



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ALINE ROBERTA SOUZA DA SILVA

**PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE PRIORIZAÇÃO DE FILAS PARA
MELHORIA DO DESEMPENHO NA GESTÃO DE COMPRAS EM UMA
INDÚSTRIA DO SETOR SIDERÚRGICO**

RECIFE
2023

ALINE ROBERTA SOUZA DA SILVA

**PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE PRIORIZAÇÃO DE FILAS PARA
MELHORIA DO DESEMPENHO NA GESTÃO DE COMPRAS EM UMA
INDÚSTRIA DO SETOR SIDERÚRGICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Graduação em Engenharia de Produção.

Orientador (a): Alexandre Ramalho Alberti

Recife

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Da Silva, Aline Roberta Souza.

Proposição de um modelo de priorização de filas para melhoria do desempenho na gestão de compras em uma indústria do setor siderúrgico / Aline Roberta Souza Da Silva. - Recife, 2023.

56 : il., tab.

Orientador(a): Alexandre Ramalho Alberti

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia de Produção - Bacharelado, 2023.

Inclui referências, apêndices.

1. Compras. 2. Disciplina de filas. 3. Priorização. 4. Simulação. I. Alberti, Alexandre Ramalho . (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

ALINE ROBERTA SOUZA DA SILVA

**PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE PRIORIZAÇÃO DE FILAS PARA
MELHORIA DO DESEMPENHO NA GESTÃO DE COMPRAS EM UMA
INDÚSTRIA DO SETOR SIDERÚRGICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Graduação em Engenharia de Produção.

Aprovado em: 27/04/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rodrigo José Pires Ferreira
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Raphael Harry Frederico Ribeiro Kramer
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, sem Ele não conseguiria chegar a lugar algum, a Ele toda Glória. Aos meus pais, Edmilson Roberto da Silva e Adriana Souza da Silva que mesmo com toda as dificuldades enfrentadas se esforçaram para apoiar no meu desenvolvimento pessoal e influenciaram diretamente na minha formação enquanto pessoa e profissional.

Ao meu amado esposo, Wellington Luiz Antonio por todo companheirismo, apoio e paciência não só durante o período de escrita deste trabalho, mas também durante toda a graduação, sendo um dos meus principais incentivadores.

Aos meus irmãos Eleomar Emerson e Erlon Henrique por proporcionar momentos de leveza em meio a situações mais difíceis e me incentivar a não desistir. A todas as meninas que dividiram um pouco da sua trajetória comigo na casa de estudante feminina da Universidade Federal de Pernambuco.

Aos meus professores que acompanharam e contribuíram para meu desenvolvimento intelectual me embasando com conteúdo científico e me permitindo entender um pouco mais sobre a Engenharia de Produção em face de seus mais diferentes aspectos.

Ao meu orientador por me auxiliar no processo de elaboração desse estudo e a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para que esta tão sonhada finalização de ciclo chegasse. Fica aqui meu muito obrigada a todos.

RESUMO

Com um processo centralizado de demandas de compras acaba que a formação de filas para o processamento de requisições é inevitável e o atraso na emissão de pedidos de compras a fornecedores aumenta, gerando insatisfação de clientes internos, reduzindo o nível de serviço a estes prestado. Dessa maneira torna-se um grande desafio aos gestores de compras traçar um plano de controle e dimensionamento do sistema de atendimento, bem como minimizar insatisfações diárias de requisitantes relativas a atrasos no atendimento de suas demandas. Em cenários onde se tem sistemas com altas demandas e restrição de capacidade do servidor, a priorização de atendimento torna-se uma alternativa na tentativa de minimizar tempos de espera. Nesse contexto, o presente estudo se propõe a elaborar uma disciplina de filas alternativa, com base em regras de priorização para atendimento de demandas de compras de serviços de manutenção industrial e análise do desempenho do serviço prestado frente a definição de critérios com base no estudo de caso desenvolvido. Além disso, este estudo se propõe a testar diferentes cenários e condições importantes para o cenário observado, com o auxílio de simulação e assim ser útil para apoiar gestores de compras, auxiliando no planejamento da capacidade para atendimento e melhoria do sistema de atendimento a demandas industriais.

Palavras-chave: Compras. Disciplina de filas. Priorização. Simulação.

ABSTRACT

With a centralized purchasing demand process, the formation of queues for request processing is inevitable, and delays in issuing purchase orders to suppliers increase, generating dissatisfaction among internal customers and reducing the level of service provided to them. Therefore, it becomes a significant challenge for purchasing managers to develop a control and sizing plan for the service system while minimizing daily dissatisfaction from requesters regarding delays in meeting their demands. In scenarios with high demand systems and server capacity constraints, prioritizing service becomes an alternative to minimizing wait times. In this context, this study proposes to develop an alternative queue discipline based on prioritization rules for the service of industrial maintenance purchasing demands and to analyze the performance of the service provided based on the criteria definition developed in the case study. Additionally, this study aims to test different scenarios and important conditions for the observed scenario with the aid of simulation, and to be useful in supporting purchasing managers in planning capacity for service and improving the service system for industrial demands.

Keywords: Purchasing. Queue discipline. Prioritization. Simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Grupos de prioridade de demandas.....	26
Figura 2- Critérios de realocação para grupo 1	27

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Taxas de chegada	24
Quadro 2- Identificação dos parâmetros de entrada do modelo e variáveis de decisão	27
Quadro 3- NS e T_{ms} : cenário de $n=1$ servidor	30
Quadro 4- NS e T_{ms} : medida 1.....	31
Quadro 5- NS e T_{ms} : medida 2.....	33
Quadro 6- Descrição dos cenários para $P=0,5$	34
Quadro 7- Valor dos parâmetros utilizados	35
Quadro 8- NS e T_{ms} : cenário 1	35
Quadro 9- Implicação da variação da taxa de chegada da segunda feira no cenário 1	36
Quadro 10- NS e T_{ms} : cenário 2.....	37
Quadro 11- NS e T_{ms} : cenário 3.....	38
Quadro 12- NS e T_{ms} : cenário 4.....	39
Quadro 13- Cenário 1 ($q_e = q_{ne} = 0,7$ e $P=0,8$)	40
Quadro 14- Cenário 2 ($q_e = q_{ne} = 0,3$ e $P = 0,8$)	41
Quadro 15- Cenário 3 ($q_e > q_{ne}$ e $P = 0,8$)	42
Quadro 16- Cenário 4 ($q_e < q_{ne}$ e $P = 0,8$)	42
Quadro 17- NS e T_{ms} : Sobrecarga do sistema equilibrado	43
Quadro 18- NS e T_{ms} : Sobrecarga do sistema desequilibrado.....	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivos	13
1.2	Metodologia	14
1.3	Estrutura do Trabalho	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1	Cadeira de suprimentos	16
2.2	Atores do processo de compras	16
2.3	Tecnologias utilizadas no processo de compras	17
2.4	Teoria das filas	18
2.5	Simulação	19
2.6	Nível de serviço	20
2.7	Revisão da literatura	20
3	ESTUDO DE CASO	23
3.1	Contexto de estudo	23
3.2	Análise do sistema de filas estudado	23
3.3	Proposição de um modelo de priorização de demandas	25
3.4	Modelagem matemática	27
3.5	Critério de avaliação	28
4	APLICAÇÃO DO MODELO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS	30
4.1	Comparação do desempenho das disciplinas estudadas no gerenciamento de filas ..	30
4.2	Compreendendo melhor os efeitos da disciplina alternativa	34
4.2.1	Proporção de demandas entre as unidades equilibrada ($P = 0,5$)	34
4.2.2	Proporção de demandas em que $P > 0,5$	40
4.3	Superdimensionamento do sistema	43
4.3.1	Em casos do sistema equilibrado ($P=0,5$)	43

4.3.2	Em casos do sistema desequilibrado ($P=0,8$)	44
4.4	Considerações finais do capítulo	45
5	CONCLUSÃO	46
6	Limitações do trabalho	48
7	Sugestões para trabalhos futuros	49
8	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi motivado pela observação de um problema de desempenho do time de compras de uma indústria do setor siderúrgico. Dadas as características estruturais da organização, o time de compras atende a unidades de todo o Brasil, tendo em vista que essa indústria está presente em diversos estados brasileiros.

Pesquisas de opinião recentes realizadas dentro das unidades industriais atendidas indicaram um nível de satisfação baixo entre os clientes internos com relação ao desempenho do setor de compras no atendimento das necessidades das áreas de manutenção industrial. Tendo em vista essa constatação, buscou-se entender mais a fundo esse problema para assim buscar uma solução para auxiliar gestores na melhoria do desempenho no atendimento de demandas de compras.

De acordo com Silva (2010), o comprador encontra-se situado no centro do processo de operacionalização da cadeia de suprimentos, sendo o indivíduo responsável por ser o elo de ligação entre as necessidades e demandas de uma organização e os fornecedores envolvidos no atendimento das necessidades de bens e serviços. Contudo, o processo de gerenciamento de compras e suas mais variadas demandas não é simples. Nesse contexto, o uso de sistemas de informação vem sendo considerado como uma solução para o gerenciamento, monitoramento e controle do processo de aquisição de materiais e serviços (MAÇADA et.al., 2007; MATOS, 2021). No entanto, cabe destacar que a simples implementação de um sistema de informação, em geral, não é suficiente para inibir o surgimento de filas de requisições para processamento, sendo necessário buscar alternativas para aperfeiçoar o gerenciamento de demandas.

A formação de filas pode ser responsável por atrasos na entrega de demandas e consequentes ineficiências no processo, além de causar percepção negativa relacionada ao processo de atendimento. Weiss e Tucker (2018) apontam que, independentemente do local onde a formação de filas ocorre, a espera, na maioria das vezes, é vista como ruim aos clientes, estejam eles presentes fisicamente em uma fila, ou representados por seus processos em um sistema operacionalizado por prestador de serviço à distância (WEISS; TUCKER, 2018).

O fato é que ter que esperar para ser processado é dispendioso e levanta perspectivas negativas sobre o atendimento ao cliente de maneira geral, prejudicando a imagem da empresa.

Sendo assim, a diminuição do tempo de processamento de requisições em um sistema pode refletir positivamente na relação com clientes, estabelecendo uma boa relação entre importantes atores da cadeia, gerando benefícios para o processo produtivo (WEISS; TUCKER, 2018).

Dessa maneira, este estudo visa apresentar um modelo de disciplina alternativa de processamento de filas, implementado a partir da aplicação de regra de priorização desenvolvida e assim mensurar o desempenho do sistema frente a um modelo de disciplina tradicional FIFO (*First In First Out*), que adota a regra primeiro a chegar primeiro a ser atendido (SIVARAMASASTRY, 2017; SAID; KHOUKHI, 2015).

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho consiste em elaborar um modelo para melhorar o desempenho da gestão de compras através do desenvolvimento de uma disciplina de filas alternativa, com regras de priorização para atendimento de demandas, e analisar o seu desempenho frente a disciplina padrão adotada previamente no sistema estudado.

