieberman (2013).

$$W_k = \frac{1}{AB_{k-1}B_k} + \frac{1}{\mu}, \quad \text{para } k = 1, 2, \dots, N,$$

$$\text{em que } A = s! \frac{s\mu - \lambda}{r^s} \sum_{j=0}^{s-1} \frac{r^j}{j!} + s\mu,$$

$$B_0 = 1,$$

$$B_k = 1 - \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i}{s\mu},$$

s = número de atendentes,

μ = taxa média de atendimento por atendente ocupado,

λ_i = taxa média de chegada for classe de prioridades i ,

$$\lambda = \sum_{i=1}^N \lambda_i,$$

$$r = \frac{\lambda}{\mu}.$$

Equação 3.4

Além da necessidade de se modelar as informações anteriores, segundo Prado (2004), um sistema de filas apresenta as seguintes variáveis aleatórias fundamentais - objetos do presente estudo:

a) Processo de chegada:

- λ = taxa média de chegada; e
- IC = intervalo médio entre chegadas.

b) Informações referentes à fila:

- TF = tempo médio de permanência na fila; e
- NF = número médio de clientes na fila.

c) Informações do processo de atendimento:

- TA = tempo médio de atendimento;
- c = capacidade de atendimento ou quantidade de servidores;
- NA = número médio de clientes que estão sendo atendidos; e
- μ = taxa média de atendimento de cada servidor;

d) Variáveis do sistema (fila + atendimento):

- TS = tempo médio de permanência no sistema; e
- NS = número médio de clientes no sistema.

A Tabela 1 apresenta as fórmulas e as relações entre as variáveis descritas anteriormente.

Tabela 1 - Relação entre variáveis aleatórias (dias úteis)

Variáveis	Fórmulas	
Intervalo Entre Chegadas	$IC = 1 / \lambda$	(Equação 3.5)
Tempo do Atendimento	$TA = 1 / \mu$	(Equação 3.6)
Taxa de Utilização dos Atendentes	$p = \lambda / c \mu$	(Equação 3.7)
Intensidade de Tráfego	$i = \lambda / \mu = TA / IC $	(Equação 3.8)
	$NS = NF + NA$	(Equação 3.9)
	$NA = \lambda / \mu$	(Equação 3.10)
Relações entre Fila, Sistema e Atendimento	$NS = NF + \lambda / \mu = NF + TA / IC$	(Equação 3.11)
	$TS = TF + TA$	(Equação 3.12)
Fórmulas de Little	$NA = \rho = \lambda / c \mu$	(Equação 3.13)
	$NF = \lambda \cdot TF$	(Equação 3.14)
	$NS = \lambda \cdot TS$	(Equação 3.15)
Ciclo	$Ciclo = TS + TFS$	(Equação 3.16)
	$Ciclo = Tamanho da População / \lambda$	(Equação 3.17)

Fonte: Prado (2004, p. 49).

A medida de efetividade de um sistema de filas tem por base três indicadores, quais sejam:

- Medida de tempo que um cliente (requisição pericial) é forçado a esperar na fila e no sistema;
- Indicação relativa ao acúmulo de clientes na fila e no sistema; e
- Medida de tempo ocioso dos servidores (Peritos Criminais Federais -PCFs).

3.2 REVISÃO DA LITERATURA

As filas são indesejáveis, seja no trânsito, nos hospitais, em uma central de atendimento telefônico ou em procedimentos policiais. Assim, segundo Moreira (2010), a Teoria das Filas é um corpo de conhecimento matemáticos, aplicado ao fenômeno das filas, sendo uma área em constante evolução e apesar de usualmente ser considerado que as filas ocorrem, em geral, quando a demanda pelo serviço é maior do que a capacidade de atendimento do sistema, nem sempre esta afirmação é verdadeira.

Neste sentido, vale destacar a aplicação da Teoria das Filas na pesquisa de McManus, Long, Cooper e Litvak (2004), que estudaram a fila em uma Unidade de Terapia Intensiva - UTI, por dois anos. Ali, aqueles autores coletaram dados (tempo médio entre chegadas e tempo de atendimento) para a visualização da característica da fila e a identificação da ocupação média

dos leitos da UTI, bem como mensuraram a manutenção de camas vazias que devem ser mantidas em prontidão, para que os sistemas não entrem em colapso, com o uso prolongado de leitos e a falta de servidores.

Outro exemplo na aplicação da Teoria das Filas é a pesquisa de Green, Soares, Giglio e Green (2006), onde se analisaram as filas para quantificar o número de pessoal distribuído no plantão de 24 horas, durante uma semana, na área de urgência de um hospital. Aqueles autores coletaram os dados na chegada de uma emergência hospitalar urbana e, em seguida, compararam o período de 39 semanas antes e depois das alterações na fila.

Moura *et al* (2017) apresentaram um estudo nas instituições de saúde que fazem uso de equipamentos com alta tecnologia e que seguem rigorosos padrões de qualidade, para garantir a continuidade do serviço e a segurança dos pacientes, fazendo uso da Teoria das Filas - com prioridade. A partir da condição que os equipamentos devem estar disponíveis para o uso e, assim, os serviços de manutenção dos fabricantes devem atender aos chamados imediatamente, a proposta daquela pesquisa foi definir um modelo para analisar a interação entre os hospitais e as equipes de manutenção dos fabricantes (OEM - *Original Equipment Manufacturer*), considerando que OEMs podem fornecer serviços de manutenção para duas classes diferentes de hospitais, que têm a opção de contratar uma garantia estendida (EW - *Extended Warranty*) ou pagar por cada intervenção de manutenção sob demanda, com ou sem prioridade. Neste sentido, os clientes da classe 1 são frequentemente hospitais grandes, enquanto as instituições da classe 2 são geralmente pequenas/médias, com orçamentos curtos e, portanto, escolheriam uma opção não prioritária.

No estudo de Moura *et al* (2017) foi adotado o modelo de liderança de Stackelberg, onde o OEM é o líder, e o cliente é o seguidor. As falhas e os reparos seguem um sistema de filas com prioridade de duas classes G/M/1. A formulação descreve um enfileiramento com um sistema finito na população (M), onde os usuários são divididos em duas classes, com a classe 1, que tem prioridade sobre a classe 2 com nenhuma preempção. Considerou-se que os tempos até a falha seguem uma distribuição de Weibull. Ademais, o OEM maximiza seu lucro esperado determinando o número ideal de clientes em cada classe e os preços do contrato de manutenção e manutenção avulsa.

O uso das filas também está presente na área de segurança, conforme demonstrado na pesquisa de Pala e Zhuang (2018), onde se analisaram as políticas de rastreio de segurança crítica em contextos militares, aeroportos, portos e processos de emissão de vistos, a fim de minimizar os riscos de terroristas, contrabandistas, fugitivos e outros. No entanto, a aplicação

de procedimentos de triagem aumentam o congestionamento e a inconveniência para os candidatos normais. Neste sentido, buscou-se encontrar o equilíbrio entre o risco e o congestionamento.

Aqueles autores desenvolveram um modelo de Teoria dos Jogos para investigar as políticas de triagem ideais que reconhece os *trade-offs* entre risco, congestionamento e desistências dos candidatos. Para calcular o tempo médio de espera na fila de triagem com os candidatos impacientes heterogêneos, fez-se uso do modelo de cadeia de Markov. Como estudo de caso, foi abordado o processo de rastreio de segurança dos pedidos de visto dos Estados Unidos da América - EUA através da realização de uma pesquisa *online*. Os dados coletados evidenciaram alguns aspectos fundamentais de preferências de candidatos, como, por exemplo, a desistência. E ainda, fez-se uma análise de sensibilidade para o modelo, ao passo que ficou evidente que se as autoridades conhecem as características dos candidatos, podem alcançar maior utilidade.

Dorton e Liu (2015) promoveram um estudo que utilizou redes de filas e simulação de eventos discretos (DES - *Discrete Event Simulation*) para investigar os efeitos de volume de bagagem e taxa de alarme no posto de rastreio de segurança (SSCP - *Security Screening Checkpoint*) de um pequeno aeroporto. Um SSCP típico compreende duas filas com várias etapas. A primeira ocorre com a verificação de documentos de viagem e, a segunda, com a exigência da retirada de todos os pertences pessoais específicos e a colocação de seu(s) escaninho(s) e bagagem de mão na esteira de alimentação dos raios-X. A rede de filas foi aplicada em uma modelagem teórica de desempenho, com uma abordagem empírica. Os dados foram coletados da literatura e via coleta manual durante o horário de pico do aeroporto. O modelo de simulação foi verificado e validado qualitativa e quantitativamente por testes estatísticos antes de experimentação. Após a validação, uma análise de sensibilidade foi realizada no volume de bagagem de passageiros (PAX - *Passengers*) e a taxa de alarme dos dispositivos de triagem de bagagem, onde o SSCP e o tempo de ciclo de PAX foram as medidas dependentes. O modelo empírico e a análise de sensibilidade evidenciaram que o rendimento do SSCP e o tempo de ciclo são altamente sensíveis à taxa de alarme. Além disso, a análise de sensibilidade apontou que o rendimento do SSCP foi completamente resiliente ao volume da bagagem, enquanto o tempo do ciclo foi moderadamente sensível ao volume da bagagem. Vale destacar que as implicações práticas e futuras pesquisas também foram ali discutidas.

