

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA
FILHO" FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA
SOLTEIRA CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ESTUDO DO DESEMPENHO DO AEROPORTO DA CIDADE DE BAURU -
SP**

MANUELA BERNARDI DE SOUZA

Orientador: Prof^a. Dr^a.
Luzenira Alves Brasileiro

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Engenharia do Campus de Ilha
Solteira – UNESP, como parte dos
requisitos para obtenção do grau de
Engenheiro Civil.

ILHA SOLTEIRA–SP

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S729e Souza, Manuela Bernardi de.
Estudo do desempenho do aeroporto da cidade de Bauru-SP / Manuela Bernardi de Souza. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
41 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira,
2024

Orientador(a): Luzenira Alves Brasileiro

Inclui bibliografia

1. Aeroporto. 2. Dimensionamento. 3. Conectividade . 4. Desempenho.

Aluno: **MANUELA BERNARDI DE SOUZA**

Título: **ESTUDO DO DESEMPENHO DO AEROPORTO DA CIDADE DE
BAURU - SP**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Civil, junto ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Ilha Solteira

COMISSÃO EXAMINADORA



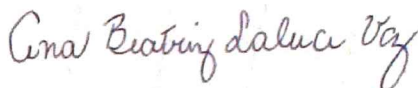
Prof.ª Dr.ª Luzenira Alves Brasileiro

UNESP – Campus de Ilha Solteira (Orientadora)



MsC. Rodrigo Andraus Bispo

UNESP – Campus de Ilha Solteira



MsC. Ana Beatriz Laluez Vaz

UNESP – Campus de Ilha Solteira

Ilha Solteira - SP

14/06/2024

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Edna e Rogério, a minha irmã Ana Olivia, dedico esse trabalho pelo apoio e amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus, por guiar e iluminar minha vida.

Aos meus pais, Edna e Rogério, por me proporcionarem a oportunidade de estudar e chegar até aqui. A minha irmã, Ana Olívia, que foi um pilar durante a graduação.

As minhas amigas e colegas em especial a Isabella Ramos, pelo apoio e incentivo aos estudos. A todos, agradeço o apoio incondicional em todos os momentos, carinho, amor e atenção.

À minha professora e orientadora Luzenira Alves Brasileiro, por todas as conversas, ensinamentos, atenção, auxílio e confiança para realizar meu trabalho de conclusão de curso.

Aos técnicos do Laboratório Central de Engenharia Civil de Ilha Solteira, da Biblioteca da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira e do Departamento de Engenharia Civil da Unesp.

Ao Grupo PET e ao Tutor Rogério de Oliveira Rodrigues, por me proporcionar o contato com os pilares de ensino, pesquisa e extensão. Ainda, todos os amigos que fiz durante o período que estive neste grupo.

A todos meus amigos e amigas da graduação, que levo comigo até hoje, pelo apoio intelectual, emocional, momentos e lembranças durante estes 5 anos. Em especial a minha querida casa nesses 5 anos a República Label que me proporcionou momentos incríveis e sempre estiveram ao meu lado.

RESUMO

O estudo analisa o Aeroporto de Bauru, destacando sua importância para a conectividade e economia regional. Observa-se um aumento no número de passageiros após a queda em 2020 devido à pandemia. Explora-se a infraestrutura do aeroporto, capacidade operacional e eficiência, com foco em indicadores de desempenho, tempos de espera e segurança. O objetivo é otimizar as operações e garantir uma experiência satisfatória para os passageiros, contribuindo para o crescimento econômico da região. O estudo busca identificar gargalos e propor melhorias para promover a eficiência, segurança e sustentabilidade do aeroporto, fortalecendo seu papel como hub regional. Com o dimensionamento chegamos em 146 baias de estacionamento, 10 balcões de check-in e uma sala de embarque que comporte 86 passageiros, atualmente o aeroporto possui 100 baias de estacionamento, 3 balcões e capacidade de 50 passageiros na sala de embarque.

Palavras-chave: Aeroporto, dimensionamento, conectividade, desempenho.

ABSTRACT

The study examines Bauru Airport, highlighting its importance for regional connectivity and economy. There has been an increase in the number of passengers following the decline in 2020 due to the pandemic. The airport's infrastructure, operational capacity, and efficiency are explored, focusing on performance indicators, wait times, and security. The goal is to optimize operations and ensure a satisfactory experience for passengers, contributing to the economic growth of the region. The study aims to identify bottlenecks and propose improvements to enhance the efficiency, security, and sustainability of the airport, strengthening its role as a regional hub.

With the sizing we arrived at 146 parking bays, 10 check-in counters and a departure lounge that can accommodate 86 passengers. Currently the airport has 100 parking bays, 3 counters and capacity for 50 passengers in the departure lounge.

Key words: Airport, sizing, connectivity, performance

Sumário

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVO	9
3. REVISÃO LITERÁRIA	10
3.1. ASPECTOS GERAIS	10
3.2. ASPECTOS ECONÔMICOS	10
3.3 . FUNCIONALIDADES DO TERMINAL DE PASSAGEIROS	11
3.3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	11
3.3.2. ACESSO AO AEROPORTO	11
3.3.3. ESTACIONAMENTO	12
3.3.4. HALL	12
3.3.5. BALCÕES DE CHECK IN	13
3.3.6. SALA DE EMBARQUE	13
3.3.7. SALA DE DESEMBARQUE	13
4. MATERIAIS E MÉTODOS	15
5. ESTUDO DE CASO	18
5.1. CONDIÇÕES GERAIS	18
5.2. CARACTERIZAÇÃO DO AEROPORTO	19
6. RESULTADOS	23
6.1. DIMENSIONAMENTO DO ESTACIONAMENTO	23
6.2. PROCESSO DE CHEGADAS	25
6.3. SERVIÇO DE CHECK IN	29
6.4. SERVIÇO DE EMBARQUE	32
6.5 CAPACIDADE DA SALA DE EMBARQUE	33
7. DISCUSSÃO	35
8. CONCLUSÕES	37
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1. INTRODUÇÃO

Localizado no estado de São Paulo, o aeroporto de Bauru desempenha um papel crucial na conectividade e mobilidade da região, servindo como ponto de acesso para passageiros e cargas.