Como objetivos específicos têm-se:

- Elaborar um modelo para priorização de demandas atendidas em sistema de filas;
- Definir o(s) critério(s) para análise de desempenho;
- Desenvolver modelo matemático para a priorização de demandas e por meio de simulação entender o comportamento do sistema de filas observado;
- Observar e coletar dados e características do sistema estudado para aplicação do modelo desenvolvido;
- Aplicar o modelo e analisar dos resultados obtidos.

1.2 Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de um estudo de caso, em que foi utilizado o método dedutivo, onde se parte de uma visão geral para o particular, ou seja, a partir de leis e teorias conhecidas e consagradas na literatura busca-se explicações e previsões para o fenômeno em estudo (CAUCHICK, 2018).

Esse estudo possui finalidade aplicada, pois trata de uma pesquisa-ação que apresenta, portanto, um interesse prático associado, onde o observador do estudo também encontra-se inserido no processo em análise. Nele, a partir da observação de um sistema online de filas para gerenciamento de demandas (requisições de compras), o pesquisador pode observar características do processo para então desenvolver um modelo que permita melhorar o gerenciamento dessas demandas e assim ofertar aos requisitantes um melhor atendimento.

Quanto ao objetivo, a pesquisa em questão pode ser caracterizada como explicativa ou causal, pois os procedimentos adotados utilizam-se de técnicas consagradas, para mostrar a relação de causalidade entre as variáveis envolvidas no contexto do problema (RAUPP; BEUREN, 2006). No estudo em questão, ao determinar os parâmetros da fila se buscará identificar as variáveis que determinam a ocorrência do fenômeno que no caso em questão é a formação de filas de espera e atraso na emissão de pedidos de compras, por exemplo.

Esse trabalho pode ser classificado como de natureza quantitativa, pois busca capturar evidências e lança mão de métodos de modelagem de problemas em pesquisa operacional utilizando-se da teoria das filas para encontrar os parâmetros de um modelo de filas (CAUCHICK, 2018; RAUPP; BEUREN, 2006).

Aplicou-se a modelagem de problema em Pesquisa Operacional, onde se utilizou de técnicas matemáticas e modelagem para entender o funcionamento do sistema de filas estudado, seguindo todo o rigor da modelagem através da: definição e identificação do problema, formulação, solução, testes, validação e interpretação dos resultados do modelo para posterior implementação de recomendações (ZANELLA, 2006).

Quanto às técnicas de pesquisa utilizadas para coletar dados, a presente pesquisa utilizou-se da documentação indireta, onde segundo Marconi e Lakatos (1990) esta é realizada de maneira que o pesquisador recolhe dados a partir de pesquisa documental (fontes primárias), ou seja, a partir de relatórios do sistema de informação da organização, com registros como:

horários de chegada das requisições bem como os tempos de atendimento, entre outros parâmetros necessários a modelagem do problema (MARCONI; LAKATOS, 1990).

1.3 Estrutura do Trabalho

O Capítulo 1 deste trabalho foi dedicado à introdução e contextualização do tema estudado, justificando sua relevância, estabelecendo seus objetivos e apresentando a base metodológica sobre a qual foi desenvolvido. No Capítulo 2 é realizada uma fundamentação teórica sobre os conceitos centrais abordados com o objetivo de embasar o desenvolvimento da pesquisa.

No Capítulo 3 é abordada a revisão da literatura que concentra trabalhos relacionados ao conteúdo deste estudo, para posicionar o mesmo em relação aos avanços já alcançados no ramo de pesquisa estudado. No Capítulo 4 apresenta-se o estudo de caso, contexto da aplicação, análise do sistema em estudo e proposição do modelo e critérios de avaliação.

O Capítulo 5 contempla toda a aplicação do modelo e discussão dos resultados obtido e por fim a conclusão diante dos achados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta os conceitos centrais que são utilizados nesse estudo, fornecendo uma base teórica para o desenvolvimento do estudo de caso bem como traz trabalhos relacionados ao tema de estudo para posicionar este estudo frente aos trabalhos já existentes.

2.1 Cadeira de suprimentos

Segundo Ballou (2009) a cadeia de suprimentos engloba todas as ações e atores necessários para o processo de transformação de *inputs* em *outputs*. Como elementos pertencentes a essa cadeia têm-se: produtos, serviços, informações, recursos financeiros, demanda ou previsões. Como principais *stakeholders* envolvidos nessa cadeia têm-se: cliente, cliente do cliente, fornecedor e fornecedor do fornecedor.

Na visão de Simchi-Levi e Kaminsky (2009) a cadeia de suprimentos também pode ser chamada de rede logística. Nessa cadeia estão presentes fornecedores, centros de produção, depósitos, centros de distribuição, varejistas, matérias primas, estoques de produtos em processo e acabados que se deslocam entre instalações.

A gestão da cadeia de suprimentos é um verdadeiro desafio. Nessa cadeia um dos focos principais é a integração de cada componente, com objetivo de maximizar a eficiência, trazendo assim maior satisfação do cliente e consequentemente o aumento do *market share* e redução de custos para o requisitante do produto ou serviço (SOUZA et al., 2006).

Na perspectiva de Lyra et al. (2009), para sobreviver as empresas precisam traçar metas para suas relações com stakeholders atuais e em potencial como parte de um processo estratégico contínuo de administração, observando suas necessidades e buscando-se chegar a um ponto comum que abarque de maneira consensual os interesses destes.

2.2 Atores do processo de compras

Os atores envolvidos no processo de compras vão desde requisitantes, compradores a fornecedores de bens ou serviços. Segundo Silva (2010), a integração entre as partes interessadas nesse processo é considerada como algo essencial para o negócio. Contudo, essa integração não é algo considerado fácil, dada a complexidade de realização do gerenciamento da cadeia de suprimentos ocasionado pelo grande fluxo de informações decorrentes do processo

de compras e a necessidade de rapidez dado ao senso de urgência estabelecido pelas áreas clientes.

Para que as entregas ocorram de maneira eficaz, o comprador constitui-se como um importante ator nesse processo. Este assume um papel estratégico dentro da cadeia de suprimentos: realizar a aquisição de peças, equipamentos e serviços, levando em consideração o melhor preço, melhor fornecedor, buscando, portanto, receber os produtos/serviços comprados na quantidade, qualidade e tempo adequados (ANDERSEN; ELLEGAARD, 2021).

Dessa forma, a gestão adequada da cadeia de suprimentos proporciona então uma posição de cunho estratégico e ganho de competitividade tendo em vista que passa pelo gerenciamento de elos importantes da cadeia e no monitoramento das contribuições destes para o negócio (RAPOSO et al., 2016).

2.3 Tecnologias utilizadas no processo de compras

No contexto de gerenciamento de demandas de compras, o uso de tecnologia da informação é realizado para facilitar e apoiar a tomada de decisão e emissão de ordens de compras a fornecedores (TANAKA; TAMAKI, 2012).

Para o planejamento de recursos empresariais, do inglês *Enterprise Resource Planning (ERP)*, muitas empresas se utilizam da tecnologia SAP que apresenta um sistema de software que auxilia as organizações a administrar seus processos, oferecendo suporte à automação destes indo desde processos de finanças, recursos humanos, produção, cadeia de suprimentos, serviços, entre outros, oferecendo assim um fluxo de informações de maneira mais integrada e rastreável (SAP, 2023).

Os sistemas de informação são, portanto, importantes ferramentas utilizadas no apoio ao gerenciamento de demandas de compras. No entanto, nem sempre apenas o fator sistema é suficiente para garantir que as requisições de compra sejam atendidas em tempo oportuno, tem-se também o fator humano influenciando diretamente nessa entrega. Dessa maneira, devido a limitação de processamento associada a esse fator, por vezes atrasos podem ocorrer gerando insatisfação do cliente, perda de produtividade e consequentemente de lucro para empresa, dado a formação de filas no sistema de processamento (MATTOS, 2016).

2.4 Teoria das filas

A teoria das filas trata do estudo da espera em todos os seus âmbitos. Essa teoria utiliza-se de “modelos de filas para representar os diversos tipos de sistemas de filas que surgem na prática” (HILLIER; LIEBERMAN, 2013, p. 728).

Hillier e Lieberman (2013) apresentam em seu livro o processo básico de filas, como sendo estruturado da seguinte forma: os clientes chegam ao sistema ao longo do tempo para serem processados através de fontes de entrada, logo após entram no sistema de filas e aguardam atendimento. Em certos instantes um integrante da fila é selecionado para ser atendido conforme a disciplina (regra de processamento) da fila e então a demanda é atendida através de um mecanismo de atendimento e após a finalização desse mecanismo o cliente sai do sistema.

Segundo Soares (2019) quando o número de chegadas e o instante de tempo em que elas ocorrem na fila são desconhecidos, pode-se dizer que este processo se desdobra de maneira aleatória. Nessas circunstâncias o processo é modelado por uma distribuição de probabilidade. De acordo com o autor, a quantidade de demandas geradas dentro de um intervalo de tempo trata-se de uma distribuição de Poisson.

No processo de chegadas de Poisson uma característica muito importante é a independência entre as chegadas, ou seja, nesse processo a chegada de uma demanda não afeta o ritmo das chegadas das demandas subsequentes, então a chance de uma nova chegada é a mesma durante um determinado período de tempo. Isso pode ser explicado pela propriedade da falta de memória, comumente relacionada a distribuição exponencial, ou seja, a probabilidade de o tempo entre eventos consecutivos ser maior que um determinado tempo t não é afetada pelo tempo que já passou desde o último evento (SOARES, 2019; HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

A distribuição exponencial associada a um processo de Poisson é, portanto, caracterizada pela taxa de chegada, que representa o número médio de chegadas por unidade de tempo. Isso é útil para modelar sistemas de filas, onde a taxa de chegada é uma medida importante para dimensionar a capacidade do sistema e prever o tempo de espera médio (LUBICZ; MIELCZAREK, 1987).

2.5 Simulação

Modelos de simulação retratam cenários reais de maneira simplificada e são úteis quando se faz necessário prever o comportamento de sistemas complexos e dinâmicos ou mesmo testar diferentes cenários em um ambiente controlado para avaliação do desempenho destes e pode ser aplicada a uma ampla gama de campos, incluindo engenharia, negócios, saúde e ciências sociais (MORAIS; SILVA, 2021; BANKS; CARSON; NELSON, 1996).

A partir da geração de um conjunto de números aleatórios baseados em parâmetros do sistema real, a simulação pode ser usada para avaliar o comportamento de um sistema ao longo do tempo. Assim, números aleatórios são usados para representar a incerteza e a variabilidade que são comuns em muitos sistemas do mundo real, permitindo portanto que os usuários testem diferentes alternativas antes de implementá-las, sendo útil para apoio na tomada de decisões gerenciais (MORAIS; SILVA, 2021; BANKS; CARSON; NELSON, 1996; FREITAS FILHO, 2008, PRADO, 2017).