Wang, Beggs-Cassin e Wien (2017) estudaram a otimização das operações de confronto balístico, criando parâmetros de comparação dentro de um sistema de imagens balísticas para

ajudar a resolver crimes através da comparação de imagens de caixas de cartucho, que são recuperados a partir de uma cena de crime ou de testes de disparos de arma de fogo, a um banco de dados de imagens obtidas a partir de cenas de crimes passados. Como muitos Municípios norte-americanos não possuem recursos para processar todos os seus cartuchos, aquela pesquisa apontou que, a partir de parâmetros estabelecidos, foram modeladas as filas de confronto visando resolver dois problemas, quais sejam: 1) Alocar capacidade limitada para maximizar o número de casos de cartucho que geram pelo menos um *hit*; e, 2) Como priorizar os cartuchos que serão processados para maximizar a utilidade da pesquisa. Assim, com o uso da Teoria das Filas, foi aumentado o número de pesquisas significativamente, priorizando as evidências da cena do crime ao longo do teste de arma de fogo, e elaborado um *ranking* de calibres por sua probabilidade de sucesso (uso mais frequente).

Diante do exposto, com base na pesquisa literária aqui empreendida, percebeu-se que a área da saúde tem utilizado frequentemente a Teoria das Filas na sua gestão para melhorar serviços na UTI, pronto socorro e em atendimentos na manutenção de seus equipamentos, melhorando a gestão e otimizando recursos. Já os estudos publicados na área de segurança pública apresentam maior concentração na área aeroportuária, analisando o desempenho das filas em virtude de diversos procedimentos de segurança exigidos atualmente.

Vale destacar que o artigo de Wang, Beggs-Cassin e Wien (2017) tem relação próxima com o trabalho aqui proposto, uma vez que a área de aplicação é a mesma, no processo de atendimento de exames periciais. Assim, enquanto aqueles autores tem por foco o processo de confronto balístico, o presente estudo definiu a área de atendimento dos exames documentoscópicos como objeto de análise.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Seguem os tópicos: descrição do modelo de filas, coleta de dados e caracterização da fila, metodologia, aplicação do modelo de filas e análise de sensibilidade do modelo M/M/c.

4.1 DESCRIÇÃO DO MODELO DE FILAS

O modelo aqui adotado teve por objetivo encontrar o melhor dimensionamento da equipe de peritos para o atendimento das requisições periciais, a partir da análise das filas de pendências da área de documentoscopia do Setor Técnico-Científico - SETEC da Superintendência Regional - SR da Polícia Federal - PF no Distrito Federal.

Em geral as unidades de trabalho solicitam pessoal (servidores) para atender a sua demanda e agilizar o atendimento. A ideia é modelar o que se tem atualmente, levantando os elementos da fila pericial (chegadas e atendimentos), a fim de identificar a ociosidade e dimensionar o número ideal de servidores.

4.2 COLETA DE DADOS

Os dados analisados foram extraídos do Sistema de Informações em Bases Criminais - SISCRIM, no período de janeiro de 2017 a junho de 2017, especificamente de uma unidade pericial, na área de perícia documentoscópica, contendo seus respectivos registros históricos das chegadas das requisições periciais, do período de atendimento de cada requisição, do número de servidores que promoveram algum atendimento e sua classificação de prioridade ou não.

Durante o processo de coleta de dados, fez-se uma limpeza e filtragem nos dados para a geração das informações úteis e necessárias que serviram como base de cálculo para a pesquisa. As chegadas sem o registro completo (sem a identificação da designação, geração de laudo, entrega na secretaria ou arquivamento) no sistema foram descartadas da amostra.

Em virtude das requisições na área de documentoscopia terem seus registros realizados em dias úteis, no período de seis meses da amostra, tanto o tempo de chegada quanto o tempo de atendimento estão em contagem de dias úteis. Cabe ressaltar que o tempo de atendimento foi calculado e interpretado como período entre a geração do número do laudo (início do atendimento) e o encaminhamento do documento elaborado para a secretaria na saída (término do atendimento). Tal procedimento foi realizado em virtude destes tempos estarem registrados no SISCRIM.

As chegadas no sistema são classificadas quanto à prioridade pela sua criticidade (alta, média e baixa). Em virtude da pouca chegada diferente da classificação com baixa criticidade, as médias e as altas foram consolidadas como alta criticidade para a análise dos atendimentos prioritários (urgentes).

4.3 CARACTERIZAÇÃO DA FILA

O modelo visa identificar os gargalos na fila de pendências dos pedidos de perícia documentoscópica. Além dos motivos pela escolha da área de documentoscopia, pelo tipo de exames da área, é possível observar a pouca variação de tempo entre os seus diversos tipos de exame, facilitando a modelagem do sistema.

A disciplina no atendimento pericial segue o FCFS (*First Come, First Served*), onde o primeiro a chegar é o primeiro a ser servido. Foram identificados poucos casos prioritários (9% da demanda total) na área de documentoscopia e sem preempção no seu atendimento.

A capacidade do sistema é de até seis atendimentos simultâneos, pois existem seis servidores disponíveis para a realização de exame documentoscópico, onde cada qual atende uma requisição pericial. Conforme exposto na Figura 1, foram considerados seis canais de atendimento para a realização dos exames periciais em documentoscopia, onde o Perito Criminal Federal - PCF atua apenas em um estágio do sistema de atendimento, ficando a fila com o responsável da área, formando uma fila única.

4.4 METODOLOGIA

Conforme Chwif e Medina (2014), a última etapa do processo de modelagem de dados é qualificarmos a aderência do modelo, ou seja, verificar se as distribuições são estatisticamente adequadas para representar os dados coletados.

As análises consistiram na execução de teste de hipóteses estatísticos com o intuito de verificar se as chegadas seguem a distribuição de Poisson e se os tempos de atendimento seguem a distribuição exponencial. Para isto, foi realizado o teste Qui-Quadrado de aderência, por ser um teste confiável para confirmação das hipóteses de distribuição para modelagem e simulação de eventos discretos. Além disso, na execução do teste estatístico considerado, fez-se uso do nível de 5% de significância. E ainda, o *software* utilizado na execução das análises estatísticas presentes foi o R Core Team (2018).

4.4.1 Modelagem da Chegada

Considerando que o intuito é verificar se o número de chegadas segue uma distribuição de Poisson, foi realizado o teste Qui-Quadrado de aderência, onde se compararam os valores observados dos dados de chegadas com os valores esperados, segundo uma distribuição de Poisson. A Tabela 2 apresenta os valores observados e esperados, para os quais foi obtido um $p\text{-valor} = 0,2304 > 0,01$. Assim, não se rejeitou a hipótese de que as chegadas seguem uma distribuição de Poisson ao nível de 5% de significância. Como o número de médio de chegadas foi igual a 1,10 por dia útil, é possível afirmar, com 95% de confiança, que os dados de chegadas seguem uma distribuição de Poisson com parâmetro $\lambda = 1,10$.

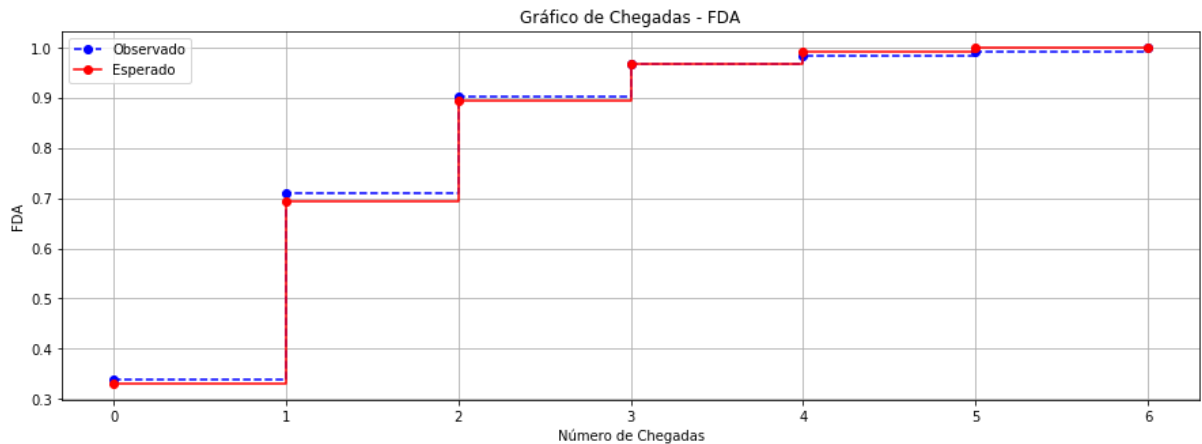
Tabela 2 - Valores observados e esperados para as chegadas

Chegadas	Observado	Relativa Ob. (%)	Esperado	Relativa Esp. (%)
0	42	33,87	41	33,13
1	46	37,10	45	36,60
2	24	19,35	25	20,22
3	8	6,45	9	7,45
4	2	1,61	3	2,06
5	1	0,81	1	0,45
6	1	0,81	0	0,08
Total	124		124	

Fonte: Elaboração própria.