Em nações geograficamente extensas com uma população dispersa, observa-se um maior número de aeroportos de pequeno porte em comparação com os aeroportos de grande porte, segundo Button (2010). Essa distribuição visa atender a toda a população. Entretanto, é essencial que os aeroportos sejam cuidadosamente planejados, monitorados e operados por entidades locais, estaduais ou federais, sendo que, recentemente, têm sido concedidos a entidades da iniciativa privada. No contexto brasileiro, a regulação do transporte aéreo é responsabilidade da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), que assumiu as funções anteriormente desempenhadas pelo Departamento de Aviação Civil (DAC).

No ano de 2021, registrou-se um acréscimo de 30% no número de viajantes, totalizando 67,4 milhões de passageiros em voos tanto domésticos quanto internacionais, em comparação com o ano anterior de 2020, que foi fortemente impactado pela pandemia. Contudo, ao contrastar com o ano de 2019, anterior à pandemia, o ano de 2021 testemunhou uma redução expressiva de quase 43,5% no volume de passageiros.[1]

No cenário de 2022, a tendência foi de crescimento, com o transporte de 97,8 milhões de passageiros, representando um aumento significativo em relação ao ano anterior.[2]

Bauru, estrategicamente posicionada em São Paulo, destaca-se como um importante centro econômico e industrial. O Aeroporto de Bauru desempenha um papel vital no apoio às atividades comerciais e turísticas da região, conectando-a a outras localidades nacionais e internacionais. Compreender a relevância econômica do aeroporto é fundamental para avaliar seu desempenho em termos de impacto financeiro e desenvolvimento regional.

O estudo abordará detalhadamente a infraestrutura do Aeroporto de Bauru,

incluindo pistas, terminais, instalações de carga e serviços auxiliares. Uma análise da capacidade operacional será conduzida para identificar eventuais gargalos e oportunidades de melhoria. Isso é crucial para garantir que o aeroporto possa lidar eficientemente com o aumento do tráfego aéreo e proporcionar uma experiência satisfatória aos passageiros. A eficiência operacional é um fator chave para o sucesso de qualquer aeroporto.

Neste estudo, serão explorados indicadores de desempenho, tempos de espera, procedimentos de embarque e desembarque, bem como medidas de segurança. O objetivo é garantir que o Aeroporto de Bauru opere de maneira eficaz, promovendo não apenas a conveniência, mas também a segurança dos passageiros e das operações aeroportuárias.

Este estudo do desempenho do Aeroporto de Bauru busca contribuir para o aprimoramento contínuo das operações aeroportuárias, promovendo a eficiência, segurança e sustentabilidade, além de fortalecer a posição da cidade como um hub essencial para a mobilidade e o crescimento econômico.

2. OBJETIVO

O objetivo deste estudo é analisar e avaliar diversos aspectos relacionados ao funcionamento e eficiência do aeroporto, a fim de proporcionar insights valiosos para otimizar suas operações como estacionamento, balcões de check-in e sala de embarque além de atender às crescentes demandas da comunidade.

3. REVISÃO LITERÁRIA

3.1. ASPECTOS GERAIS

No ano de 2022 por uma pesquisa realizada pelo IBGE (Índice Brasileiro de Geografia e Estatística) a população de Bauru era de 379.146 habitantes com um IDHM (Índice de desenvolvimento humano municipal) de 0,801, ficando na vigésima posição do ranking estadual. A cidade é estrategicamente localizada no interior do estado de São Paulo devido a sua posição em relação a centros urbanos próximos, e fica a 178 km da capital. A área da unidade territorial é 667.684 km² com densidade demográfica de 567,85 hab./km².

A figura 1 apresenta a localização do município de Bauru dentro do estado de São Paulo.[5]

Figura 1 - Localização geográfica do município de Bauru em São Paulo



Fonte: [5]

3.2. ASPECTOS ECONÔMICOS

Bauru possui um parque industrial diversificado, com destaque para indústrias alimentícias, metalúrgicas, químicas e de confecção. A presença de indústrias contribui para a geração de empregos e o crescimento econômico da cidade. Iniciativas empreendedoras e a promoção de inovação são características crescentes em Bauru, com a busca por impulsionar setores de tecnologia e startups.

3.3. FUNCIONALIDADES DO TERMINAL DE PASSAGEIROS

3.3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Um terminal de passageiros no aeroporto é uma estrutura projetada para facilitar o embarque, desembarque e trânsito de passageiros entre aeronaves e áreas de acesso terrestre, como estacionamentos e transportes públicos. Geralmente, um terminal de passageiros é composto por uma série de áreas e instalações, incluindo áreas de check-in, áreas de segurança, sala de embarque, portões de embarque, e áreas de coleta de bagagem. Essas áreas são projetadas para garantir que o fluxo de passageiros seja organizado e eficiente, proporcionando uma experiência confortável e conveniente durante toda a jornada de viagem.

3.3.2. ACESSO AO AEROPORTO

O acesso ao aeroporto para passageiros e aeronaves refere-se à facilidade com que pessoas e aeronaves podem chegar ao aeroporto e se mover dentro dele. Este acesso é crucial para garantir a eficiência das operações aeroportuárias e a conveniência dos passageiros.