Um conjunto de números aleatórios trata-se de uma sequência de valores que são gerados aleatoriamente, seguindo uma distribuição de probabilidade pré-determinada. São esses valores que são usados como entradas para simulações de sistemas ou experimentos estocásticos (MACLAREN, 1970; FREITAS FILHO, 2021)

De acordo com Prado (2017), em simulações, um método muito conhecido e utilizado é o Monte Carlo. Esse método se apresenta como uma técnica de simulação estocástica que usa a geração de números aleatórios para estimar a probabilidade de eventos e quantidades de interesse em sistemas complexos em que as relações entre as variáveis envolvidas não são conhecidas com precisão ou são difíceis de expressar matematicamente.

Os principais passos do método de Monte Carlo segundo Prado (2017) incluem: a definição do problema, a identificação das variáveis envolvidas, a geração de números aleatórios para simular os eventos, a execução da simulação e a análise dos resultados. Assim, basicamente, esse método permite, simular o comportamento de processos que dependem desses fatores aleatórios já mencionados.

2.6 Nível de serviço

O nível de serviço (NS) é a medida do desempenho no atendimento de demandas. Esta medida aponta diretamente para a satisfação do cliente com relação a entregas (BOWERSOX; CLOSS, 2010).

Fontanella e Morabito (1997), retratam nível de serviço como a relação de qualidade do serviço que foi prestado. Estes autores discutem que NS pode ser entendido como a probabilidade de acesso a um sistema ou canal de atendimento.

Já Obelheiro et al. (2011) traz o nível de serviço como uma medida para descrever condições operacionais de um sistema, dando uma espécie de diagnóstico do quanto determinadas operações ou processos estão sendo entregues nas condições estabelecidas de prazo, quantidade e qualidade de maneira geral.

Segundo Weiss e Tucker (2018) as filas podem diminuir o valor que uma organização oferece a seus clientes tendo em vista que esse processo de acúmulo de demandas pode representar uma necessidade não atendida de cada cliente gerando perdas significativas para os negócios. Assim, o nível de serviço mostra-se como uma métrica importante a ser considerada por gestores no gerenciamento de demandas de seus negócios ou processos.

Existem organizações que utilizam-se de acordos de nível de serviço, do inglês, *Service Level Agreement (SLA)*, para determinar os limites de tempo toleráveis para o atendimento de demandas (DA SILVA, 2020).

Os SLAs tratam-se, portanto, de um acordo entre prestador de serviço e cliente. O SLA é importante na definição dos padrões de medida necessários para a prestação de um serviço de qualidade, alinhando as condições para a entrega aceitável de serviços em termos de prazo (DA SILVA, 2020).

2.7 Revisão da literatura

Esta seção abordará os trabalhos realizados na área e temas estudados, situando o presente estudo frente as abordagens feitas por outros autores na literatura. Govil e Fu (1999), por exemplo, explicitam que desde o trabalho mais pioneiro na área que foi o desenvolvido por Erlang (1917) a respeito de redes de modelo de filas com o objetivo de prever o uso de redes telefônicas, uma diversa gama de autores dedica tempo para o estudo desse fenômeno de

formação de filas e da medição de seus parâmetros a fim de controlar ou reduzir seu tamanho ou formação.

Em seu estudo, Govil e Fu (1999) tratam de filas em sistemas de manufatura, onde lida-se com a produção dos mais diversos tipos de produto ao mesmo tempo e gerenciar a formação de filas nesse processo se apresenta como uma proposta interessante para melhoria da produtividade e gestão de estoques de peças em processamento.

Joseph (2020) traz uma outra aplicação no contexto de tentar eliminar a espera em um departamento de emergência de um hospital onde há a variabilidade e incerteza da chegada de pacientes para atendimento no sistema. Nesse contexto, o autor vislumbra determinar o número de médicos (atendentes) ideal deste departamento a fim de alcançar o objetivo proposto no estudo ou ao menos minimizar o tempo de espera.

Já Weiss e Tucker (2018) propõem uma abordagem um pouco diferente. Trazem uma estrutura para gerenciamento de filas de clientes que faz uso de parâmetros mais subjetivos relacionados ao gerenciamento das expectativas dos clientes em aguardo nas filas, utilizando-se da comunicação oportuna, ou seja, de mecanismos de comunicação em momentos de espera para minimizar a sentimento de insatisfação, no caso de os clientes estarem presentes fisicamente aguardando processamento.

Outros autores como Liu et al. (2022) elucidaram um modelo de rede de enfileiramento integrado (IQNM) visando otimizar o *layout* das instalações chamadas pelo autor de *multi-oorow shop*. Nesse modelo proposto, parâmetros como intervalo entre chegadas e tempos de atendimento entre os postos de trabalho são mensurados e o desempenho do sistema é estimado trazendo à tona variáveis importantes como rendimento médio, trabalho em processamento e tempo de permanência no sistema.

Alguns autores se utilizam de modelos baseados em regras de priorização de demandas. Sastry (1991), por exemplo, apresenta um modelo de simulação que é extensão do modelo clássico de filas, FIFO, com o uso de prioridades para designar a ordem de atendimento de demandas no contexto de análise de tráfego de rede em operações de voo de aeronaves comerciais.

Nesse modelo, cada classe de clientes está associada a um conjunto de números prioritários e o número de cada cliente aumenta gradualmente à medida que ele espera na fila. Os clientes com os números prioritários mais baixos são atendidos primeiro, independentemente de sua classe de prioridade (SASTRY, 1991).

Leadebal Junior (2021) contribui também nessa linha de apresentar um estudo de caso sobre a aplicação da teoria das filas com prioridades só que na área de perícia documentoscópica de uma superintendência da Polícia Federal. O objetivo deste estudo foi analisar o desempenho do sistema de atendimento ao público na área de perícia documentoscópica, identificar gargalos e propor melhorias no processo.

O modelo de Leadebal Junior (2021) considerou duas classes de clientes: atendimento prioritário para casos urgentes e atendimento regular para casos não urgentes. O autor utilizou o software de simulação Arena para analisar o desempenho do sistema e identificar gargalos, mostrando que o sistema apresentava gargalos e tempo médio de espera acima do aceitável para ambos os tipos de atendimento.

Com base nas análises realizadas, o autor propôs melhorias no processo, como a criação de um sistema de agendamento prévio e a implementação de um sistema de triagem dos casos de urgência. O estudo demonstrou que a teoria das filas com prioridades pode ser uma ferramenta útil para análise e melhoria de processos em áreas de atendimento ao público (JUNIOR, 2021).

Assim, seja para prever o uso de redes telefônicas, melhorar sistemas de manufatura ou gerenciar esperas em sistemas de saúde ou mesmo otimizar *layout* de instalações observa-se que o estudo de filas é importante para melhorar a gestão de sistemas, de maneira geral, independente de seu propósito de uso e assim oferecer maior valor agregado ao cliente final do processo.

3 ESTUDO DE CASO

O presente estudo de caso traz uma análise do contexto de estudo na perspectiva de avaliar como o nível de serviço se comporta frente a variação de parâmetros do sistema de filas estudado, trazendo um panorama comparativo entre a adoção de uma disciplina de filas alternativa proposta nesta pesquisa e uma disciplina de fila tradicionalmente utilizada.

3.1 Contexto de estudo

O estudo de caso foi realizado em uma empresa do ramo siderúrgico que possui diversas unidades em todo Brasil. Nessa empresa o processo de atendimento de demandas de compras é centralizado, ou seja, um único grupo de pessoas atende a todas as necessidades de compras de unidades distribuídas por todo o país.

Para esse estudo em específico, a categoria de compras estudada foi a categoria SPOT, que trata-se de compras esporádicas, que normalmente não ocorrem com uma repetitividade associada. Esse tipo de demanda geralmente trata-se de atividades de manutenção corretiva de equipamentos industriais que de início não eram compras planejadas, previstas em um contrato prévio com o fornecedor, mas que houve a necessidade dada a falha em determinado equipamento de realizá-las.

Para a análise desse estudo foram consideradas a compra de materiais desta categoria. As demandas de um dos compradores responsáveis foram observadas durante um período de 1 mês, e para a captação dos tempos entre chegadas e tempos de atendimento, os registros destes foram identificados via plataforma de compras adotada pela empresa.

Com esses registros, foi possível obter dados importantes para este estudo, como a taxa de chegada de demandas, média e desvio padrão do tempo de atendimento, para análise das distribuições de probabilidade referentes ao tempo entre chegadas e ao tempo de atendimento de demandas.

3.2 Análise do sistema de filas estudado

No sistema de filas estudado, após a coleta dos dados referentes aos tempos entre chegadas de demandas e tempos de atendimento (Apêndice A), conseguiu-se obter o tempo médio entre chegadas (t_{mc}) que equivale a aproximadamente 4 horas, e o tempo médio de atendimento (t_{ma}) foi estimado 1,02 horas.

Com a obtenção do tempo médio entre chegadas a taxa de chegada e a taxa de atendimento puderam ser determinadas respectivamente, como sendo $\lambda = 0,26$ chegadas/hora e $\mu = 0,98$ atendimentos/hora. Com a quantidade de chegadas e atendimentos por hora, é possível calcular a taxa de ocupação (ρ), conforme fórmula a seguir.

$$\rho = \frac{\lambda}{n * \mu}$$

Assim para 1 servidor ($n=1$) pode-se determinar uma taxa de ocupação da fila como sendo $\rho = 0,26$. Para taxas de ocupação com valor abaixo de 1, ou seja, $\rho < 1$, diz-se que o sistema se encontra sob controle para o período em análise.

Buscou-se também verificar a taxa de chegada por dias da semana, um compilado dos valores obtidos encontra-se explícito no Quadro 1.

Quadro 1- Taxas de chegada

Dia	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
taxa de chegada (λ)	0.30	0.24	0.24	0.21	0.23

Fonte: Esta pesquisa.

No Quadro 01, observa-se uma concentração de demandas na segunda-feira, o que pode ser indício da repressão destas durante o final de semana, sendo acumuladas para chegarem em maior quantidade nas segundas-feiras.

Outro parâmetro característico do sistema em estudo que pode ser calculado foi a média e o desvio padrão do tempo de atendimento. Das $N= 67$ requisições observadas, o tempo de atendimento foi de $T_{\text{médio}} = 1,02$ horas por atendimento e desvio padrão (σ) de $1,08$ horas por atendimento.

Tendo em vista que a chegada de uma requisição no sistema não afeta a chegada da próxima requisição, pode-se caracterizá-la como um processo de chegadas de *Poisson*. Assim, a distribuição exponencial foi considerada como distribuição de probabilidade razoável para descrever o tempo entre chegadas na simulação que será percorrida nas próximas sessões.

Para os tempos de atendimento a distribuição normal foi adotada tendo em vista que os dados obtidos apresentam um padrão aproximadamente normalmente distribuído.