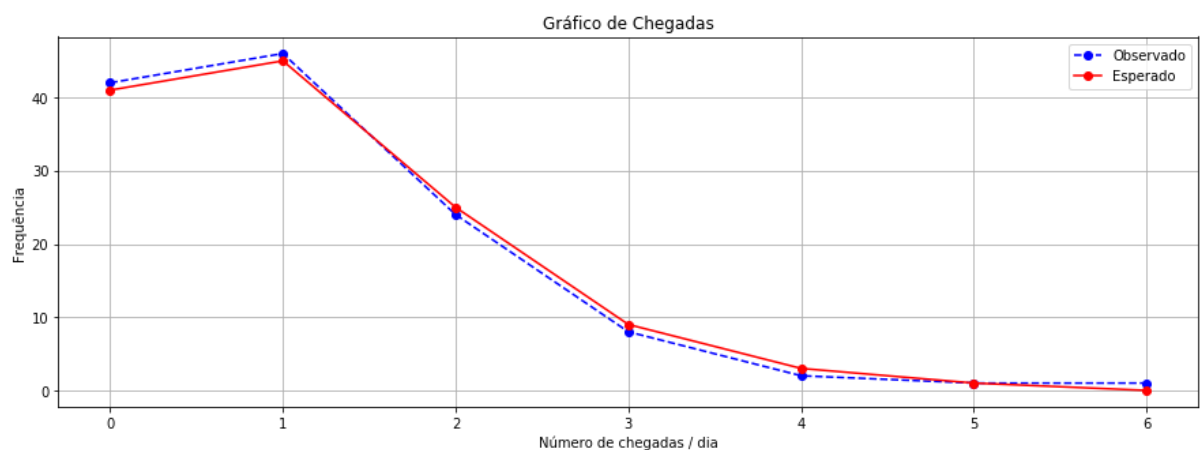
Para enfatizar ainda mais a interpretação outrora apontada, o Gráfico 7 compara a função de distribuição dos dados observados com a função de distribuição teórica da Poisson com $\lambda = 1,10$. Neste sentido, é possível observar que os gráficos das funções de distribuição observada e teórica estão bem próximos, enfatizando ainda mais o resultado obtido pelo teste Qui-Quadrado e a respectiva interpretação obtida. Assim, se as chegadas seguem uma distribuição de Poisson, tem-se que o tempo entre as chegadas segue a distribuição exponencial, com média dada por $E(X) = \frac{1}{\lambda} = 0,91$ dias. E ainda, o Gráfico 8 confronta a λ distribuição dos dados observados (%) com a probabilidade destes em uma distribuição de Poisson (1,10).

Gráfico 7- Comparação entre a função de distribuição observada e teórica para as chegadas



Fonte: O autor (2019).

Gráfico 8- Distribuição do tempo de chegada



Fonte: O autor (2019).

4.4.2 Modelagem do Atendimento

No intuito de verificar se o número de atendimentos segue uma distribuição de Poisson, também foi realizado o teste Qui-Quadrado de aderência. A Tabela 3 apresenta os valores observados e esperados, para os quais foi obtido um p -valor = 0,5669 > 0,01. Assim, não se rejeita a hipótese de que os atendimentos seguem uma distribuição de Poisson ao nível de 5% de significância. Como o número de médio de atendimentos foi igual a 2,41 dias úteis para cada requisição, é possível afirmar, com 95% de confiança, que os dados de atendimento seguem uma distribuição de exponencial com parâmetro $\mu = 0,41$.

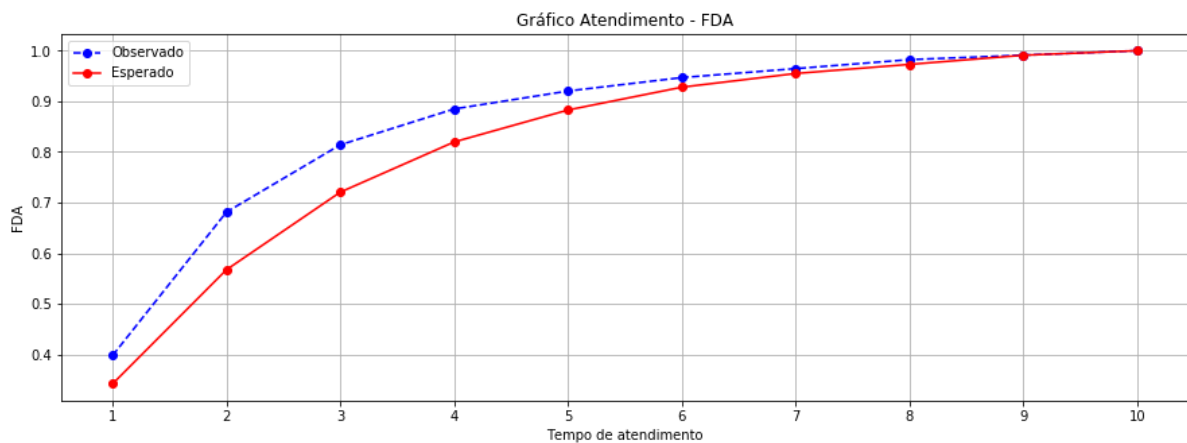
Tabela 3 - Valores observados e esperados para os atendimentos

Atendimentos	Observado	Relativa Ob. (%)	Esperado	Relativa Esp. (%)
1	45	39,82	38	33,89
2	32	28,32	25	22,41
3	15	13,27	17	14,81
4	8	7,08	11	9,79
5	4	3,54	7	6,47
6	3	2,65	5	4,28
7	2	1,77	3	2,83
8	2	1,77	2	1,87
9	1	0,88	2	1,24
10	1	0,88	1	0,82
Total	113		111	

Fonte: O autor (2019).

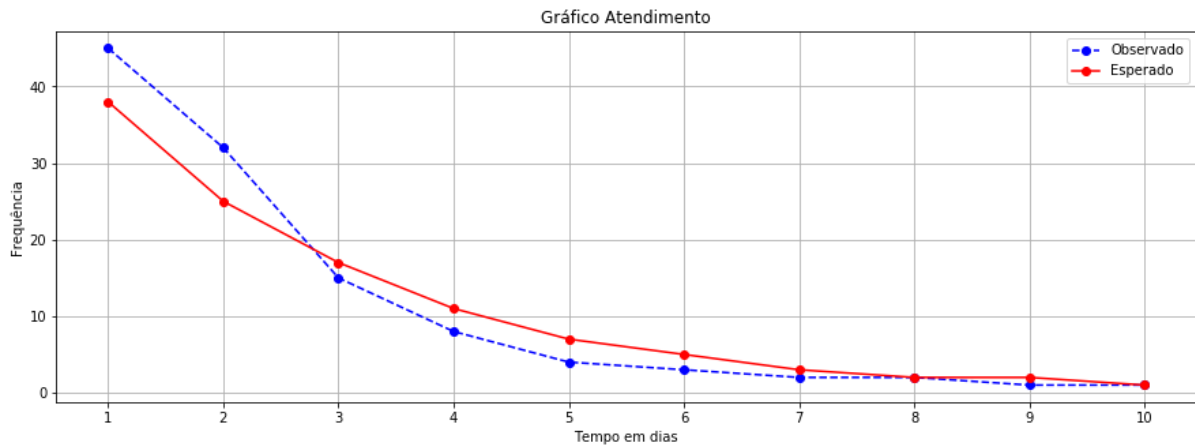
Para enfatizar ainda mais a interpretação outrora apontada, é possível verificar no Gráfico 9 a comparação da função de distribuição dos dados observados com a função de distribuição teórica da exponencial com $\mu = 0,41$ ($1/TA$). De fato, o Gráfico em questão evidencia que as funções de distribuição observada e teórica para os atendimentos estão próximas, enfatizando ainda mais o resultado obtido pelo teste Qui-Quadrado e a respectiva interpretação obtida. Logo, concluiu-se que os tempos de atendimento seguem uma distribuição exponencial com taxa dada por $\mu = 1/2,41$ (0,41). E ainda, o Gráfico 10 confronta a distribuição dos dados observados (%) com a probabilidade destes em uma distribuição exponencial (0,41).