O acesso terrestre para passageiros: o aeroporto deve ser facilmente acessível por meio de uma variedade de modos de transporte terrestre, como carro, ônibus, trem ou táxi. Isso envolve a presença de vias de acesso bem-sinalizadas e direcionadas ao terminal de passageiros, além de estacionamentos adequados e transporte público eficiente.

O acesso aéreo para aeronaves: O aeroporto deve fornecer pistas de pouso e decolagem adequadas, bem como espaços de estacionamento e taxiamento para aeronaves. Essas instalações devem ser dimensionadas para acomodar o tráfego aéreo esperado, tanto em termos de número de voos quanto de tipos de aeronaves.

Em resumo, o acesso ao aeroporto para passageiros e aeronaves é fundamental para garantir uma operação eficiente desde a chegada do passageiro ao aeroporto até no trajeto que realiza dentro do mesmo, atualmente com o crescimento dos aeroportos existem alguns que utilizam ônibus entre os terminais para levar e trazer passageiros, facilitando e deixando o trajeto mais cômodo para o usuário.

3.3.3. ESTACIONAMENTO

O planejamento do estacionamento do aeroporto é essencial para garantir uma experiência conveniente e eficiente para os passageiros e visitantes que utilizam o aeroporto. O primeiro passo no planejamento do estacionamento é entender a demanda esperada e projetar a capacidade do estacionamento de acordo. Isso pode envolver a análise do volume de passageiros, tipos de veículos (como carros de passageiros, táxis e vans de transporte), duração típica de estadia e tendências sazonais.

O estacionamento deve ser localizado de forma estratégica, oferecendo fácil acesso ao terminal de passageiros. Isso pode envolver estacionamentos localizados próximos ao terminal para curta permanência (drop-off e pick-up rápido) e estacionamentos remotos para longa permanência, com serviços de transporte para o terminal. O layout do estacionamento deve ser eficiente e intuitivo, facilitando a circulação de veículos e pedestres. Isso inclui a organização de vagas de estacionamento, direção do tráfego, sinalização clara e acesso seguro para pedestres.

Ao considerar esses aspectos no planejamento do estacionamento do aeroporto, é possível criar uma infraestrutura que atenda às necessidades dos passageiros de forma eficiente, segura e sustentável.

3.3.4. HALL

O Hall do terminal aeroportuário abrange uma variedade de facilidades destinadas a garantir o conforto dos passageiros e visitantes, como banheiros, áreas para troca de fraldas, espaços de descanso e locais para compras e refeições, como livrarias, lojas de conveniência e lanchonetes. O tamanho do aeroporto está diretamente relacionado à melhoria dessas instalações, que devem ser instaladas após uma análise eficiente da demanda. Implementar qualquer atividade sem uma análise de viabilidade pode resultar em prejuízo para o proprietário, devido à possível falta de demanda para sustentar o empreendimento no mercado.

Além disso, o layout do hall deve ser cuidadosamente planejado para garantir uma distribuição eficaz das instalações, visando proporcionar maior conforto e

satisfação aos usuários, atendendo às suas necessidades de forma adequada.

3.3.5. BALCÕES DE CHECK IN

A demanda por balcões de check-in em aeroportos é influenciada por vários fatores, incluindo o tamanho do terminal, o volume de passageiros, as práticas de check-in das companhias aéreas e as tendências do setor. Quanto maior o número de passageiros que utilizam o aeroporto, maior será a demanda por balcões de check-in. Aeroportos com alto tráfego de passageiros precisarão de mais balcões para acomodar a demanda.

A demanda por balcões de check-in pode variar ao longo do dia, com horários de pico durante as horas de maior movimento. Durante esses períodos, mais balcões podem ser necessários para lidar com o volume aumentado de passageiros.

O tamanho do terminal e sua capacidade de processamento de passageiros influenciam diretamente a demanda por balcões de check-in. Terminais maiores geralmente exigem mais balcões para atender às necessidades dos passageiros.

3.3.6. SALA DE EMBARQUE

A sala de embarque de um aeroporto deve oferecer conforto aos passageiros que esperam pelo horário de seu voo. Assim como acontece com os balcões de check-in, os horários de pico durante o dia podem resultar em uma demanda significativamente maior por espaço nas salas de embarque. Durante esses períodos, é importante que as salas de embarque possam acomodar confortavelmente todos os passageiros que aguardam seus voos.

Com isso os espaços devem contar com serviços para o usuário como sanitários, locais de descanso e possivelmente algumas instalações voltadas ao entretenimento do passageiro e entender esses elementos é essencial para garantir que o aeroporto possa oferecer uma experiência satisfatória aos passageiros.

3.3.7. SALA DE DESEMBARQUE

A sala de desembarque deve dedicar especial atenção à sua sinalização,

devido à diversidade de objetivos dos passageiros que a utilizam. Enquanto alguns passageiros em trânsito precisam ser direcionados imediatamente para a próxima sala de embarque, outros que chegaram ao destino final necessitam de orientação para encontrar suas bagagens ou saírem do aeroporto. Ademais, é essencial que a sala de desembarque disponha de instalações comuns, como banheiros e áreas de descanso, e seja organizada de maneira a facilitar o fluxo dos passageiros em direção à saída de forma eficaz e intuitiva. Destaca-se, portanto, a relevância crucial da sinalização, considerando não apenas as diferentes demandas dos passageiros, mas também a necessidade de direcionamento para áreas específicas, como alfândega ou imigração, de acordo com a nacionalidade ou tipo de voo.