3.3 Proposição de um modelo de priorização de demandas

Algumas das razões que motivaram o desenvolvimento de um modelo de priorização de demandas que compõe a disciplina de fila alternativa proposta neste estudo podem ser expressas a partir dos seguintes pontos observados no sistema real:

1. **Priorização de itens:** no contexto real observado em alguns casos, é importante que certos itens sejam tratados com mais urgência do que outros. Por exemplo, itens de unidades estratégicas (que trazem maior retorno financeiro para a organização) devem ter prioridade sobre itens de unidades não estratégicas, assim como itens considerados urgentes (que podem parar a produção ou comprometer a segurança da operação) devem ser priorizados em relação a itens não urgentes. Nesse caso, uma disciplina de fila com priorização de itens é necessária.
2. **Tempo de espera excessivo:** em filas com muitos itens, pode ocorrer de um item ter que esperar muito tempo para ser atendido, levando a atrasos significativos e insatisfação do cliente. Nesses casos, pode ser necessário utilizar uma disciplina de fila que leve em consideração o tempo de espera de cada item, a fim de minimizar os atrasos.
3. **Eficiência:** em algumas situações, é importante melhorar a eficiência do sistema. Entende-se por eficiência da fila, neste estudo, a quantidade de demandas atendidas dentro do prazo. Para esses casos, nem sempre a disciplina de fila FIFO é a melhor opção para alcance dessa eficiência.

Dessa maneira, nessa seção apresenta-se um modelo de priorização de demandas desenvolvido que contempla os 3 pontos sobreditos, visando assim, a partir da priorização, melhorar o Nível de Serviço (NS) entregue aos clientes internos, ou seja, melhorar a quantidade de entregas de demandas dentro do prazo para unidades estratégicas e não estratégicas.

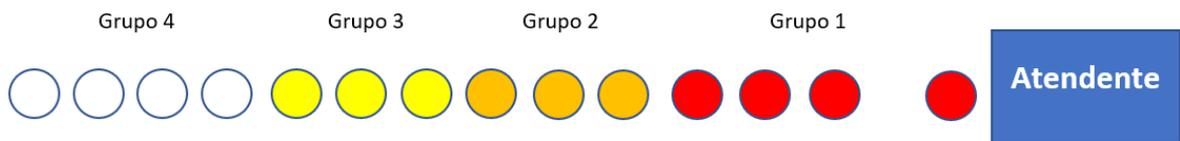
Para a construção do modelo de priorização, as demandas foram classificadas quanto a sua criticidade (urgentes e não urgentes) e representatividade da unidade de negócio (estratégicas e não estratégicas).

Considera-se demandas urgentes àquelas que sua falta acarreta perdas de produção ou riscos à segurança dos trabalhadores. Considera-se demandas de unidades estratégicas aquelas

que advêm de unidades que apresentam maior valor agregado ao negócio e por consequência maior produtividade e retornos financeiros.

Definiu-se, portanto, graus de prioridade, separando as demandas em 4 grupos, para cada uma das possíveis combinações das classificações de demanda supracitadas. Uma ilustração para melhor compreensão encontra-se expressa na Figura 1.

Figura 1- Grupos de prioridade de demandas



Fonte: elaborada pelo autor.

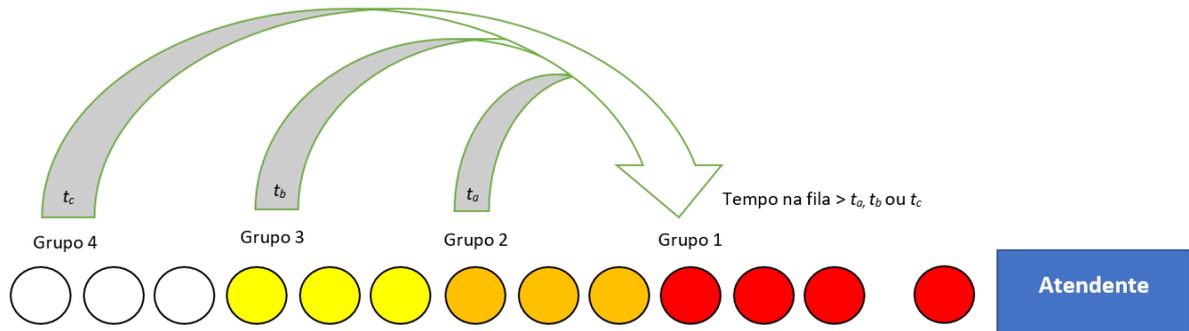
Na Figura 1, o grupo 1, posicionado à frente da fila, recebe diretamente demandas urgentes de unidades estratégicas (UE). O grupo 2, posicionado logo atrás do grupo 1, recebe diretamente demandas urgentes de unidades não estratégicas (UNE). Já o grupo 3 posicionado logo atrás do grupo 2, recebe diretamente demandas não urgentes de unidades estratégicas (NUE). Por fim, o grupo 4 posicionado ao fim da fila, recebe demandas não urgentes de unidades não estratégicas (NUNE).

No modelo de priorização desenvolvido, além da classificação por grupos prioritários, há a possibilidade de migração de demandas entre esses grupos considerando algumas regras estabelecidas que permitem contemplar a dinamicidade do status de urgência associada ao fator tempo de espera.

Dessa maneira, limiares caracterizados como critérios para realocação de demandas entre grupos de prioridade foram estabelecidos com base na observância do sistema real em análise. Assim, caso uma demanda de um grupo menos prioritário esteja há um tempo maior do que o tolerado para esta no sistema, ela poderá ser realocada para o grupo 1.

A nomenclatura utilizada para os limiares de realocação dos grupos 2, 3 e 4 foi definida da seguinte forma: t_a , t_b e t_c respectivamente.

Figura 2- Critérios de realocação para grupo 1



Fonte: elaborada pelo autor.

Assim, por exemplo, caso o tempo de permanência no sistema para alguma das demandas pertencentes ao grupo 2, 3 ou 4 exceda o limiar t_a , t_b ou t_c , esta demanda poderá ser realocada para o grupo 1 de maior prioridade, como ilustra a Figura 2.

3.4 Modelagem matemática

A modelagem matemática foi realizada por meio de simulação computacional, onde foi desenvolvido um modelo de simulação em *Python* para reproduzir o comportamento do sistema de filas estudado. Esse modelo aplica tanto a regra de priorização explícita na seção anterior como a disciplina tradicional de filas FIFO.

No Quadro 2, são apresentados os parâmetros e variáveis de decisão do modelo. Entende-se por parâmetros aqueles valores que se caracterizam como descritivos do modelo e entende-se por variáveis de decisão os valores a serem definidos de acordo com a vontade ou necessidade do decisor.

Quadro 2- Identificação dos parâmetros de entrada do modelo e variáveis de decisão

<p>Parâmetros descritivos do modelo</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. λ_d, onde $d \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$ e λ refere-se a taxa de chegada por dia útil da semana; 2. t_{ma}: média do tempo de atendimento; 3. σ: desvio padrão do tempo de atendimento; 4. CH: intervalo de tempo considerado em que demandas chegam ao sistema para serem processadas. 5. q_e: proporção de demandas urgentes advindas de unidades estratégicas; 6. q_{ne}: proporção de demandas urgentes advindas de unidades não estratégicas
--	---

	7. p : proporção de demandas que chegam provenientes de unidades estratégicas;
Variáveis de decisão	8. n : número de servidores; 9. lim_{urg} : tempo máximo tolerado para conclusão do atendimento de demandas urgentes; 10. lim_{nurg} : tempo máximo tolerado para conclusão do atendimento de demandas não urgentes; 11. t_a : critério de tempo máximo tolerado para realocar demandas do grupo 2 para o 1; 12. t_b : critério de tempo máximo tolerado para realocar demandas do grupo 3 para o 1; 13. t_c : critério de tempo máximo tolerado para realocar demandas do grupo 3 para o 1;

Fonte: elaborado pela autora.

3.5 Critério de avaliação

O critério de avaliação utilizado na comparação do modelo foi o nível de serviço (NS). O nível de serviço trata-se de uma medida que avalia o desempenho de uma empresa ou setor em relação à qualidade do atendimento ao cliente na entrega de produtos ou serviços (DA SILVA et al., 2015).

O nível de serviço é expresso na saída do modelo em termos de porcentagem e indica a proporção de vezes em que um serviço é executado com sucesso em relação ao total de vezes em que ele é solicitado, separado para unidades estratégicas e não estratégicas. Em outras palavras, é uma medida de desempenho que avalia a capacidade de atender às demandas dos usuários.

Dessa forma, o nível de serviço para unidades estratégicas (NS_{UE}) pode ser expresso matematicamente pela seguinte expressão.

$$NS_{UE} = \frac{\text{Nº de demandas de UE atendidas dentro do prazo}}{\text{Total de demandas de UE}} * 100$$

De modo análogo, o nível de serviço para unidades não estratégicas (NS_{UNE}) pode ser definido pela seguinte expressão.

$$NS_{UNE} = \frac{N^{\circ} \text{ de demandas de UNE atendidas dentro do prazo}}{\text{Total de demandas de UNE}} * 100$$

Considera-se que uma demanda foi atendida dentro do prazo, caso o tempo de permanência da mesma não exceda os limiares de tempo máximo estipulados como tolerância máxima para conclusão do atendimento, lim_{urg} para demandas urgentes e lim_{nurg} para demandas não urgentes.

Outro critério de avaliação utilizado em conjunto com o NS foi o tempo médio de permanência de uma requisição no sistema, desde a sua chegada até a finalização de seu atendimento. Assim, o tempo médio no sistema (T_{ms}) trata-se de uma métrica que pode fornecer *insights* valiosos sobre a eficiência, qualidade do serviço, satisfação do cliente e produtividade. Nesse estudo, ele foi verificado para as duas classificações de unidades, estratégicas e não estratégicas, a fim de identificar se estava ocorrendo alguma penalização relacionada ao tempo médio de permanência no sistema ao se adotar o uso da disciplina alternativa frente a disciplina FIFO para alguma dessas unidades.

4 APLICAÇÃO DO MODELO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Este capítulo tem como objetivo apresentar a aplicação do modelo proposto e discutir seus achados. Para isso realizará a comparação do desempenho das filas estudadas frente aos critérios observados, nível de serviço e tempo médio de atendimento por tipo de unidade. Por fim tentará compreender melhor os efeitos da disciplina alternativa no sistema de filas a partir da variação de alguns parâmetros e variáveis de entrada do modelo que serão explicitados mais adiante.

4.1 Comparação do desempenho das disciplinas estudadas no gerenciamento de filas

O modelo proposto neste estudo foi implementado em 2 versões, com base na disciplina de fila adotada.

A primeira versão utilizada adota a disciplina mais comum em sistemas de atendimento, a FIFO, já a segunda adota um modelo de disciplina com base em regras de priorização de demanda adaptado para a realidade observada no sistema em apreço. As duas versões levam em consideração elementos do sistema real observado neste estudo.

Como parâmetros descritivos desse cenário tem-se, as taxas de chegadas por dias da semana já descritas no Quadro 1, o tempo médio de atendimento $T_{ma} = 1,02$ com desvio padrão (σ) de 1,08 e uma carga horária (CH) de trabalho de 8 horas diárias de segunda a sexta-feira, $p = 0,7$ e um $q_e = 0,4$ e $q_{ne} = 0,7$. Como variáveis de decisão tem-se $n=1$ servidores, $lim_{urg} = 0,5$ hora e $lim_{nurg} = 2$ horas, $t_a = 4h$, $t_b = 7h$ e $t_c = 10h$.