Gráfico 9- Comparação entre a função de distribuição observada e teórica para os atendimentos



Fonte: O autor (2019).

Gráfico 10- Distribuição do tempo de atendimento



Fonte: O autor (2019).

4.5 APLICAÇÃO DO MODELO DE FILAS

A aplicação do modelo de filas se deu pela análise das variáveis aleatórias fundamentais e suas medidas de desempenho, bem como a apresentação de diversos arranjos de probabilidade apresentados nas Teorias das Filas - um ramo da probabilidade que, por meio de análises matemáticas, pode-se prever o comportamento de um sistema que ofereça serviços cuja demanda se comporta aleatoriamente, tornando possível dimensioná-lo, de forma a satisfazer os clientes e ser viável economicamente para o provedor do serviço, evitando desperdícios e gargalos. Tal abordagem é necessária porque se pode compreender melhor o processo de filas. Diante do exposto, a partir dos conceitos supramencionados, foi possível modelar o sistema de filas da perícia da PF, na área de documentoscopia de uma unidade pericial.

Ademais, o referido estudo identificará a reação que as filas de alta e baixa prioridade terão uma na outra, com o aumento ou redução das chegadas, conforme o perfil da requisição pericial.

4.5.1 Medidas de Desempenho do Sistema Atual

Após a validação das chegadas e dos atendimentos, foi verificado o desempenho do sistema por dia útil, ou seja, sua eficiência aplicando as equações apresentadas no Capítulo 3.

a) Processo de chegada:

A chegada das requisições segue uma distribuição Poisson e possui taxa média de chegada em 1,10 por dia útil, com intervalo médio de chegadas de 0,91 por dia útil.

λ = taxa média de chegada	$\lambda =$	1,10
IC = intervalo médio entre chegadas $IC = 1 / \lambda$ (Equação 3.5)	IC =	0,91

b) Informações referentes à fila:

O tempo médio de permanência na fila é 17,21 dias úteis com 19,02 requisições na fila (média).

TF = tempo médio de permanência na fila (Equação 3.12)	TF =	17,21
NF = número médio de clientes na fila (Equação 3.14)	NF =	19,02

c) Relações entre Fila, Sistema e Atendimento:

O número médio de clientes (requisições) no sistema é de 21,68.

$$NS = NF + NA \text{ (Equação 3.9)} \quad NS = 21,68$$

d) Variáveis do processo de atendimento:

O tempo médio de atendimento é de uma requisição a cada 2,42 dias úteis por cada servidor, com ritmo médio de atendimento de 0,41 dia útil, com seis servidores para o atendimento. Assim, estima-se uma taxa de utilização de 0,44, ou seja, uma ociosidade de 66%, por servidor.

TA = tempo médio de atendimento $TA = 1 / \mu$ (Equação 3.6)	TA =	2,41
c = capacidade de atendimento ou quantidade de servidores	c =	6
NA = núm. médio de clientes sendo atendidos $NA = \lambda / \mu$ (Equação 3.10)	NA =	2,67
μ = taxa média de atendimento de cada servidor	$\mu =$	0,41
ρ = taxa de utilização dos atendentes $\rho = \lambda / c \mu$ (Equação 3.7)	$\rho =$	0,44

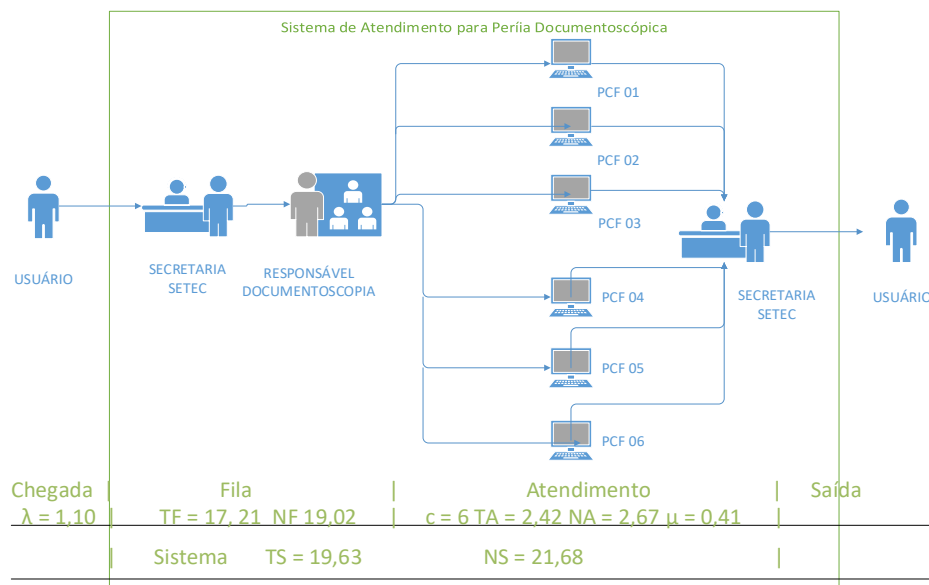
e) Variáveis do sistema (fila + atendimento):

O tempo médio de permanência no sistema é de 19,63 dias úteis, ficando 21,68 requisições, em média, em espera no sistema.

TS = tempo médio de permanência no sis.	$TS = TF + TA$ (Equação 3.12)	TS= 19,63
NS = núm. médio de clientes no sis.	$NS = NF + NA$ (Equação 3.9)	NS=21,68
i = intensidade de tráfego	$i = \lambda / \mu = TA / IC $ (Equação 3.8)	i= 2,67
NF = $\lambda \cdot TF$ (Equação 3.14)		NF= 19,02
Fórmulas de Little NS = $\lambda \cdot TS$ (Equação 3.15)		NS= 21,68
Ciclo= Tamanho da População / λ (Equação 3.17)		Ciclo = 112,93

A Figura 5 evidencia a relação dos resultados outrora destacados com sua posição no sistema estudado.

Figura 5 - Fluxo de atendimento estudado com os resultados dos índices de desempenho, na sua posição do sistema



Fonte: O autor (2019).

O sistema de atendimento atual, conforme os cálculos realizados anteriormente, é a premissa básica para demonstrar que é necessário modificar o processo como um todo.

O número de servidores utilizados atualmente é de 6 peritos, apresenta uma ociosidade de 66% por cada servidor e o tempo médio de permanência das requisições periciais no sistema é de 19,63 dia úteis, ou seja, muito acima dos 10 dias estabelecidos no processo penal. Para complementar, em média ficam 21,63 requisições no sistema e o ciclo no sistema chega a 112,93 dias úteis.

Estes cálculos são importantes para demonstrar a diferença do caso real em estudo e o do modelo de nascimento-e-morte, que será demonstrado no próximo item, visando encontrar soluções na gestão desta fila para uma aproximação dos resultados esperados.

4.5.2 Modelo M/M/c - Atendimento Geral com seis servidores

Com base nas medidas de desempenho, calculadas anteriormente, aplicou-se o modelo M/M/c que segundo Hillier e Lieberman (2013) tem por base o processo de nascimento-e-morte, pois possui entrada Poisson e tempo de atendimento exponenciais, onde λ é a taxa de chegada, e μ a taxa de atendimento. Tal modelo possui as seguintes características: fila única, diversos servidores e tanto a chegada quanto o atendimento são Markovianos (seguem a distribuição Poisson ou exponencial negativa).

Os cálculos a seguir se diferenciam do item 4.5.1 porque faz uso dos parâmetros atuais mas apresenta os resultados de um sistema estável.

Portanto, considerando os parâmetros:

$$\lambda = 1,10;$$

$$IC = 0,91;$$

$$TA = 2,41; \mu = 0,41; e c = 6.$$

No presente estudo, ao fazer uso das planilhas do Microsoft Excel, no modelo M/M/c, elaboradas por Hillier e Lieberman (2013), buscou-se modelar o atual sistema de filas dentro do princípio da estabilidade do sistema. Assim, na Tabela 4 têm-se os resultados com seis servidores (PCFs):

Conforme exposto, é possível observar que a opção com seis servidores possui ótimos indicadores: 2,734 número de clientes esperando no sistema, 2,485 de tempo de espera no sistema, o comprimento da fila e o tempo de espera na fila são quase que insignificantes, com 0,051 e 0,046, respectivamente. Apresentando, ainda, baixo fator de utilização por servidor 0,447, significando uma ociosidade de aproximadamente 66%.