3.4. TEORIA DE FILAS

A Teoria de Filas é uma área da pesquisa operacional que estuda o comportamento de sistemas onde entidades, como clientes ou pacotes de dados, aguardam em uma fila para serem atendidas. No contexto de aeroportos, a aplicação da Teoria das Filas pode ser valiosa para otimizar processos, reduzir tempos de espera e melhorar a eficiência operacional. Em aeroportos, é importante definir o sistema em questão, identificando assim os pontos de entrada, ou seja, Check-in e os pontos de saída por onde saem passageiros e retiram bagagens, sala de desembarque.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realizar esse dimensionamento, são necessárias três informações fundamentais:

- Distribuição dos diferentes modais de transporte na cidade de Bauru;
- Número de passageiros durante o horário de pico
- Quantidade de acompanhantes de cada passageiro.

Assim foi usado a Teoria de Filas para a simulação e realização do dimensionamento. Calculamos basicamente três processos, a chegada, o atendimento e o dimensionamento. Na equação 1 temos a representação do processo de chegada

$$\lambda = \frac{N}{T} \quad \text{[Equação 1]}$$

Sendo: λ : Taxa de chegadas (passageiros/minuto);
 N : Número de chegadas (passageiros);
 T : Tempo de observação (minuto).

A equação 2 representa o processo de atendimento de um serviço.

$$\mu = \frac{1}{T} \quad \text{[Equação 2]}$$

Sendo: μ : Taxa de atendimento (passageiros/minuto);
 T : Tempo médio de atendimento dos passageiros (minuto).

Por fim, o dimensionamento é determinado pela equação 3 a qual representa o índice de congestionamento do sistema.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu C} \quad \text{[Equação 3]}$$

Sendo: ρ : Índice de congestionamento do sistema;
 λ : Taxa de chegada (passageiros/minuto);
 μ : Taxa de atendimento (minuto/passageiro);
 C : Número de canais de atendimento.

Se:

$\rho < 1$: sem formação de filas;

$\rho > 1$: formação de filas;

$\rho = 1$: sem formação de filas, mas o sistema opera na sua capacidade máxima, com todos os canais de atendimento ocupados.

Para calcular o número total de pessoas no complexo aeroportuário usaremos:

$$D = N^{\circ} \text{ de passageiros} \times (1 + N^{\circ} \text{ de acompanhantes}) \quad [\text{Equação 4}]$$

Para calcular a chegada dos passageiros ao aeroporto o processo se dá de forma estocástica.

$$\lambda = \frac{c}{30} \quad [\text{Equação 5}]$$

Para calcularmos o tempo médio de check-in, temos:

$$\mu = \frac{1}{T} \quad [\text{Equação 6}]$$

A caracterização das chegadas e atendimentos é feita por análise dos padrões tanto de passageiros, voos quanto bagagens. Onde também são avaliados a taxa de chegada média e o tempo médio de atendimentos para diferentes processos no aeroporto.

Caracterização das Chegadas e Atendimentos:

- Analisa os padrões de chegadas de passageiros, voos e bagagens.
- Avalia a taxa de chegada média e o tempo médio de atendimento para diferentes processos no aeroporto.

Modelagem Matemática:

- Utiliza equações matemáticas para representar o comportamento da fila, como a Lei de Little, que relaciona o número médio de clientes no sistema, a taxa média de chegada e o tempo médio de atendimento.

Parâmetros do Sistema:

- Determine os parâmetros do sistema, como capacidade de atendimento, número de guichês de check-in, esteiras de bagagem, etc.

Análise de Desempenho:

- Avalie métricas de desempenho, como tempo médio de espera na fila, tempo médio de atendimento, taxa de ocupação dos recursos, entre outras.
- Identifique gargalos e pontos críticos no sistema.

Simulação e Otimização:

- Utilize ferramentas de simulação para modelar diferentes cenários e testar estratégias de otimização.
- Considere ajustes na alocação de recursos, reorganização de processos ou implementação de novas tecnologias para melhorar a eficiência.

Monitoramento Contínuo:

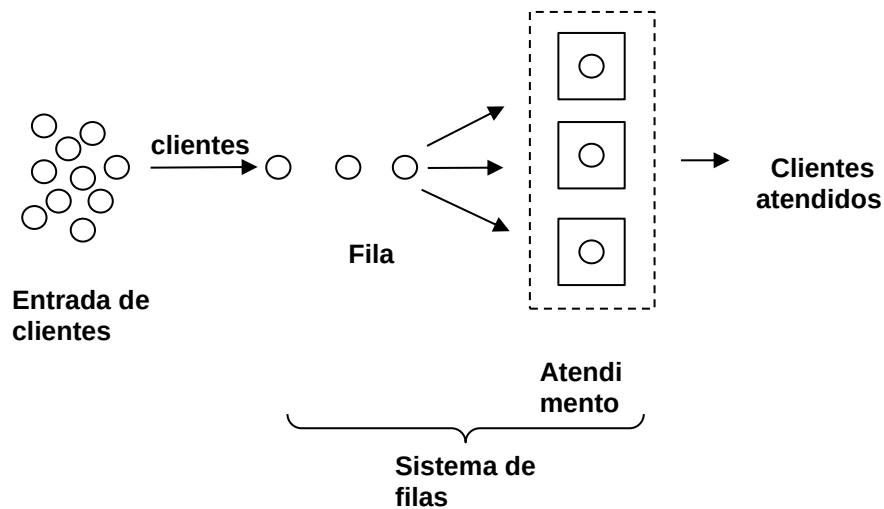
- Estabeleça um sistema de monitoramento contínuo para acompanhar as mudanças nas condições operacionais e ajustar as estratégias conforme necessário.

Integração com Tecnologia:

- Considere a implementação de tecnologias como sistemas de automação, sensores e inteligência artificial para aprimorar a eficiência do aeroporto e reduzir os tempos de espera.