No Quadro 3, encontram-se expressos os resultados dos níveis de serviço (NS) e tempo médio de permanência no sistema (T_{ms}) para unidades estratégicas (UE) e não estratégicas (UNE) aplicando as duas disciplinas em análise para a comparação dos resultados obtidos no cenário para 1 servidor utilizando-se dos parâmetros sobreditos no parágrafo anterior.

É importante ressaltar que em cada um dos quadros que retratam o NS e o T_{ms} gerou-se cenários até que o nível de serviço desejado acima de 95% fosse alcançado, com o objetivo de identificar o número de servidores necessários para cada uma das situações.

Quadro 3- NS e T_{ms} : cenário de $n=1$ servidor

Nível de serviço	Tempo médio no sistema (h)
------------------	----------------------------

Disciplina	FIFO		ALTERNATIVA		FIFO		ALTERNATIVA	
	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE
N° servidores								
1	53,03	26,67	53,29	39,32	0,56	0,20	0,53	0,30

Fonte: este estudo.

Para o cenário apresentado no Quadro 3, o nível de serviço de uma maneira geral está abaixo do desejado (95%), independente do modelo adotado. Contudo, é interessante perceber que o NS encontrado através do uso do modelo alternativo foi melhor tanto para unidades estratégicas como não estratégicas, já o tempo médio de permanência no sistema foi maior apenas para as unidades não estratégicas com o uso da disciplina alternativa, o que não tem grandes impactos dado ao valor dessa variação ser pequena, apenas 0,10 h.

Um ponto interessante a se destacar é o fato de que o nível de urgência elevado para unidades não estratégicas é reflexo do nível de maturidade no gerenciamento dos processos de manutenção para essas unidades, que por serem menores ou terem aberto recentemente, ainda estão em processo de desenvolvimento nesse aspecto. Dessa forma, como a disciplina alternativa trabalha com a priorização de demandas urgentes, beneficia a melhoria do nível de serviço para essas unidades, um aumento de 12,65% sem mesmo ter incremento do número de servidores.

Diante do que foi exposto para melhoria do nível de serviço frente ao cenário em análise neste tópico algumas medidas podem ser indicadas para a gestão, a saber: (1) aumento do número de atendentes ou (2) estabelecimento de limiares de tempo menos restritivos, tendo em vista que com a capacidade de processamento existente e condições de chegada, torna-se difícil conseguir um nível de atendimento adequado com prazos curtos para a conclusão do serviço em níveis de urgência elevados, principalmente em períodos de alta na demanda.

No Quadro 4, aplicou-se a medida (1), para se observar como o nível de serviço se comporta.

Quadro 4- NS e T_{ms} : medida 1

Disciplina	Nível de serviço				Tempo médio no sistema (h)			
	FIFO		ALTERNATIVA		FIFO		ALTERNATIVA	
N° servidores	E	NE	E	NE	E	NE	E	NE
1	53,03	26,67	53,29	39,32	0,56	0,20	0,53	0,30
2	60,86	31,27	61,06	44,23	0,49	0,19	0,51	0,23

3	61,87	32,04	62,17	46,32	0,5	0,21	0,47	0,25
4	61,56	31,50	62,9	47,98	0,48	0,21	0,50	0,26

Fonte: este estudo.

No Quadro 4, observa-se que com o aumento do número de servidores de 1 para 2, o NS aumenta tanto para unidades estratégicas, como para unidades não estratégicas independente da disciplina adotada.

Nos cenários apresentados no Quadro 4, com a variação do número de servidores, observa-se uma permanência do comportamento de maior benefício da disciplina alternativa para as unidades não estratégicas, tendo em vista o percentual de urgências já pontuado anteriormente.

Uma outra observação importante é o fato de que chega a um ponto em que, mesmo com o aumento do número de servidores, o NS apresenta uma espécie de estado estacionário, ou seja, um aumento no número de servidores passa a não surtir mais efeito na melhoria do nível de serviço, isso ocorre porque a distribuição do tempo de atendimento de demanda é tal que, mesmo sem a formação de fila, não é possível ter um alto nível de serviço dados os tempos de tolerância de espera.

Sendo assim, observa-se a necessidade de observância de outras variáveis do problema que não apenas o número de servidores, que possa estar influenciando na não melhoria do nível de serviço mesmo aumentando-se a capacidade de atendimento para 10 servidores, por exemplo. Nesse aspecto, a adoção da sugestão de medida 2 (dimensionamento adequado no NS desejado) foi avaliada, com o intuito de verificar como a sua aplicação poderia afetar no nível de serviço apresentado com a adoção dos modelos de disciplina abordados neste estudo.

Assim, a medida 2 consiste em, baseado nos valores de NS obtidos no quadro 4, direcionar os gestores a dimensionar o NS almejado em valores menores que os 95% inicialmente estabelecidos como meta, tendo que a melhoria do desempenho é um processo gradual, onde a definição de metas não deve ser superdimensionada para não levar o servidor a buscar uma meta inalcançável no cenário atual.

Como a medida de nível de serviço está diretamente atrelada aos limiares de urgência (lim_{urg}) e não urgência (lim_{nurg}), tendo em vista que em seu cálculo leva-se em consideração o percentual de demandas urgentes e não urgentes atendidas dentro do prazo, logo para aplicação da medida 2 aumentou-se a tolerância dos limiares de urgência (lim_{urg}) e não urgência (lim_{nurg})

de 0,5h para 3h e de 2 para 6 h, respectivamente. Os resultados podem ser observados no Quadro 5.

Quadro 5- NS e T_{ms} : medida 2

Disciplina	Nível de serviço				Tempo médio no sistema (h)			
	FIFO		ALTERNATIVA		FIFO		ALTERNATIVA	
	E	NE	E	NE	E	NE	E	NE
Nº servidores								
1	95,79	88,28	95,20	92,12	1,23	1,06	1,24	1,19

Fonte: este estudo.

No Quadro 5, nota-se claramente a melhoria dos valores do nível de serviço em detrimento aos resultados obtidos no Quadro 4. Para apenas 1 servidor já se observa um nível de serviço mais aceitável isso porque ao alterar os limiares de tolerância de urgência e não urgência é natural que o NS aumente, pois ao se aumentar os limiares de urgência (tempos máximos para a conclusão do atendimento) está na verdade se aplicando uma medida equivalente a diminuir o valor do NS considerado aceitável (de 95% para 50%, por exemplo).

Dessa maneira, entende-se que através do modelo estudado neste trabalho consegue-se avaliar o potencial de soluções simples como a adoção de políticas internas ou a alocação de mais recursos pode impactar diretamente no ganho de desempenho em termos do nível de serviço entregue aos seus clientes.

Com a aplicação dessas sugestões, embora aumente-se o tempo médio de permanência no sistema, se comparados os Quadros 4 e 5, mas isto é compensado pela melhoria do nível de serviço apresentada no Quadro 5.

4.2 Compreendendo melhor os efeitos da disciplina alternativa

Esta seção tem por objetivo compreender melhor o efeito da disciplina alternativa sobre a fila. Para isso realizou-se a variação de alguns parâmetros de entrada do modelo e aplicou-se essa variação tanto para casos em que a disciplina FIFO seria adotada quanto para aqueles em que a alternativa seria a escolhida.

Variou-se, portanto, a proporção de demandas que chegam de unidades estratégicas (P) e a proporção de urgências que chegam nas unidades estratégicas (q_e) e a proporção de urgências que chegam nas unidades estratégicas (q_{ne}).

4.2.1 Proporção de demandas entre as unidades equilibrada (P = 0,5)

Inicialmente se avaliará os cenários onde a proporção de demandas P que chegam dos dois tipos de unidades (UE e UNE) encontra-se equilibrado e varia-se, portanto, apenas os percentuais de urgências q_e e q_{ne} , conforme cenários descritos no quadro 6 a seguir.

Quadro 6- Descrição dos cenários para P=0,5

Cenários	Percentual de urgências de UE e UNE	Descrição
1	$q_e = q_{ne}$	<ul style="list-style-type: none"> • $q_e = q_{ne} = 0.7$ • Nível de urgência é alto para as duas unidades.
2		<ul style="list-style-type: none"> • $q_e = q_{ne} = 0.3$ • Nível de urgência é baixo para as duas unidades.
3	$q_e > q_{ne}$	<ul style="list-style-type: none"> • $q_e = 0,7$ e $q_{ne} = 0,3$; • Nesse cenário o nível de urgência é mais alto para unidades estratégicas.
4	$q_e < q_{ne}$	<ul style="list-style-type: none"> • $q_e = 0,3$ e $q_{ne} = 0,7$;

		<ul style="list-style-type: none"> • Nesse cenário o nível de urgência é mais alto para unidades não estratégicas.
--	--	---

Fonte: este estudo.

No Quadro 7 destacou-se também os demais parâmetros de entrada que não foram variados nesse momento, mas que são importantes em termos de entendimento do retorno do modelo e para possível replicação do contexto deste estudo em trabalhos futuros.

Quadro 7- Valor dos parâmetros utilizados

Parâmetros definidos	Valor
Percentual (p) de demandas de unidades estratégicas	50%
Limiar de urgência (lim_{urg})	3 h
Limiar de não urgência (lim_{nurg})	6 h
Critério de realocação de demandas do grupo 2 (t_a)	4 h
Critério de realocação de demandas do grupo 3 (t_b)	7 h
Critério de realocação de demandas do grupo 4 (t_c)	10 h
Média do tempo de atendimento (T_{medio})	1,02
Desvio Padrão (σ)	1,08
Taxa de chegada na segunda-feira	0,30

Fonte: elaborada pelo autor.

Para o cenário 1, especificado no quadro 6, obteve-se os resultados compilados no Quadro 8.

Quadro 8- NS e T_{ms} : cenário 1

Disciplina	Nível de serviço		Tempo médio no sistema (h)	
	FIFO	ALTERNATIVA	FIFO	ALTERNATIVA

N° servidores	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE
1	92,35	88,67	93,68	93,03	1,14	1,03	1,15	1,17
2	97,28	96,30	97,34	97,90	0,98	0,95	0,98	0,97

Fonte: este estudo.

É importante ressaltar que para cada simulação executada incrementa-se o número de servidores somente até o atingimento do nível de serviço desejado de 95%, referente à meta a ser atingida, a fim de verificar quantos servidores seriam necessários para o alcance de tal meta.

No Quadro 8, observa-se um bom nível de serviço tanto com aplicação da disciplina FIFO quanto com a aplicação da disciplina alternativa, com elevado NS já identificado na perspectiva inicial para 1 servidor.

Ao observar-se os resultados para o tempo médio no sistema (T_{ms}) nota-se que com o uso da disciplina alternativa pouquíssimo se penaliza as demandas em relação ao seu tempo de espera, tanto para 1 atendente quanto para 2.