Tabela 4 - Modelo M/M/c - 6 servidores

Descrição	Símbolo	Valor
Quantidade de Servidores (c)		6
Número de Clientes esperando	E(L)	2,734
Comprimento da Fila	E(Lq)	0,051
Tempo de espera no sistema (em dias úteis)	E(W)	2,485
Tempo de espera na fila (em dias úteis)	E(Wq)	0,046
Fator de utilização do servidor	E(P)	0,447

Fonte: O autor (2019).

Analisando os resultados, elaborou-se a Tabela 5 para comparar resultados calculados do sistema modelado com as medidas de desempenho e do sistema modelado M/M/c, apresentando as diferenças entre o sistema instável atual e o sistema estável (M/M/c), respectivamente.

Tabela 5 - Comparação nos tempos calculados em cada etapa das modelagens - com 6 servidores

Modelagem	Número de clientes esperando	Comprimento da fila	Tempo de espera no sistema	Tempo de espera na fila	Fator de utilização do servidor
Medidas de Desempenho	21,68	19,02	19,63	17,21	0,44
M/M/c	2,734	0,051	2,485	0,046	0,447

Fonte: O autor (2019).

Observando os resultados modelados, Medidas de desempenho e de M/M/c, com seis servidores, percebe-se a necessidade de ajustar o sistema como um todo, especialmente o encaminhamento das requisições em cada etapa processada. Enquanto que no M/M/c o número de clientes esperando é de 2,734, nas medidas de desempenho é de 21,68 dias úteis, consequentemente o tempo de espera nos sistemas refletem este resultado, no M/M/c apresenta 2,485 dias úteis e nas Medidas de desempenho 19,63 dias úteis. Para confirmar a diferença exposta, enquanto que no M/M/c o comprimento da fila e o tempo de espera na fila é praticamente zero, na Medida de desempenho são 19,02 e 17,21 dias úteis, respectivamente. Interessante observar que o de fator de utilização do servidor nas duas modelagens apresenta o resultado de 0,44. Inicialmente, pode-se concluir que o gargalo não está no atendimento, mas nas outras etapas do sistema.

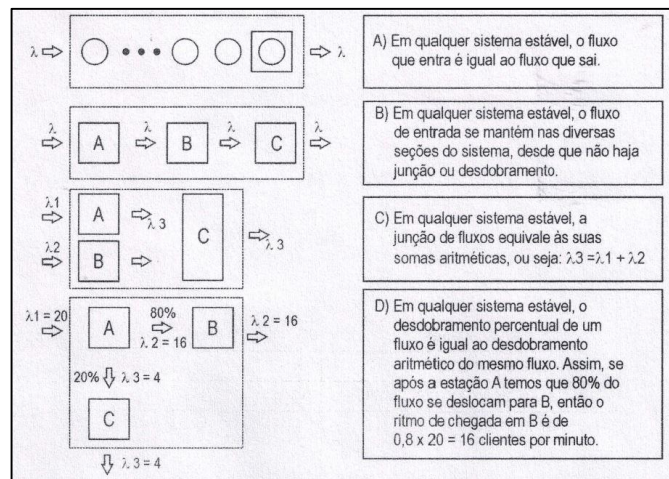
4.5.3 Modelo M/M/c - Atendimento Prioritário

O sistema em estudo possui duas classes de atendimento, quais sejam: 1) Prioritária; e, 2) Regular, sendo que a prioritária é sem preempção, ou seja, a perícia iniciada não é interrompida pela chegada de outra mais urgente.

No recebimento de cada solicitação, a secretaria do SETEC classifica o grau de prioridade, entre alta ou baixa, no sistema. No caso em questão, todas as ocorrências classificadas como prioritárias foram originadas na delegacia de dia, em ocorrências de flagrante. Os de prioridade baixa são requisições de processos “ordinários” (comuns).

Aplicando as medidas de desempenho aqui apresentadas para a fila com prioridade, sem preempção, bem como a planilha de Microsoft Excel elaborada por Hillier e Lieberman (2013), foi possível modelar tal atendimento. Importante destacar que, segundo Prado (2004), neste caso e em qualquer sistema estável, a junção de fluxos equivale às suas somas aritméticas, ou seja, $\lambda_3 = \lambda_1 + \lambda_2$. Do mesmo modo, o desdobramento percentual de um fluxo é igual ao desdobramento aritmético do mesmo fluxo, conforme apresentado na Figura 6, dos postulados básicos.

Figura 6 - Postulados básicos



Fonte: Prado (2004, p. 50).

Partindo destes postulados básicos, o somatório de λ_n se iguala ao valor obtido na distribuição Poisson, caracterizado pela modelagem da amostra geral. Portanto, neste estudo, considerou-se como resultado um novo fluxo de Poisson cuja taxa de chegada é o somatório das taxas de fluxo da alta prioridade e baixa prioridade.

Assim, ao modelar o sistema pericial de atendimento, foi identificado que as chegadas com alta prioridade representam 9% de todas as chegadas mensuradas no item anterior, ou seja, durante o período de seis meses, 11 requisições foram classificadas como urgentes. Na Tabela 6, a seguir, aplicando a planilha citada para duas classes de prioridade e mantendo o mesmo tempo médio de atendimento de 2,41 dias para uma requisição por servidor, é possível observar as seguintes medidas de desempenho para a disponibilização de um servidor para atender a demanda prioritária, sem preempção.

Tabela 6 - Modelo M/M/c - 2 classes de prioridade (alta ou baixa)

Descrição	Símbolo	Prioridade Alta	Prioridade Baixa	Total
λ total		0,097	1,003	1,10
Número de Clientes esperando	E(L)	0,059	0,774	
Comprimento da Fila	E(Lq)	0,018	0,359	
Tempo de espera no sistema (em diasúteis)	E(W)	0,608	0,771	
Tempo de espera na fila (em dias úteis)	E(Wq)	0,195	0,358	
Fator de utilização do servidor	E(P)			0,454

Fonte: O autor (2019).

A partir dos resultados acima, é possível afirmar que o atendimento com um servidor para todas as requisições com prioridade alta sem preempção é o suficiente para o sistema, conforme indicado pelo fator de utilização do servidor, que se apresenta em 0,45, ou seja, uma ociosidade de 55%. Ademais, se aumentar o número de servidores para este atendimento a ociosidade aumenta mais, sem ganhos, haja vista a demanda de prioridades para perícias documentoscópicas ser baixa.

Visando complementar a análise em questão, tem-se a Tabela 7, a seguir, que compara e evidencia a diferença entre os tempos médios de cada etapa no sistema, em dias úteis.

Tabela 7 - Comparação nos tempos de cada etapa do sistema de atendimento de prioridade alta e o sistema geral de atendimento

Classe	Chegada - Início do atendimento	Tempo - Atendimento	Término - Atendimento - Arquivamento	Tempo - Sistema
Sistema de atendimento de prioridade alta	1,43	2,49	3	6,92
Sistema Geral de atendimento	9,7	2,42	7,51	19,63

Fonte: O autor (2019).

Os dados acima foram dissecados a partir dos dados calculados e aplicados para comparar os dois sistemas e identificar gargalos. Inicialmente cabe confirmar que o tempo no sistema da classe de prioridade alta é bem menor (6,92) que o tempo de atendimento do sistema geral de atendimento (19,63). Outra constatação é que o tempo médio de atendimento das requisições nos dois sistemas é praticamente o mesmo, não havendo diferença entre estar no sistema de prioridade alta ou no sistema geral. No entanto, observa-se que os tempos nos dois sistemas entre a chegada nos sistemas e o início do atendimento, bem como o tempo pós-atendimento até seu arquivamento são demasiadamente elevados, onde no primeiro sistema representa 64% e no segundo sistema representa 87,67%, confirmando a análise no item 4.5.2 que os gargalos estão nestas etapas do sistema de requisição pericial.

Por fim, fica evidenciado que, em virtude da baixa demanda de prioridades altas estas requisições não necessitam da interrupção do atendimento, ou seja, não é necessário ter prioridade com preempção neste sistema.

4.6 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO MODELO M/M/C

Aqui se fez importante a aplicação do modelo M/M/c para outras situações reais. Como o atendimento da perícia documentoscópica pode ser realizado por vários peritos, cabendo ao responsável distribuir para um número maior ou menor número de PCFs, conforme a demanda por perícia, desconsiderando aqui outras atividades, a análise de sensibilidade visa apoiar o decisor a dimensionar o número de servidores necessários para cada experimento, bem como entender o comportamento do sistema e avaliar sua operação. Portanto, toda mudança de parâmetros nesta análise buscou demonstrar, direta ou indiretamente, o estado da fila quando os clientes chegam, aguardam, recebem o atendimento e deixam o sistema. As Tabelas 8 e 9, resumidamente, informam as simulações realizadas neste estudo, conforme a sua característica: sistema geral e sistema com duas classes de prioridade.