A aplicação da Teoria das Filas em aeroportos pode contribuir significativamente para aprimorar a experiência dos passageiros, otimizar recursos e garantir um fluxo mais eficiente de pessoas e bagagens. Vale ressaltar que a complexidade do ambiente aeroportuário demanda uma abordagem detalhada e adaptada às características específicas de cada local.

Figura 2. Ilustração Teoria de filas



FONTE: Elaborado pela própria autora.

Assim, é possível caracterizar o desempenho desse sistema ao calcular métricas, tais como o tempo médio de espera dos clientes na fila, de chegada e saída.

5. ESTUDO DE CASO

5.1. CONDIÇÕES GERAIS

Foi realizado uma pesquisa e estudo de caso in loco no aeroporto de Arealva/Bauru visando coletar dados que nos auxiliaram a realizar o dimensionamento do estacionamento, balcão de check-in e checkout bem como análise e dimensões de sala do hall e de embarque.

5.2. CARACTERIZAÇÃO DO AEROPORTO

O aeroporto de Bauru atualmente só conta com uma companhia atuando semanalmente. A companhia azul e tem 2 voos fixos o primeiro acontece todo sábado com destino a cidade de Porto Seguro (BA) e diariamente saem 2 voos para o aeroporto de Viracopos na cidade de Campinas (SP) em dois horários às 10:30 e as 15:30h Voos da cia AZUL.

Tabela 1: Horário dos voos da companhia Azul.

Voos Azul					
DIA	N° DO VOO	ORIGEM	HORA DA SAÍDA	DESTIDO	CHEGADA
2° a Domingo	4920	(JTC)	10:25	VCP	11:25
2° a Domingo	4531	(JTC)	15:25	VCP	16:25
Sábado	2513	(JTC)	15:55	(BPS)	18:00
2° a Domingo	4975	(VCP)	09:05	(JTC)	10:05
2° a Domingo	4530	(VCP)	14:05	(JTC)	15:05
Sábado	2512	(BPS)	12:00	(JTC)	14:10

Fonte: Elaborada pela própria autora.

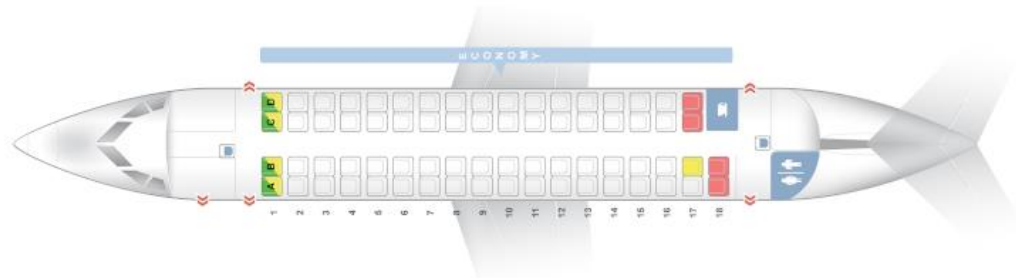
A aeronave que faz o trajeto Bauru (JTC) Campinas (VCP) é a ATR-72 a qual tem capacidade de transportar 70 passageiros, e é considerada ideal para curtas distâncias, podendo chegar até 460 km/h e tem a capacidade de bagagem de 20kg por passageiros, a cabine também inclui cozinha e banheiros separados.

Figura 3: Imagem aeronave ATR-72



Fonte:[6].

Figura 4: vista de cima aeronave ATR-72



Fonte:[7].

O trajeto Bauru (JTC) a Porto Seguro (BPS) é com a aeronave Embraer 195 E2 opera com capacidade para transportar até 132 passageiros, é o terceiro maior modelo da Embraer e da sua classe é a aeronave mais sustentável e econômica. A cabine também inclui cozinha e banheiros separados, além disso oferece entrada USB-A para os passageiros.

Figura 5: Imagem aeronave Embraer 195



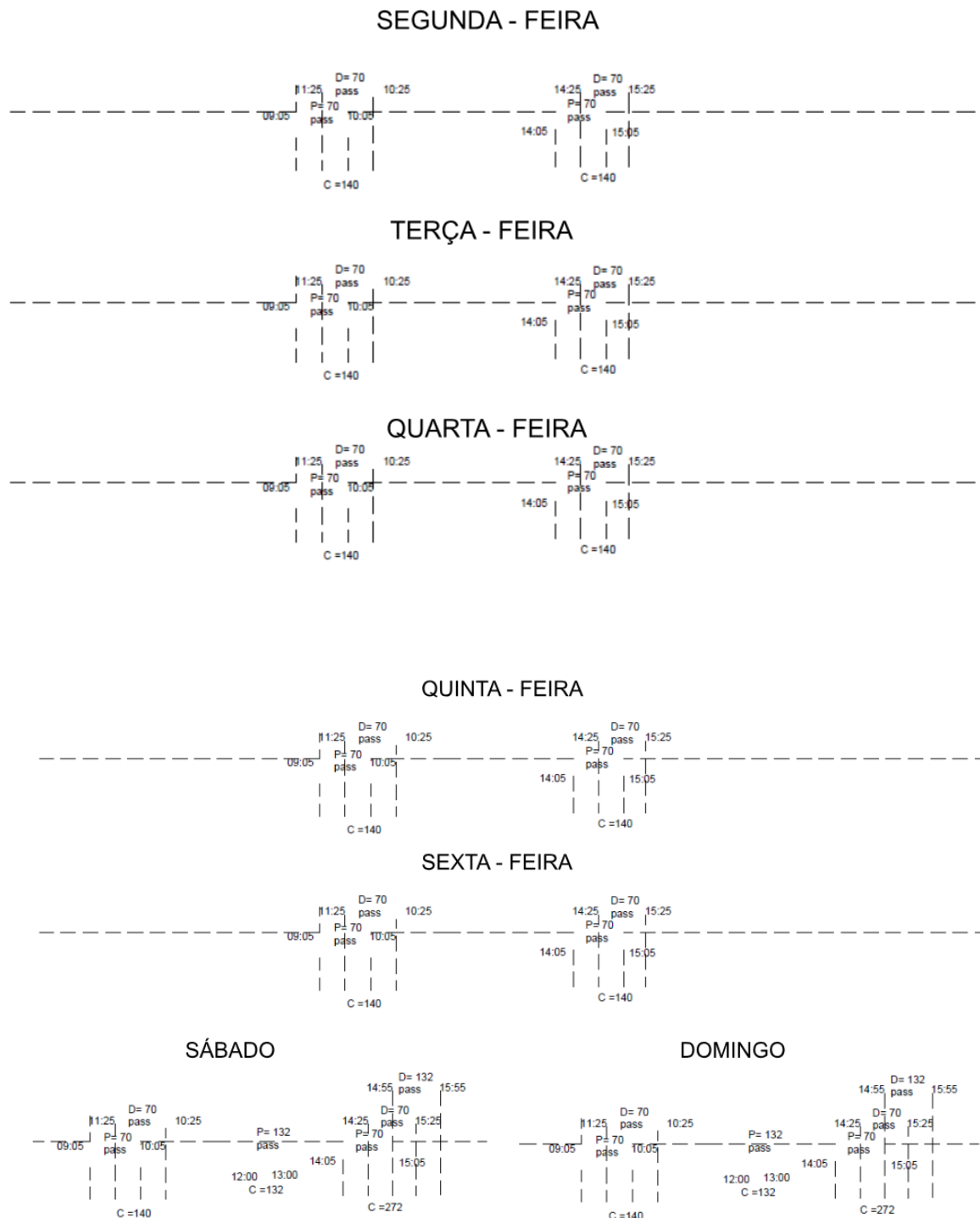
Fonte:[7].