Assim, a variação do T_{ms} de uma requisição que foi processada via disciplina alternativa, no caso de 1 servidor, quando os itens são de unidades estratégicas é de 0,01 hora (menos de 1 min), o que é considerado irrisório em termos de penalização da demanda.

Buscou-se investigar como o modelo se comporta a níveis de estresse maiores, elevou-se, portanto, a taxa de chegada da segunda-feira, que é o dia que apresenta maior demanda. Assim para uma taxa de chegada de 1,3 chegadas por hora, obteve-se os resultados explícitos no Quadro 9.

Quadro 9- Implicação da variação da taxa de chegada da segunda feira no cenário 1

Disciplina	Nível de serviço				Tempo médio no sistema (h)			
	FIFO		ALTERNATIVA		FIFO		ALTERNATIVA	
	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE
N° servidores								
1	67,71	60,73	73,59	62,93	1,56	1,24	1,45	1,40
2	93,54	91,14	95,52	93,04	1,14	1,06	1,14	1,16
3	96,83	95,14	97,06	97,46	1,00	0,96	1,00	1,00

Fonte: este estudo.

Como a taxa de chegada caracteriza-se como um parâmetro, este pode variar de acordo com o contexto de cada problema. Assim, em casos onde haveria um aumento de demanda através da taxa de chegada da segunda-feira, de 0,30 para 1,30 já observa-se uma redução do

nível de serviço apresentado tanto pela disciplina FIFO quanto pela disciplina alternativa, pois se está colocando um pouco mais de carga sobre o sistema, contudo ainda assim a disciplina alternativa apresenta maior nível de serviço tanto para unidades estratégicas (73,59%) como não estratégicas (62,93%) se comparado à disciplina FIFO.

No quadro 9, para com a adoção da disciplina alternativa além de uma melhoria apresentada no nível de serviço para as UE, observa-se também para essas mesmas unidades uma redução do tempo médio de permanência no sistema.

Para as próximas análises, tendo em vista o que já foi observado em relação à taxa de chegada, a partir desse ponto optou-se permanecer com a adoção da taxa de chegada de 1,30 para a segunda-feira, tendo em vista que esta representaria uma situação em que haver-se-ia um aumento de demanda e assim precisar-se-ia prever através do modelo como o sistema de filas em análise se comportaria diante dessa situação de maior estresse.

Sendo assim, para o cenário 2 que se segue, a situação em que o nível de urgências é baixo tanto para unidades estratégicas como para não estratégicas é contemplada. Definindo-se, portanto, $q_e = q_{ne} = 0,3$, mantendo-se ainda a proporção de demandas entre as unidades balanceadas, com $p=0,5$. Com essa análise pretende-se observar, para essas condições, qual o número de servidores necessários para que se consiga atender bem as demandas que chegam em termos do NS, seja adotando-se a disciplina FIFO, seja adotando-se a alternativa.

No Quadro 10, coloca-se um compilado dos valores para o nível de serviço e tempo de espera retornados quando aplica-se às características do cenário 2 ao sistema de filas.

Quadro 10- NS e T_{ms} :: cenário 2

Disciplina	Nível de serviço				Tempo médio no sistema (h)			
	FIFO		ALTERNATIVA		FIFO		ALTERNATIVA	
	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE
Nº servidores								
1	96,88	90,04	97,66	96,75	1,87	1,24	1,75	1,72

Fonte: este estudo.

Para o cenário 2 (Quadro 10), o nível de urgências é baixo observa-se um NS alto já com apenas 1 servidor, portanto, para esse caso as demandas seriam atendidas dentro do esperado, sem a necessidade de adição de mais servidores.

Neste cenário, o tempo médio no sistema para demandas estratégicas é melhor com a adoção disciplina alternativa. Isso não é observado para as demandas de unidades não

estratégicas que com a adoção da disciplina alternativa penaliza-se essas unidades em termos do T_{ms} . Contudo, como essa penalização é pequena e em torno das unidades não estratégicas, não há grandes implicações em termos de retorno para o negócio.

O próximo cenário trata do caso em que demandas urgentes são em maior quantidade advindas de unidades estratégicas. Onde $q_e > q_{ne}$, com q_e assumindo o valor de 0,7 e q_{ne} assumindo o valor de 0,3.

Espera-se com isso entender como esse nível de urgência maior para unidades consideradas estratégicas, reflete no modelo alternativo proposto. Os resultados de nível de serviço e tempo médio no sistema para o cenário 3, encontram-se explícitos no Quadro 11.

Quadro 11- NS e T_{ms} : cenário 3

Disciplina	Nível de serviço				Tempo médio no sistema (h)			
	FIFO		ALTERNATIVA		FIFO		ALTERNATIVA	
	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE
Nº servidores								
1	67,18	59,93	76,66	68,24	1,58	1,24	1,49	1,69
2	93,05	90,29	95,76	96,39	1,15	1,05	1,12	1,32
3	96,90	95,51	97,33	98,60	1,00	0,96	1,00	1,05

Fonte: este estudo.

Com o percentual de urgências sendo maior de unidades estratégicas, a disciplina alternativa prioriza o atendimento destas unidades, apresentando um NS maior para estas se comparado ao NS de demandas desta unidade que foram processadas via FIFO, constatando-se uma diferença para o NS de 9,48%.

Observa-se também que para atingir o nível de serviço desejado, caso a estratégia de decisão do gestor seja aumentar o número de funcionários, a disciplina alternativa precisaria apenas de 2 atendentes, ao passo que a disciplina FIFO para chegar ao nível de serviço desejado (95%) precisaria de pelo menos 3 funcionários.

Quanto ao T_{ms} , observa-se uma melhoria para unidades estratégicas ao fazer uso da disciplina alternativa em detrimento de uma penalização das unidades não estratégicas, isso faz sentido, tendo em vista que o modelo proposto neste estudo utiliza a urgência como critério para priorização da demanda e como o número de urgências é maior para UE, é mais cabível atender as urgências e detrimento das não urgências para estas unidades que agregam maior valor ao negócio.

Para avaliar a proposição oposta ao do cenário 3, definiu-se o cenário 4, onde $q_e < q_{ne}$, onde $q_e = 0,3$ e $q_{ne} = 0,7$, assim, agora, tem-se as unidades não estratégicas sendo responsáveis pela maioria das demandas urgentes que deveriam ser processadas (70%).

Os resultados obtidos para o nível de serviço e tempo médio no sistema encontram-se expressos no Quadro 12.

Quadro 12- NS e T_{ms} : cenário 4

Disciplina	Nível de serviço				Tempo médio no sistema (h)			
	FIFO		ALTERNATIVA		FIFO		ALTERNATIVA	
N° servidores	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE
1	77,95	61,46	77,81	68,93	1,91	1,22	1,73	1,40
2	96,78	90,26	97,50	94,03	1,23	1,06	1,21	1,13

Fonte: este estudo.

Nesse cenário, ocorre o oposto do cenário 3, a disciplina alternativa beneficia agora as demandas das unidades não estratégicas tendo em vista que neste momento são as que apresentam maior nível de urgência. Dessa maneira, pode-se confirmar claramente que o funcionamento da disciplina alternativa está sendo eficaz, atendendo perfeitamente as demandas com maior grau de prioridade, com base na regra de priorização desenvolvida baseada no cenário de interesse.

Um ponto interessante observado, é que mesmo diante do cenário em que a disciplina alternativa não beneficia as unidades estratégicas, dado ao nível de urgência das não estratégicas, ainda assim em termos do critério T_{ms} as unidades estratégicas são beneficiadas, ou seja, reduz-se o tempo em que requisições ficariam no sistema de 1,91 horas para 1,73, cerca de 10 minutos a menos.

4.2.2 Proporção de demandas em que $P > 0,5$

Nesta seção aplicou-se as mesmas considerações dos Quadros 7 e 8, com exceção apenas da proporção de demandas advindas de unidades estratégicas, que desta vez equivale a $P = 0,8$. Esta seção foi elaborada com o objetivo de observar o comportamento do modelo frente a um sistema onde não há a equilíbrio entre a proporção de demandas que vem de unidade estratégicas e não estratégicas.

Assim, neste tópico, replicou-se, os 4 cenários explícitos no quadro 6 explanado em mais detalhes em seções anteriores. Neste cenário, assim como no cenário 1 da seção 5.1.2 estabeleceu-se $q_e = q_{ne} = 0.7$.

Para as condições especificadas acima, os seguintes níveis de serviço e tempo médio no sistema foram encontrados (Quadro 13).

Quadro 13- Cenário 1 ($q_e = q_{ne} = 0.7$ e $P=0,8$)

Disciplina	Nível de serviço				Tempo médio no sistema (h)			
	FIFO		ALTERNATIVA		FIFO		ALTERNATIVA	
	E	NE	E	NE	E	NE	E	NE
N° servidores								
1	66,83	58,89	69,58	61,72	1,56	1,24	1,47	1,36
2	93,17	90,59	94,41	91,96	1,14	1,09	1,14	1,14
3	96,91	95,46	97,30	97,07	1,01	0,98	1,02	1,02

Fonte: este estudo.

No Quadro 13, as unidades estratégicas apresentam um nível de serviço maior do que as unidades não estratégicas tanto com a utilização da disciplina tradicional quanto com a utilização da disciplina alternativa.

Quanto ao quesito tempo médio no sistema observa-se que a adoção da disciplina alternativa confere um ganho de tempo as demandas estratégicas que forem processadas via disciplina alternativa, notam-se também que a variação entre os tempos médio no sistema para as duas disciplinas vai reduzindo a medida que aumenta-se a quantidade de servidores disponíveis.

Percebe-se também que o comportamento de penalização das unidades não estratégicas quando adota-se a disciplina alternativa permanece, mas desta vez associado a proporção de demandas que vem de unidades estratégicas ser baixa (20%) e como o percentual de urgências é o mesmo, o modelo prioriza nesse aspecto demandas de unidades estratégicas para serem

atendidas prioritariamente, reduzindo assim seu tempo de permanência no sistema destas unidades.

No que tange ao próximo cenário (2) desta seção com $P = 0,8$, colocou-se os níveis de urgência das unidades estratégicas e não estratégicas como valores mais baixos, mas ainda assumindo o mesmo percentual para os dois tipos de unidades ($q_e = q_{ne} = 0,3$). No Quadro 14 tem-se um comparativo entre o desempenho da disciplina alternativa frente a disciplina FIFO em termos do NS e TMS no cenário 2 descrito.

Quadro 14- Cenário 2 ($q_e = q_{ne} = 0,3$ e $P = 0,8$)

Disciplina	Nível de serviço				Tempo médio no sistema (h)			
	FIFO		ALTERNATIVA		FIFO		ALTERNATIVA	
	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE
N° servidores								
1	65,90	57,49	71,27	62,67	1,87	1,23	1,76	1,61
2	93,31	90,97	94,38	92,05	1,23	1,05	1,22	1,23

Fonte: este estudo.