Tabela 8- Análise de sensibilidade (AS) no sistema geral de atendimento

Sistema Geral				
AS1	Chegadas (λ)	1,10	1,10	1,10
	Servidores (c)	5	4	3
AS2	Chegadas (λ)	3	5	9
	Servidores (c)	8	13	22

Fonte: O autor (2019).

Tabela 9- Análise de sensibilidade (AS) no sistema com duas classes de prioridade

Sistema com Duas Classes de Prioridades			
		Prioridade Alta	Prioridade Baixa
AS3	$\lambda = 1,10$	20%	80%
AS4	$\lambda = 3$	10%	90%
AS5	$\lambda = 5$	20%	80%

Fonte: O autor (2019).

4.6.1 Sistema geral

No primeiro momento, a simulação visa identificar o número ideal de servidores para atender o sistema, haja vista que com seis servidores, o coeficiente de utilização é de 0,447, índice baixo. Diante do exposto, os parâmetros foram assim definidos: $\lambda = 1,10$ e $\mu = 0,41$. Fazendo uso dos cálculos em planilha do Microsoft Excel, têm-se os seguintes resultados, no modelo de Hillier e Lieberman (2013), evidenciados na Tabela 10, a seguir.

Tabela 10 - Modelo M/M/c - com alterações no número de servidores

Descrição	Símbolo	Valor	Valor	Valor
Quantidade de Servidores		5	4	3
Número de Clientes esperando	E(L)	2,873	3,465	9,511
Comprimento da Fila	E(Lq)	0,190	0,783	6,828
Tempo de espera no sistema (em dias úteis)	E(W)	2,612	3,150	8,646
Tempo de espera na fila (em dias úteis)	E(Wq)	0,173	0,711	6,207
Fator de utilização do servidor	E(P)	0,536	0,670	0,894

Fonte: O autor (2019).

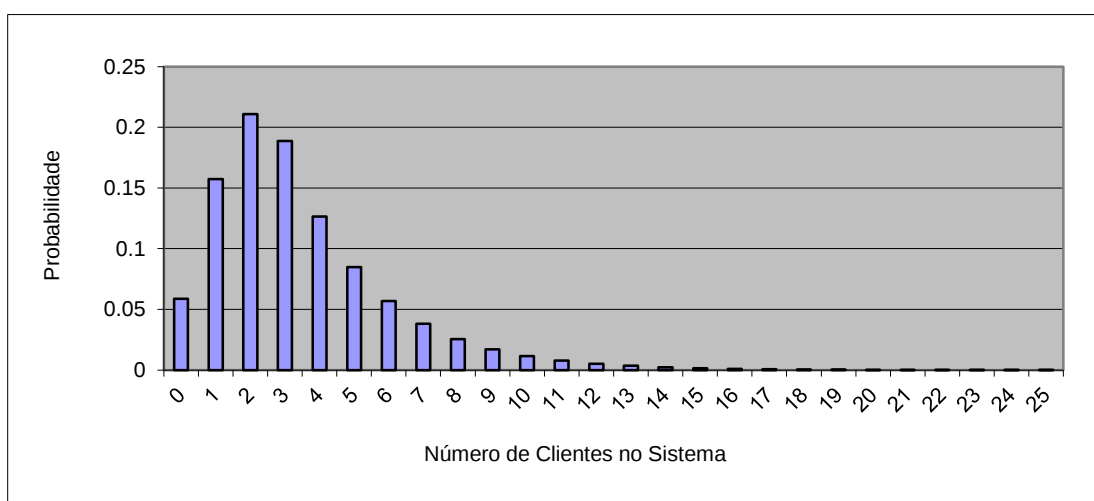
Ao analisar a Tabela 10, inicialmente observa-se que o uso de cinco servidores, apesar de reduzir a ociosidade de aumentar alguns indicadores em relação ao uso de seis servidores, o aumento é insignificante, pois o número de clientes esperando passa de 2,734 para 2,873, o comprimento da fila passa de 0,051 para 0,783, o tempo de espera no sistema passa de 2,485 para 2,612 e o tempo de espera na fila passa de 0,046 para 0,173, cabendo na melhoria do fato de utilização que passa de 0,447 para 0,536. Ou seja, é possível reduzir o número de servidores e melhor o custo-benefício do sistema.

Ao contrário, o uso de apenas três servidores, apesar de reduzir a ociosidade para quase 10% (fator de utilização do servidor é 0,894), evidencia que todos os outros indicadores pioram consideravelmente, cabendo destaque para o número de clientes esperando que passa para quase 10, bem como o comprimento da fila que passa para 6,828, o tempo de espera no sistema que passa para 8,646 e o tempo de espera na fila que vai para 6,207. Mesmo assim, também é possível utilizar esta quantidade de servidores neste sistema, haja vista que o tempo de espera no sistema é menor que 10 dias úteis (prazo legal).

No entanto, é possível perceber que a opção com quatro servidores melhor atende às condições impostas pelos parâmetros estabelecidos, pois, ao tempo que reduza ociosidade dos servidores para 33% (fator de utilização sobe para 0,670), o aumento do número de clientes (3,465), do comprimento da fila (0,783), do tempo de espera no sistema (3,150) e do tempo de espera na fila (0,711) é pequeno diante do ganho de produtividade.

Assim, cabe à Chefia do SETEC da unidade pericial avaliar o custo-benefício da manutenção de seis PCFs realizando exames documentoscópicos. Vale destacar que na presente análise não se levou em conta utilização dos servidores para outras atividades periciais e policiais. O Gráfico 11 apresenta a distribuição de probabilidade da existência de requisições na fila considerando quatro servidores.

Gráfico 11- Distribuição de probabilidade em função do número de clientes na fila M/M/c, para $c = 4$



Fonte: O autor (2019).

Neste modelo, a probabilidade de se ter mais de dois clientes na fila, reduz a cada incremento de cliente, chegando a ser menor que 5% a partir de 7 clientes na fila.

In concluso, observa-se que:

- a) Quando se reduz o número de servidores, ρ aumenta e o tamanho da fila também aumenta;
- b) No sistema em questão, o tempo de resposta é muito importante; portanto, a fila deve ser pequena. O ρ próximo a 0,6 é o ideal, ou seja, com quatro servidores;
- c) A centralização é melhor que a descentralização; portanto, mesmo que a fila cresça, neste caso, o ganho com a especialização do atendimento tende a reduzir a fila e aumentar a produtividade do PCF;
- d) A manutenção da fila única fortalecerá a melhora no atendimento;
- e) O custo de aumento do comprimento das filas e dos tempos de espera são insignificantes perante o ganho de produtividade, com quatro servidores;
- f) Tempo de espera no sistema deve ser menor que o tempo legal de 10 dias estabelecido no CPP para realização da perícia.

Nesta segunda análise de sensibilidade, o estudo visa modificar os parâmetros para apresentar ao gestor simulações no sistema visando melhorar a gestão das pendências em outras situações. Diante do exposto, os parâmetros foram assim definidos:

- a) Quanto às taxas de chegadas: foram escolhidas com base na média de algumas semanas de três a cinco requisições/dia, e a simulação com chegada de nove requisições em um evento que não ocorreu na amostra;
- b) Quanto ao tempo de atendimento: será mantida a média calculada real, que ficou em 2,41 dias para uma requisição; e
- c) O fator de utilização do servidor tenderá a 1, ou seja, tentar chegar ao limite inferior a 1 onde ocorrerá a menor ociosidade possível para o equilíbrio do sistema.

Fazendo uso dos cálculos em planilha do Microsoft Excel, têm-se os seguintes resultados, no modelo de Hillier e Lieberman (2013), evidenciados na Tabela 11, a seguir.

Analisando os dados da Tabela 11, é possível observar que as consequências para um aumento do λ são perigosas para o sistema, quando da inexistência de servidores suficientes para o atendimento. No entanto, como as chegadas são Poisson, tais eventos podem ocorrer em

um dia aleatório ou em uma semana, porém como foi observado não há chegada em determinados dias, a média cai e o sistema pode voltar à estabilidade.