Tabela 2: Dados das operações de pouso e decolagem.

SEGUNDA-FEIRA				SEXTA-FEIRA			
Hora	Operação	Aeronave	C(pass)	Hora	Operação	Aeronave	C(pass.)
09:05	pouso	ATR-72	70	09:05	pouso	ATR-72	70
10:25	decolagem	ATR-72	70	10:25	decolagem	ATR-72	70
14:05	pouso	ATR-72	70	14:05	pouso	ATR-72	70
15:25	decolagem	ATR-72	70	15:25	decolagem	ATR-72	70
TERÇA-FEIRA				SÁBADO			
Hora	Operação	Aeronave	C(pass)	Hora	Operação	Aeronave	C(pass.)
09:05	pouso	ATR-72	70	09:05	pouso	ATR-72	70
10:25	decolagem	ATR-72	70	10:25	decolagem	ATR-72	70
14:05	pouso	ATR-72	70	12:00	pouso	Embraer 195 E2	132
15:25	decolagem	ATR-72	70	14:05	pouso	ATR-72	70
QUARTA-FEIRA				15:25	decolagem	ATR-72	70
Hora	Operação	Aeronave	C(pass)	15:55	decolagem	Embraer 195 E2	132
09:05	pouso	ATR-72	70	DOMINGO			
10:25	decolagem	ATR-72	70	Hora	Operação	Aeronave	C(pass.)
14:05	pouso	ATR-72	70	09:05	pouso	ATR-72	70
15:25	decolagem	ATR-72	70	10:25	decolagem	ATR-72	70
QUINTA-FEIRA				14:05	pouso	ATR-72	70
Hora	Operação	Aeronave	C(pass)	15:25	decolagem	ATR-72	70
09:05	pouso	ATR-72	70				
10:25	decolagem	ATR-72	70				
14:05	pouso	ATR-72	70				
15:25	decolagem	ATR-72	70				

Fonte: Elaborado pela própria autora

Figura 6: Diagrama de tempo de operações



Fonte: Elaborado pela própria autora

É possível notar que os voos se mantêm os mesmos durante a semana e a maior alteração é no final de semana o qual tem o acréscimo de duas novas operações um pouso e uma decolagem. Pode ser extraído do diagrama o horário de pico.

6. RESULTADOS

6.1. DIMENSIONAMENTO DO ESTACIONAMENTO

É relevante destacar que, próximo aos horários de pouso e decolagem dos voos, há uma significativa movimentação de pessoas no complexo aeroportuário, as quais utilizam uma variedade de modais de transporte, como táxis, ônibus e veículos particulares.

Diante desse cenário, torna-se essencial dimensionar um estacionamento capaz de atender à demanda desses veículos no aeroporto.

No diagrama de tempo de operações, podemos identificar o horário de pico, no qual ocorre o maior influxo de passageiros. Neste caso, observamos que nos finais de semana, sábado e domingo, ocorre uma convergência máxima de 272 passageiros. Das 14:05h às 15:55h aos sábados e aos domingos 272 passageiros em um pouso e duas decolagens.

Dessa forma para calcular o número total de pessoas no complexo aeroportuário usaremos a equação 4, para esse caso adotaremos o número de acompanhantes como 1

$$N^{\circ} \text{ de acompanhantes} = 1$$

Dessa forma o número total de pessoas no aeroporto nesse horário de pico, equivale à:

$$D = 272(1 + 1) = 544 \text{ pessoas}$$

Portanto, para determinar a divisão modal, é necessário entender as condições de transporte da cidade, a fim de estimar a porcentagem da demanda que utiliza cada modal disponível.

Bauru não dispõe de uma rota de ônibus que inclua o aeroporto, seja operada pelo setor público ou por empresas privadas. Assim, as únicas opções para os passageiros chegarem ao aeroporto são utilizando seus automóveis particulares ou recorrendo ao serviço de táxi.