No Quadro 14, observa-se um comportamento semelhante ao do quadro 14, onde unidades estratégicas são mais beneficiadas em termos do NS apresentado, quando há o uso da disciplina alternativa se comparado a não estratégicas. Nota-se, portanto, que ao se estabelecer percentuais de urgência iguais para ambas as unidades o critério de desempate na regra de priorização será a classificação de unidades que tiver maior geração de demandas, no caso desta seção, as unidades estratégicas, com proporção de chegadas de 80%.

No cenário apresentado no Quadro 14 o nível de serviço melhora significativamente com o aumento do número de atendentes com apenas mais 1 servidor adicionado.

É importante também observar nesse cenário, que mesmo com apenas um servidor a disciplina alternativa mostra-se apresentando maior nível de serviço se comparado a disciplina tradicional.

Em relação ao fator tempo médio no sistema, para esse cenário observa-se que com a adoção da disciplina alternativa reduz-se o tempo médio de espera no sistema para unidades estratégicas ao passo que aumenta-se o tempo médio no sistema de demandas que provem de unidades não estratégicas.

Seguindo com a proposição de cenários, no cenário 3, adotou-se a quantidade de demandas urgentes maior que a de não urgentes ($q_e = 0,7$ e $q_{ne} = 0,3$), ainda com $P = 0,8$. Assim

para o cenário onde $q_e > q_{ne}$ assumindo-se os valores sobreditos, o nível de serviço e tempo médio no sistema são mostrados no Quadro 15.

Quadro 15- Cenário 3 ($q_e > q_{ne}$ e $P = 0,8$)

Disciplina	Nível de serviço				Tempo médio no sistema (h)			
	FIFO		ALTERNATIVA		FIFO		ALTERNATIVA	
	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE
N° servidores								
1	66,06	60,05	70,48	63,35	1,57	1,25	1,44	1,62
2	92,71	89,27	94,26	94,59	1,11	1,06	1,15	1,30
3	96,74	95,22	97,15	98,86	0,99	0,97	1,01	1,03

Fonte: este estudo.

Percebe-se um melhor NS para UE quando há a adoção da disciplina alternativa, tendo em vista que a regra de priorização aplicada tem razões suficientes para focar nas unidades estratégicas neste cenário, pois estas unidades apresentam maior percentual de chegadas e maior percentual de urgências, 80 e 70%, respectivamente. Para o cenário 3 em discussão nesta seção, o tempo médio que as requisições de UE passam no sistema é menor com a adoção da disciplina alternativa.

O último cenário a ser observado nessa seção trata-se do cenário 4 onde definiu-se $P = 0,8$ e $q_e < q_{ne}$, com q_e assumindo o valor de 0,3 e q_{ne} como sendo 0,7. Neste cenário, o objetivo é averiguar como o NS se comporta frente a um nível de urgências maior para unidades não estratégicas, mesmo estas correspondendo a apenas 20% das demandas que chegam. No Quadro 16, os retornos da simulação para o nível de serviço e tempo médio no sistema para o cenário proposto estão explícitos para posterior análise.

Quadro 16- Cenário 4 ($q_e < q_{ne}$ e $P = 0,8$)

Disciplina	Nível de serviço				Tempo médio no sistema (h)			
	FIFO		ALTERNATIVA		FIFO		ALTERNATIVA	
	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE
N° servidores								
1	76,48	59,10	78,00	69,35	1,90	1,21	1,75	1,39
2	96,74	91,04	97,65	94,22	1,24	1,05	1,24	1,10

Fonte: este estudo.

Na configuração do cenário 4, a disciplina alternativa beneficia mais as unidades não estratégicas tendo em vista que estas embora cheguem em menor proporção (20%), mas as que

chegam apresentam elevado percentual de urgências (70%), portanto são colocadas a frente da fila como grupo prioritário, conforme regra de priorização desenvolvida.

Nesse sentido, a regra de priorização estabelecida funciona bem, garantindo que demandas que chegam de unidades não preferenciais possam ser atendidas a priori dado ao seu nível de urgência.

Embora, note-se uma penalização no tempo médio de permanência na fila para demandas de unidades não estratégicas na adoção da disciplina alternativa, ainda assim essa variação é compensada pelo nível de serviço em ascendência para essas unidades em detrimento da adoção da disciplina alternativa.

4.3 Superdimensionamento do sistema

Nesta seção buscou-se testar o sistema para o pior cenário, ou seja, em casos em que o sistema apresentaria um percentual de urgência de 100% para os dois tipos de unidades, estratégicas e não estratégicas.

4.3.1 Em casos do sistema equilibrado ($P=0,5$)

Neste cenário cada qual das classificações de unidades é responsável pela geração de metade das demandas que chegam no sistema. O Quadro 17 apresentará o NS e TMS quando o modelo encontra-se sob as condições de $q_e = q_{ne} = 1$.

Quadro 17- NS e T_{ms} : Sobrecarga do sistema equilibrado

Disciplina	Nível de serviço				Tempo médio no sistema (h)			
	FIFO		ALTERNATIVA		FIFO		ALTERNATIVA	
	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE
Nº servidores								
1	58,34	58,75	69,01	56,10	1,23	1,25	1,27	1,17
2	90,46	90,25	93,06	88,02	1,08	1,07	1,04	1,06
3	95,34	95,68	95,93	95,31	0,94	0,97	0,97	0,96

Fonte: este estudo.

No Quadro 17 percebe-se que ao elevar-se o nível de urgência ao máximo há uma redução geral do nível de serviço no cenário para 1 servidor. O NS para unidades estratégicas aumenta

com o uso da disciplina alternativa, de 58,34% para 69,01%, contudo para as unidades não estratégicas o NS é equiparável com o uso das duas disciplinas.

A utilização da disciplina alternativa neste cenário influencia diretamente na redução do tempo de permanência no sistema das demandas de unidades não estratégicas, já para as unidades estratégicas a disciplina alternativa se mostra com melhor T_{ms} apenas para o cenário onde tem-se $n=2$ servidores, e para os demais cenários ($n=1$ e $n=3$) embora o T_{ms} apresente-se maior para unidades estratégicas, que rodam via disciplina alternativa, ainda assim essa penalização em termos do tempo médio no sistema é mínima.

4.3.2 Em casos do sistema desequilibrado ($P=0,8$)

Por fim, avaliou-se o desempenho dos modelos em termos do NS e T_{ms} , em casos de sistema desequilibrado onde tem-se a proporção de demandas que chegam das unidades estratégicas diferente das da não estratégica e com uma sobrecarga elevada em termos do nível de urgência para ambas as classificações de unidades.

Elaborou-se o Quadro 18 que apresentará o NS e TMS quando o modelo se encontra sobrecarregado em termos de demandas urgentes ($q_e = q_{ne} = 1$) e que a quantidade de demandas que chegam de unidades estratégicas é alta, assumindo um percentual de $P = 80\%$.

Quadro 18- NS e T_{ms} : Sobrecarga do sistema desequilibrado

Disciplina	Nível de serviço				Tempo médio no sistema (h)			
	FIFO		ALTERNATIVA		FIFO		ALTERNATIVA	
	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE	UE	UNE
Nº servidores								
1	60,06	59,34	64,59	53,05	1,22	1,21	1,24	1,10
2	89,88	90,22	91,74	87,49	1,05	1,03	1,04	1,05
3	95,88	96,07	95,86	95,42	0,97	0,98	0,96	0,95

Fonte: este estudo.

O cenário do Quadro 15 revela claramente o benefício das unidades estratégicas frente às não estratégicas. Isso se deve ao fato de que mesmo com o percentual de urgências e não urgências iguais, ainda que em seu valor máximo, mas a disciplina alternativa, priorizará as demandas vindas de unidades estratégicas, apresentando, portanto, um NS mais elevado do que

o apresentado na disciplina FIFO para estas mesmas unidades, já que o percentual de demandas geradas por esta unidade ($P = 0,8$) é bem maior que os gerados por UNE.

Com o aumento do número de servidores observa-se uma melhoria do NS e diminuição do tempo médio no sistema. Para este último critério o maior benefício em relação ao T_{ms} vai para as unidades não estratégicas, que com a adoção da disciplina alternativa reduz o tempo médio no sistema de 1,21 horas para 1,10, no caso de apenas 1 atendente.

4.4 Considerações finais do capítulo

Com os resultados gerais da aplicação real, observou-se que os valores obtidos para o nível de serviço estão abaixo do desejado independente do modelo adotado. Identificou-se neste capítulo que esse fato está relacionado ao valor dos limites de tolerância máximo para atendimento de demandas tanto urgentes como não urgentes definidos pela organização.

Este capítulo mostrou que com o ajuste para uma política de SLA mais bem dimensionada poderia-se elevar o percentual do NS sem a necessidade do aumento do número de servidores. Pode-se, portanto, sugerir além da melhoria dos limites de tolerância para execução dos serviços, também o dimensionamento da capacidade de atendimento do sistema, ajudando a definir o número de atendentes necessário nos cenários propostos para que se alcançasse o nível de serviço desejado.

Este capítulo permitiu também apresentar o modelo sob a ótica de diferentes cenários, permitindo discuti-los e notar comportamentos padrão para a adoção de determinados cenários, em termos da variação da proporção de demandas vindo de cada unidade e também de urgências de cada uma delas.

Para cada um dos cenários foi possível medir o tempo médio de atendimento de cada uma das demandas de acordo com a classificação proposta de estratégicas e não estratégicas e assim obter um critério comparativo com o NS para assim conseguir verificar para cada caso, se a adoção da disciplina alternativa estava ou não penalizando determinada classificação de demanda.

5 CONCLUSÃO

Constatou-se que com a adoção do modelo de priorização proposto nesse estudo consegue-se melhorar o nível de serviço prestado aos clientes, permitindo, portanto, mensurar o atendimento de suas demandas que foram atendidas dentro do prazo para a partir daí definir ações para melhoria do nível de satisfação dos clientes.

A regra de priorização elaborada permite aos gestores de compras, diante de um cenário de alta demanda, por exemplo, priorizar aquelas demandas que agregam maior valor para o negócio bem como as de caráter urgente.

O modelo proposto mostra-se como uma boa alternativa quando a contratação de um novo recurso (atendente) para o sistema de filas não é possível devido a restrição de custos para contratação de mão de obra.

Um ponto a se destacar é que o uso do modelo de simulação proposto permite a gestores vislumbrar como o impacto da mudança nas variáveis de decisão pode afetar no desempenho global do sistema real e assim apoiar na elaboração de um plano de ação para melhoria do serviço prestado a seus clientes, sem correr os mesmos riscos da implementação de um cenário ou política em um ambiente real sem antes testar via modelo.

Sobre as unidades não estratégicas também observadas nesse estudo, uma consideração importante a se fazer é o fato de que estas embora representam pouco impacto em termos financeiros para o negócio não são desprezadas pelo modelo, pois este leva em consideração outros fatores para o seu melhor atendimento e pode considerar suas demandas também como prioritárias dado a observância dos critérios de priorização estabelecidos pelo modelo.