Tabela 11 - Modelo M/M/c - com alterações na taxa de chegada e número de servidores

Descrição	Símbolo	Valor	Valor	Valor
Chegadas - λ		3	5	9
Quantidade de Servidores (c)		8	13	22
Número de Clientes esperando	E(L)	15,265	23,673	466,417
Comprimento da Fila	E(Lq)	7,948	11,478	444,466
Tempo de espera no sistema (em dias úteis)	E(W)	5,088	4,734	51,824
Tempo de espera na fila (em dias úteis)	E(Wq)	2,649	2,295	49,385
Fator de utilização do servidor	E(P)	0,914	0,938	0,997

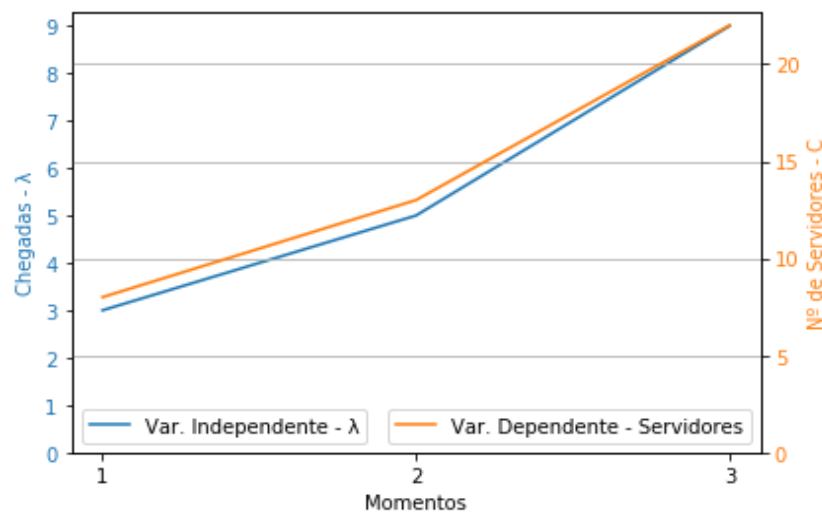
Fonte: O autor (2019).

O interessante na simulação em questão é verificar que, apesar do aumento do número de clientes esperando na fila (15,265 e 23,673) e do comprimento das filas (7,948 e 11,478), quando o λ (chegadas) cresce de três para cinco, respectivamente, ocorre uma redução no tempo de espera no sistema (5,088 e 4,734) e na fila (2,649 e 2,295), com um leve aumento do fator de utilização do servidor (0,914 e 0,938), mesmo com o aumento de servidores de 8 para 13.

Um grande problema pode surgir, quando o λ (chegadas) cresce para nove, porque o sistema irá praticamente entrar em colapso, pois todos os indicadores passam a ter números muito elevados, como: o número de clientes esperando chega 466,417, o comprimento da fila é 444,466, o tempo de espera no sistema e na fila passam, respectivamente, para 51,824 e 49,385, isto sem contar na necessidade de se ampliar o número de servidores para 22 com utilização máxima em 99,70%, ou seja, sem ociosidade e dedicação exclusiva para o referido atendimento.

Para finalizar, coube observar a existência de uma forte correlação entre o aumento da taxa de chegada e a necessidade de se incrementar o número de peritos no atendimento das requisições periciais para evitar gargalos, onde o coeficiente de correlação é $r = 0,9996$, nos três momentos supramencionados, onde o momento 1 ($\lambda=3/c=8$), 2 ($\lambda=5/c=13$) e o 3 ($\lambda=9/c=22$), conforme evidenciado no Gráfico 12, a seguir.

Gráfico 12- Correlação entre a taxa de chegada (λ), variável independente, e o número de servidores para o atendimento, variável dependente



Fonte: O autor (2019).

4.6.2 Sistema com duas classes de prioridade

Tal modelagem tem como foco verificar a reação do sistema ao mudar a chegada de eventos com prioridade alta. Para a primeira simulação, foram definidos os seguintes parâmetros:

- Taxa de chegadas prioritárias: corresponde à 20% do total;
- Quanto ao tempo de atendimento: foi mantida a média calculada real, que ficou em 2,41 dias pra uma requisição; e
- A taxa de chegada geral foi mantida em 1,10.

Fazendo uso dos cálculos em planilha do Microsoft Excel, na Tabela 12, têm-se os seguintes resultados, com base no modelo Hillier e Lieberman (2013):

Tabela 12 - Modelo M/M/c - 2 classes de prioridade (alta - 20% e baixa - 80%) $\lambda = 1,10$

Descrição	Símbolo	Prioridade Alta	Prioridade Baixa	Total
λ total		0,22	0,88	1,10
Número de Clientes esperando	E(L)	0,136	0,696	
Comprimento da fila	E(Lq)	0,045	0,333	
Tempo de espera no sistema (em dias úteis)	E(W)	0,619	0,792	
Tempo de espera na fila (em dias úteis)	E(Wq)	0,206	0,378	
Fator de utilização do servidor	E(P)			0,454

Fonte: O autor (2019).

Conforme exposto, é possível observar as consequências para a fila quando as chegadas de classe prioritária aumentam para 20% do total é pequena. Os indicadores acima na classe prioritária alta e baixa se mantêm muito próximos do mesmo nível de estabilidade do sistema quando as altas prioridades são 9%, mantendo, inclusive, a mesma condição de ter um servidor para atender essas prioridades, mas reduzindo para quatro servidores o atendimento de prioridades baixas.

Para a segunda simulação, foram definidos os seguintes parâmetros:

- a) Taxa de chegadas prioritárias: corresponde à 10% do total;
- b) Quanto ao tempo de atendimento: foi mantida a média calculada real, que ficou em 2,41 dias pra uma requisição; e
- c) A taxa de chegada geral foi aumentada para $\lambda = 3$.

Fazendo uso dos cálculos em planilha do Microsoft Excel, na Tabela 13, a seguir, têm-se os seguintes resultados, com base no modelo de Hillier e Lieberman (2013):

Tabela 13 - Modelo M/M/c - 2 classes de prioridade (alta - 10% e baixa - 90%) $\lambda = 3,0$

Descrição	Símbolo	Prioridade Alta	Prioridade Baixa	Total
λ total		0,30	2,70	3,00
Número de clientes esperando	E(L)	0,155	1,857	
Comprimento da fila	E(Lq)	0,031	0,742	
Tempo de espera no sistema (em dias úteis)	E(W)	0,517	0,688	
Tempo de espera na fila (em dias úteis)	E(Wq)	0,104	0,274	
Fator de utilização do servidor	E(P)			0,619

Fonte: O autor (2019).

Conforme exposto, é possível perceber que o sistema e o atendimento da classe de prioridade alta não sofrem alteração nos indicadores, mas, o sistema de baixa prioridade tem o número de clientes aumentado para 1,857, e torna-se necessário que atendimento de alta prioridade ocorra com dois peritos e que o atendimento de baixa prioridade ocorra com dez peritos, para um fator de utilização do servidor próximo a 0,619.

Para a terceira simulação, foram definidos os seguintes parâmetros:

- a) Taxa de chegadas prioritárias: corresponde à 20% do total;
- b) Quanto ao tempo de atendimento: foi mantida a média calculada real, que ficou em 2,41 dias pra uma requisição; e
- c) A taxa de chegada geral foi aumentada para $\lambda = 5$.

Fazendo uso dos cálculos em planilha do Microsoft Excel, na Tabela 14, a seguir, têm-se os seguintes resultados, com base no modelo de Hillier e Lieberman (2013):

Tabela 14 - Modelo M/M/c - 2 Classes de Prioridade (alta - 20% e baixa - 80%) $\lambda = 5,0$

Descrição	Símbolo	Prioridade Alta	Prioridade Baixa	Total
λ total		1,00	4,00	5,00
Número de Clientes esperando	E(L)	0,489	2,629	
Comprimento da Fila	E(Lq)	0,076	0,976	
Tempo de espera no sistema (em dias úteis)	E(W)	0,489	0,657	
Tempo de espera na fila (em dias úteis)	E(Wq)	0,076	0,244	
Fator de utilização do servidor	E(P)			0,688

Fonte: O autor (2019).

Conforme a simulação exposta, é possível perceber que o sistema e o atendimento da classe de prioridade alta novamente não sofrem alteração, mas, o sistema de baixa prioridade tem o número de clientes aumentado para 2,629, sendo necessário aumentar novamente a quantidade de servidores - aqui, três servidores, para o atendimento de prioridade alta e 15 servidores para o atendimento de baixa prioridade, para uma aproximação do fator de utilização destes servidores em 0,688, ou seja, quase 68% de produtividade.

Destarte, analisando as três simulações nas classes de atendimento prioritário, tanto alta como baixa, mostra-se evidente que no sistema de nascimento-e-morte, o impacto maior ocorre no sistema de baixa prioridade, pois com a elevação das chegadas de alta prioridade torna-se necessário deslocar servidores para esse tipo de atendimento, impactando diretamente nos demais atendimentos.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Seguem as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo foram introduzidos os principais problemas na gestão do processo de atendimento da perícia na Polícia Federal -PF.

Grande parte dos estudos sobre a Teoria das Filas foca nos gargalos e nos tempos de atendimento - que não seria diferente por causa da importância em atender, dentro do prazo legal, as requisições de perícia.