Ao analisarmos o comportamento da população da cidade de Bauru, e devido ao estudo realizado in loco podemos adotar uma divisão modal entre automóveis particulares e táxis, uma vez que não existe nenhuma rota de ônibus que chegue ao aeroporto, nem publica nem privada.

$$T_{\text{taxi}} = 20\% (109 \text{ pessoas})$$

$$Automóvel = 80\% (435 \text{ pessoas})$$

Levando em conta a quantidade de passageiros por modal de transporte, temos:

$$T_{\text{taxi}} = 3 \text{ pass/veículo}$$

$$T_{\text{automóvel}} = 4 \text{ pass/veículo}$$

O número de vagas requerido é determinado pela divisão do número de pessoas em cada modal pela taxa de passageiros por veículo correspondente, resultando no número de baias necessárias.

$$Baia_{\text{taxi}} = \frac{109}{3} = 37 \text{ baias}$$

$$Baia_{\text{automóvel}} = \frac{435}{4} = 109 \text{ baias}$$

Atualmente, há uma área designada para o estacionamento de veículos em frente ao aeroporto com 100 baias disponíveis, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7: Estacionamento do aeroporto.



Fonte: Acervo da autora.

6.2. PROCESSO DE CHEGADAS

Este processo apresenta um comportamento estocástico, ou seja, as chegadas ocorrem no tempo e no espaço segundo as leis da probabilidade. Começaremos calculando o valor de λ representado na equação 5:

Para este procedimento, ao analisarmos os parâmetros relacionados aos passageiros que partirão do Aeroporto de Bauru, como a quantidade de balcões de check-in necessários, as dimensões da sala de embarque e do saguão de passageiros, o valor de C considerado refere-se apenas à capacidade de decolagem. Dado que apenas um avião está decolando, o valor de C será equivalente à capacidade do avião, ou seja, 132 passageiros. Portanto, podemos calcular o valor de λ usando a Equação 1.

$$\lambda = \frac{132}{30} = 4,4$$

Adotaremos o valor de λ como sendo 5, e, com isso, procederemos à simulação do processo de chegadas e do processo de atendimento nos balcões de check-in. Para a simulação do processo de chegadas, será crucial conhecer a função de distribuição de probabilidade. Com isso, teremos vários valores de λ variando de 0 a 5 para uma probabilidade entre 0 e 100.

$$\lambda = \frac{5P}{100}$$

Tabela 3: Valor de λ

0	λ	5
0	P	100

Fonte: elaborado pela própria autora.

Realizaremos esta simulação com o auxílio de uma tabela utilizando o software Excel, com os seguintes parâmetros:

Tabela 4: Processo de chegada

PROCESSO DE CHEGADAS			
P			
T(min)	(100)	λ (pass)	D(pass)

Fonte: elaborado pela própria autora.

T: variação de tempo de 1 em 1 minuto;
P: Valor aleatório variando entre 0 e 100;
 λ : Número de passageiros que chegam no respectivo intervalo de tempo;
D: Número de passageiros acumulados.
O valor de λ é calculado para cada valor de P (valor de 0 a 100 gerado por uma série aleatória a partir do software Excel), e os valores alcançados são apresentados na Tabela 3.