Assim, há um reflexo positivo quando há um acompanhamento do nível de serviço prestado pelo setor, através do modelo, pois permite identificar como está a satisfação de clientes internos e imagem do setor de suprimentos frente às demais áreas funcionais e assim buscar soluções para possíveis lacunas.

Outro ponto interessante sobre o modelo é que este mostra-se como uma boa alternativa quando a contratação de um novo recurso (atendente) para o sistema de filas não é possível devido a restrição de custos para contratação de mão de obra.

Por fim, entende-se que embora a disciplina de fila FIFO, seja simples e comumente aplicada para ordenação de sequências de atendimentos, em certos casos, como o observado neste estudo, pode não ser a melhor opção, já que existem grupos de prioridade associados e que não gestão dessas prioridades pode levar a atrasos significativos para itens chave para a

produção e prestação de serviço da empresa. Assim a disciplina alternativa mostrou-se como uma solução que permite reduzir tempo médio de atendimento e alavancar o nível de serviço fornecido pelo prestador a seus clientes.

6 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

A principal limitação encontrada durante a elaboração do presente trabalho foi a captação de dados. Para estes não existia um relatório compilado com todos eles em um único ambiente do sistema de informação da empresa.

Dessa maneira, para o período analisado, precisou-se acessar cada um dos pedidos gerados nesse período e extrair os valores referentes ao instante de tempo de chegada, início e finalização de cada atendimento para assim gerar os valores necessários à entrada do modelo.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros recomenda-se comparar o modelo desenvolvido com outros modelos de priorização existentes, além de fazer uma análise comparativa com outras disciplinas encontradas na literatura, que não a FIFO.

Verificar o desempenho do modelo para sistemas de filas onde tenha-se restrição de capacidade no mesmo e a célula a ser processada sejam pessoas e não requisições, permitindo assim avaliar aspectos mais subjetivos como por exemplo casos de desistências na fila. Elencar e analisar outros critérios de desempenho da fila, além do nível de serviço, com base em diferentes contextos observados.

Outro ponto importante é que como a regra de priorização desenvolvida foi baseada no cenário de interesse, para trabalhos futuros recomenda-se a elaboração ou adaptação da regra existente para outros cenários de interesse de acordo com o contexto em que se esteja inserido.

8 REFERÊNCIAS

ANDERSEN, Poul Houman; ELLEGAARD, Chris; KRAGH, Hanne. How purchasing departments facilitate organizational ambidexterity. *Production Planning & Control*, v. 32, n. 16, p. 1384-1399, 2021.

BALLOU, Ronald H. *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial*. Bookman editora, 2009.

BANKS, J.; Carson, J.; NELSON, B. (1996). *Discrete-event system simulation*. New Jersey: Prentice Hall.

BATISTA, Marco Antonio Cavalcanti; MALDONADO, José Manuel Santos de Varge. O papel do comprador no processo de compras em instituições públicas de ciência e tecnologia em saúde (C&T/S). *Revista de Administração Pública*, v. 42, n. 4, p. 681-699, 2008.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. *Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento*. São Paulo: Atlas, 2010.

CAUCHICK MIGUEL, Paulo Augusto *et al.* *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

DA SILVA, Talita Alvares; DA SILVA, Nazaré Aparecida Gomes Santana; DE CÁSSIO RODRIGUES, Alexandre. Análise do nível de serviço e custo de estoques MRO de uma mineradora. *Revista ADMPG*, v. 8, n. 2, 2015.

DA SILVA, Renato Barbosa. *A IMPORTÂNCIA DO SLA NO GERENCIAMENTO DOS SERVIÇOS*. 2020.

DE MORAES, Diego Galileu; DA SILVA, Adriano Maniçoba. Simulação discreta aplicada à gestão de filas no varejo. *Exacta*, v. 19, n. 3, p. 659-677, 2021.

ERLANG, Agner Krarup. Solution of some problems in the theory of probabilities of significance in automatic telephone exchanges. *Post Office Electrical Engineer's Journal*, v. 10, p. 189-197, 1917.

FREITAS FILHO, P. J. de (2001). *Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena*. Visual Books.

FONTANELLA, Gisele Castro; MORABITO, Reinaldo. Modelagem por meio de teoria de filas do tradeoff entre investir em canais de atendimento e satisfazer o nível de serviço em provedores internet. *Gestão & Produção*, v. 4, p. 278-295, 1997.

GOVIL, Manish K.; FU, Michael C. Queueing theory in manufacturing: A survey. *Journal of manufacturing systems*, v. 18, n. 3, p. 214-240, 1999.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. *Introdução à pesquisa operacional*. McGraw Hill Brasil, 2013.

JOSEPH, Joshua W. Queueing theory and modeling emergency department resource utilization. *Emergency Medicine Clinics*, v. 38, n. 3, p. 563-572, 2020.

LEADEBAL JUNIOR, Roosevelt Alves Fernandes. APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS, COM PRIORIDADES, À ÁREA DE PERÍCIA DOCUMENTOSCÓPICA DE UMA SUPERINTENDÊNCIA DA POLÍCIA FEDERAL. *Revista Brasileira de Ciências Policiais*, v. 12, n. 5, p. 301-330, 2021.

LI, Jiong; LUO, GuangChun; CHEN, Haoran. Research for load balance algorithms based on queue theory. In: 2008 Third International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology. IEEE, 2008. p. 330-333.

LIU, Xiaopeng *et al.* A Queueing Network Model for Solving Facility Layout Problem in Multifloor Flow Shop. *IEEE Access*, v. 10, p. 61326-61341, 2022.

LYRA, Mariana Galvão; GOMES, Ricardo Corrêa; JACOVINE, Laércio Antônio Gonçalves. O papel dos stakeholders na sustentabilidade da empresa: contribuições para construção de um modelo de análise. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 13, p. 39-52, 2009.

LUBICZ, Marek; MIELCZAREK, Bòzena. Simulation modelling of emergency medical services. *European Journal of Operational Research*, v. 29, n. 2, p. 178-185, 1987.

MACLAREN, M. Donald. The art of computer programming. Volume 2: Seminumerical algorithms (Donald E. Knuth). *SIAM Review*, v. 12, n. 2, p. 306-308, 1970.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. *Técnicas de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 1990.

MAÇADA, Antonio Carlos Gastaud; FELDENS, Luis Felipe; SANTOS, André Moraes dos. Impacto da tecnologia da informação na gestão das cadeias de suprimentos: um estudo de casos múltiplos. *Gestão & Produção*, v. 14, p. 1-12, 2007.

MATOS, Nicholas de Freitas Oliveira. Sistematização do processo de compras de sucata de alumínio combinada à tecnologia da informação. 2016.

MATOS, Mónica Reis de. Sistema de informação de gestão de compras internas para grupos empresariais. 2021. Tese de Doutorado.

OBELHEIRO, Marta Rodrigues et al. Método para análise de níveis de serviço em praças de pedágio. *TRANSPORTES*, v. 19, n. 3, p. 18-27, 2011.

PRADO, D. (2017). Teoria das filas e da simulação. 6ª Ed. Nova Lima, MG: Falconi

RAPOSO, Matheus Hortas *et al.* A importância do planejamento de compras para a gestão estratégica de suprimentos. *Compras públicas estaduais—Boas práticas brasileiras*, p. 204, 2016.

RAUPP, Fabiano Maury; BEUREN, Ilse Maria. Metodologia da pesquisa aplicável às ciências. Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática. São Paulo: Atlas, p. 76-97, 2006.

SAID, Dhaou; CHERKAOUI, Soumaya; KHOUKHI, Lyes. Multi-priority queuing for electric vehicles charging at public supply stations with price variation. *Wireless Communications and Mobile Computing*, v. 15, n. 6, p. 1049-1065, 2015.

SAP, O que é SAP?, 2022. Disponível em: <<https://www.sap.com/brazil/about/company/what-is-sap.html>> Acesso em: 29/09/2022.

SAP, O que é ERP? Disponível em: <<https://www.sap.com/brazil/insights/what-is-erp.html#:~:text=O%20planejamento%20de%20recursos%20empresariais,servi%C3%A7os%2C%20procurement%20e%20muito%20mais>> Acesso em: 14/04/2023.

SILVA, Silvio Bitencourt da. Uma análise das relações comprador-fornecedor na cadeia de suprimentos de produtos orgânicos no Brasil. 2010.

SIMCHI-LEVI, David; KAMINSKY, Philip; SIMCHI-LEVI, Edith. Cadeia de suprimentos, projeto e gestão: conceitos, estratégias e estudos de caso. Bookman Editora, 2009.

SIVARAMASASTRY, Adishesha et al. Priority queuing model for analysis of network traffic in flight operations of commercial aircraft. In: 2017 International Conference on Circuits, Controls, and Communications (CCUBE). IEEE, 2017. p. 25-30.

SOARES, Juliana Gonçalves. Uma avaliação do processo de chegadas no Restaurante Universitário da UFOP. 2019.

SOUZA, Gleim Dias de *et al.* Gestão da cadeia de suprimentos integrada à tecnologia da informação. *Revista de Administração Pública*, v. 40, n. 4, p. 699-729, 2006.

STALK, George. Time--the next source of competitive advantage. 1988.

TANAKA, Oswaldo Yoshimi; TAMAKI, Edson Mamoru. O papel da avaliação para a tomada de decisão na gestão de serviços de saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 17, p. 821-828, 2012.

WEISS, Elliott N.; TUCKER, Chad. Queue management: Elimination, expectation, and enhancement. *Business Horizons*, v. 61, n. 5, p. 671-678, 2018.

YARRAMALLI, Sai Sravya *et al.* Digital procurement on systems applications and products (SAP) cloud solutions. In: 2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA). IEEE, 2020. p. 473-477.

ZANELLA, Liane Carly Hermes *et al.* Metodologia da pesquisa. SEAD/UFSC, 2006.

Apêndice A

Quadro 1 - Chegadas x Atendimento

Tempo entre chegadas (h)	Tempo de atendimento (h)
2,57	1,32
1,32	1,25
1,63	1,32
0,02	1,63
0,00	0,02
19,17	0,01
0,00	0,01
2,03	1,25
1,10	1,58
22,30	1,52
1,15	1,17
0,62	1,33
1,02	0,02
3,22	0,33
15,95	1,95
1,97	1,78
1,42	3,68
2,57	0,03
0,92	0,85
0,22	1,90
0,33	0,12
0,47	0,28
32,12	0,13

0,00	0,32
0,00	1,15
9,78	0,62
0,75	0,10
0,83	0,13
0,12	3,77
0,08	3,15
0,02	2,00
0,03	2,32
0,82	0,25
0,77	0,13
0,12	0,23
1,87	0,10
22,07	0,08
4,17	0,08
18,05	0,05
1,05	2,40
0,00	0,18
0,02	0,35
4,00	1,93
1,13	2,12
17,15	3,10
1,77	0,08
0,85	3,07

0,12	0,07
0,15	3,37
1,52	2,12
23,58	0,03
2,07	0,43
0,00	0,22

Fonte: esta pesquisa.