O sistema foi modelado de modo que as requisições são os usuários de uma fila comum, e os servidores de atendimento são os peritos, devendo estes realizar o exame e elaborar documento técnico (laudo pericial) para cada requisição.

O período selecionado para a coleta de dados no Sistema de Informações em Bases Criminais - SISCRIM foi de janeiro de 2017 a junho de 2017, período chefiado pelo autor deste estudo, proporcionando boa amostragem de como funciona o sistema de atendimento da perícia documentoscópica, conforme os testes de aderência apresentados.

A simulação deste sistema apresentou diversas vantagens, quais sejam:

- a) Permitir analisar um novo sistema antes de sua realimplantação;
- b) Melhorar a operação do sistema já existente;
- c) Compreender melhor o funcionamento do atual sistema;
- d) Melhorar a comunicação vertical entre o pessoal da operação;
- e) Confrontar resultados simulados e reais;
- f) Medir eficiências do sistema.

A partir dos resultados das vantagens supramencionadas e das medidas de desempenho e da análise de sensibilidade com a aplicação do modelo M/M/c, é possível avaliar e modificar, com justificativa científica, o número de servidores para atender as requisições estudadas.

Portanto, torna-se imprescindível que o gestor tenha à disposição, semanalmente, haja vista o prazo legal (geral) para atendimento ser de 10 dias corridos, a taxa de chegada das requisições, para que se possa planejar e definir o número de peritos que atenderá tal demanda e, assim, evitar gargalos na fila e atendimento superior ao prazo legal na semana subsequente.

Outra importante informação levantada neste estudo é que a partir dos dados reais de chegada e de atendimento foi verificado que com a média da taxa de chegada em $\lambda = 1,10$ e com a média da taxa de atendimento em $\mu = 0,41$, o número ideal de servidores para atender é de quatro peritos, visando a estabilidade do sistema, com o fator de utilização dos servidores de $\rho = 0,67$, ou seja, a ociosidade de 33% para estes atendimentos. Esta conclusão é importante porque no restante do tempo os peritos podem atuar em outras atividades policiais. Importante destacar o posicionamento de Moreira (2010), que a fila não se forma tão somente por um problema de capacidade de atendimento, mas também devido à variabilidade tanto no intervalo entre as chegadas como no tempo de atendimento - afirmação que corrobora com a atual situação do sistema, pois, em abril de 2019, identificou-se uma fila com 64 requisições pendentes. Ou seja, o sistema continua com falhas no sistema de atendimento pericial.

Outra análise importante é que o atendimento das prioridades com classificação alta segue um tempo médio no sistema de 6,92, muito inferior ao sistema de prioridade baixa (19,63). A partir da comparação das duas classes de atendimento, observa-se a existência de um gargalo entre o fim do atendimento de prioridade baixa e a entrega do laudo para o requisitante - em média 7,51 dias úteis, tempo elevado e que pode facilmente ser reduzido com mudanças internas de protocolo para agilizar as etapas pré e pós-atendimento. Haja vista que se consome em média 65% do tempo do sistema das prioridades altas e 87% do tempo do sistema das prioridades baixas na burocracia do sistema, ou seja, fora do tempo de atendimento.

Este estudo permite avançar nos conceitos dos registros do SISCRIM, corrigindo cálculos que no sistema se apresentam como tempo de atendimento, onde, na verdade, o correto é tempo de sistema, podendo evoluir para todos os demais indicadores da fila requisições periciais.

Outra importante medida, para melhoria da gestão do sistema estudado é buscar a efetividade do sistema usando como referência os resultados do modelo M/M/c com 4 servidores, onde a medida de tempo que um cliente é forçado a esperar na fila e no sistema seja, respectivamente, de 0,711 e 3,15 dias, que o acúmulo de clientes na fila e no sistema sejam de 0,783 e 3,465, respectivamente, além de elevar o fator de utilização do servidor para 67%. Para finalizar, vale destacar o resultado das simulações no sistema de nascimento-e-morte aqui analisado:

- a) O aumento das chegadas causa impacto diretamente no tamanho das filas e no tempo que a requisição permanece no sistema, ou seja, quanto maior a chegada, mais tempo a requisição estará na fila, elevando o número de pendências;

- b) O aumento das chegadas de requisições classificadas como alta prioridade impacta diretamente o atendimento de baixa prioridade, ou seja, os tempos na fila dos atendimentos de baixa prioridade aumentam;
- c) Com as alterações supramencionadas, torna-se imprescindível que o gestor tenha à disposição servidores para atender às variações de demanda, buscando promover a estabilidade ao sistema;
- d) Após a identificação do gargalo na etapa pós-atendimento pericial e antes da saída do sistema pericial de atendimento, durante o estudo, a chefia do SETEC implementou uma divisão na secretaria em duas: entrada e saída, com um servidor para cada, agilizando o processo de conferência, lançamentos no sistema e saída do laudo com o material periciado entrega do laudo com maior celeridade.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Algumas sugestões de pesquisa para trabalhos futuros podem aprofundar a problemática aqui pesquisada, aumentando as áreas da perícia e redimensionando não apenas o número de servidores, mas estabelecer uma melhoria na produtividade do sistema, quais sejam:

- a) Agregar métodos de decisão multicritério à decisão sobre um gargalo identificado no processo modelado pela Teoria das Filas;
- b) Expandir o modelo estudado para todas as áreas de uma unidade pericial ou a nível nacional;
- c) Avaliar todo o processo de atendimento de uma investigação policial;e
- d) Avaliar as chegadas de denúncias ou representações.

Para finalizar, outro estudo futuro que poderia ser realizado é a aplicação de matrizes na área da perícia criminal federal, com o cálculo de todas as taxas de chegada de cada área e suas respectivas taxa de atendimento, permitindo ao decisor compartilhar recursos humanos entre as áreas da perícia, bem como resolver os gargalos, com o estabelecimento de atributos e priorização de problemas, reduzindo o prazo de atendimento.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. L. *Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para a análise de decisão*. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
- BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília. 1988
- BRASIL. *Decreto-Lei n. 3.689, de 03 de outubro de 1941*. Rio de Janeiro, 1941
- BRASIL. Polícia Federal. Diretoria Técnico-Científica. *Sistema de Informações em Bases Criminais*. Brasília, 2018.
- CAI, G.Q.; ZHU, W.Q. *Elements of Stochastic Dynamics*. New Jersey (USA): World Scientific, 2016.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. *Modelagem e simulação de eventos discretos: Teoria & aplicações*. São Paulo: Elsevier, 2014.
- DORTON, S. L.; LIU, D. Effects of baggage volume and alarm rate on airport security screening checkpoint efficiency using queuing networks and discrete event simulation. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, v. 26, n. 1, p.95-109, 2016.
- FOGLIATTI, M. C.; MATTOS, N. M. *Teoria de filas*. Rio de Janeiro: Interciência, 2007.
- GREEN, L. V.; SOARES, J.; GIGLIO, J. F.; GREEN, R. A. Using Queuing Theory to increase the effectiveness of emergency department provider staffing. *Acad. Emerg. Med.*, v.13, n.1, p. 61-68, 2006.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. *Introdução à pesquisa operacional*. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.
- KENDALL, D. G. Some problems in the Theory of Queues. *Royal Stat. Soc.*, v. B13, p. 151-185, 1951.
- LAW, A. M.; KELTON, W. D. *Simulation modeling & analysis*. 2. ed. New York: McGraw Hill, 1991.
- McMANUS, M. L.; LONG, M. C.; COOPER, A.; LITVAK, E. Queuing Theory accurately models the need for critical care resources. *Anesthesiology*, v.100, n. 5, p. 1271-1276, 2004.
- MOREIRA, D. A. *Pesquisa Operacional: curso introdutório*. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- MOURA, M. C.; SANTANA, J. M.; DROGUETT, E. L.; LINS, I. D.; GUEDES, B. N. Analysis of extended warranties for medical equipment: A Stackelberg game model using priority queues. *Reliability Engineering & System Safety*, v.168, p. 338-354, 2017.
- PALA, A.; ZHUANG, J. Security screening queues with impatient applicants: A new model

with a case study. *European Journal of Operational Research*, v. 265, n. 3, p. 919-993, 2018.

PRADO, D. *Teoria das Filas e da simulação*. 2. ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2004.

R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for statistical computing. Versão. 3.5.0. Vienna, Austria. 2018. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. *Administração da produção e operações*. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

SISCRIM/DITEC/PF. Sistema de Informações em Bases Criminais da Polícia Federal. 2019.

TAHA, H. A. *Pesquisa operacional: Uma visão geral*. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

WANG, C.; BEGGS-CASSIN, M.; WIEN, M. L. Optimizing ballistic imaging operations. *J. Forensic. Sci.*, v. 62, n. 5, p. 1188-1196, 2017.