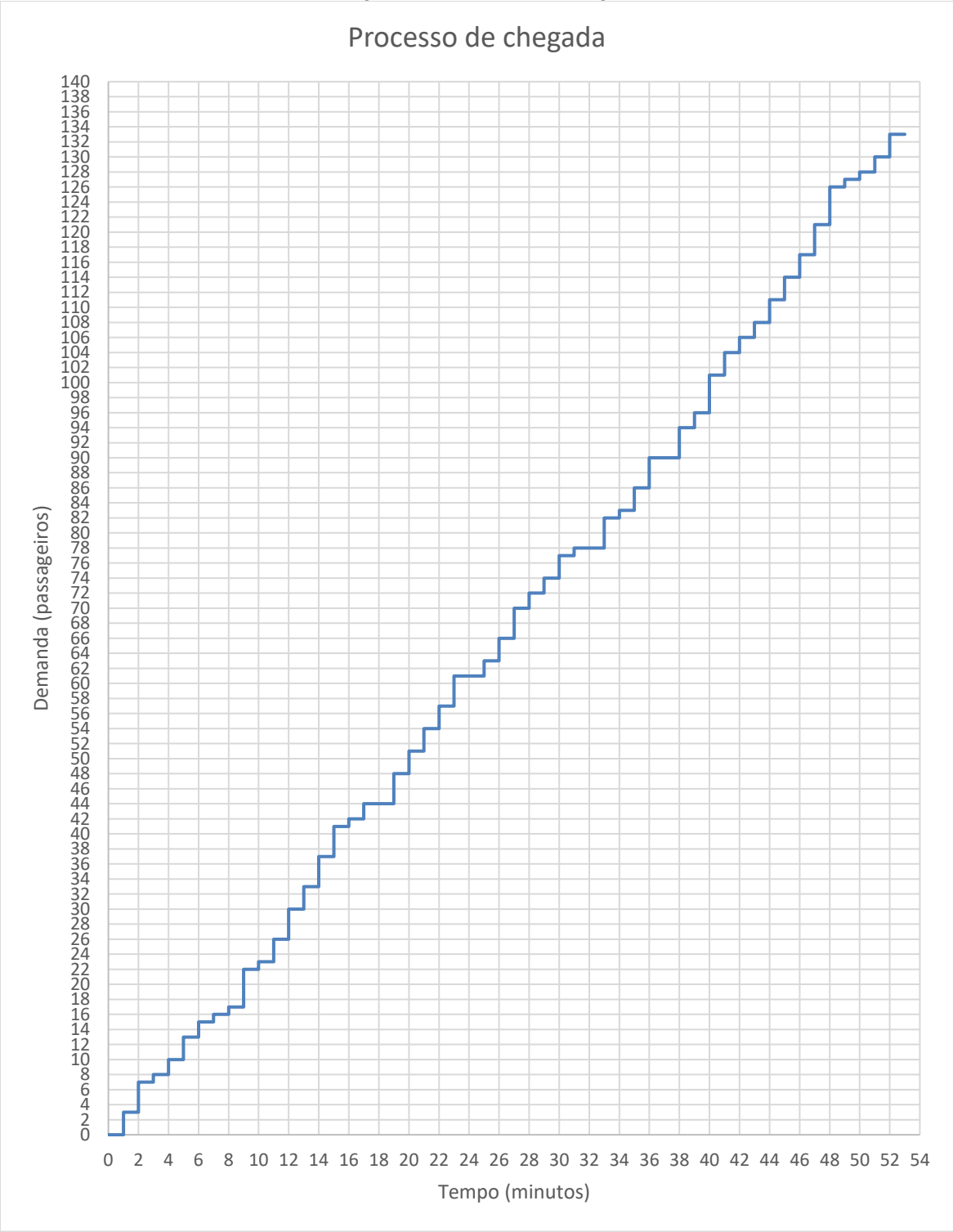
Tabela 4: Processo de chegadas

PROCESSO DE CHEGADAS			
T(min)	P(100)	λ (pass)	D(pass)
0	59	3	3
1	89	4	7
2	15	1	8
3	38	2	10
4	54	3	13
5	35	2	15
6	17	1	16
7	25	1	17
8	96	5	22
9	25	1	23
10	54	3	26
11	3	0	26
12	78	4	30
13	51	3	33
14	85	4	37
15	72	4	41
16	28	1	42
17	42	2	44
18	6	0	44
19	89	4	48
20	69	3	51
21	66	3	54
22	64	3	57
23	72	4	61
24	9	0	61
25	40	2	63
26	61	3	66
27	81	4	70
28	41	2	72
29	39	2	74
30	50	3	77
31	29	1	78
32	4	0	78
33	75	4	82
34	22	1	83
35	65	3	86
36	87	4	90
37	2	0	90
38	73	4	94
39	44	2	96
40	98	5	101
41	65	3	104
42	39	2	106
43	32	2	108
44	54	3	111
45	60	3	114
46	62	3	117
47	86	4	121
48	93	5	126
49	14	1	127
50	23	1	128
51	49	2	130
52	50	3	133

Fonte: elaborado pela própria autora.

Com os dados da Tabela 4, podemos construir uma curva que representa o processo de chegadas como demonstrado na Figura 8, a seguir.

Figura 8: Processo de chegada



Fonte: elaborado pela própria autora.

Analisando a curva do processo de chegada, é possível perceber que todos os passageiros chegam ao aeroporto em 53 minutos.

6.3. SERVIÇO DE CHECK IN

Nessa etapa dimensionaremos a quantidade de balcões de check-in necessária para atender a todos os passageiros do aeroporto, a qual será importante para conhecermos alguns indicadores:

- Tempo médio gasto por passageiros para realizar o serviço de check-in;

Foram coletados dados reais do Aeroporto de Bauru para determinar o tempo médio que cada passageiro leva para completar o serviço de check-in.

Assim, o valor adotado será:

$$\bar{T} = 3 \text{ minutos} / \text{passageiro}$$

Utilizando a equação 6:

$$\mu = \frac{1}{\bar{T}} = 0,35 \text{ passageiros} / \text{minuto}$$

- Índice de congestionamento (ρ)

$$\rho = 1,5$$

Assim, o número de balcões é calculado pela Equação 3:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu \cdot C} \rightarrow C = \frac{\lambda}{\mu \cdot \rho}$$
$$C = \frac{\lambda}{\mu \cdot \rho} = \frac{5}{0,35 \cdot 1,5} = 10 \text{ balcões}$$

Assim, podemos proceder com a simulação do check-in. A distribuição considera as informações da Tabela 4, incluindo o número calculado de balcões e o tempo necessário para cada passageiro completar o check-in. O objetivo é determinar se o número de balcões dimensionados é adequado para atender à demanda existente ou se há necessidade de ampliação devido a filas excessivas. A Tabela 5 ilustra a simulação do check-in de passageiros.

Tabela 5: Simulação check-in passageiros.

T(minutos)	λ (pass)	Balcão 1	Balcão 2	Balcão 3	Balcão 4	Balcão 5	Balcão 6	Balcão 7	Balcão 8	Balcão 9	Balcão 10
0	3	0_3	0_3	0_3							
1	4				1_4	1_4	1_4	1_4			
2	1								2_5		
3	2	3_6	3_6								
4	3			4_7	4_7	4_7					
5	2						5_8	5_8			
6	1								6_9		
7	1	7_10									
8	5		8_11	8_11	8_11	8_11	8_11				
9	1							9_12			
10	3	10_13							10_13	10_13	
11	0										
12	4		12_15	12_15	12_15	12_15					
13	3						13_16	13_16	13_16		
14	4										
15	4	15_18	15_18	15_18	15_18						
16	1					16_19					
17	2						17_20	17_20			
18	0										
19	4	19_22	19_22	19_22	19_22						
20	3					20_23	20_23	20_23			
21	3								21_24	21_24	21_24
22	3	22_25	22_25	22_25							
23	4				23_26	23_26	23_26	23_26			
24	0										
25	2	25_28	25_28								
26	3			26_29	26_29	26_29					
27	4						27_30	27_30	27_30	27_30	
28	2	28_31	28_31								
29	2			29_32	29_32						
30	3					30_33	30_33	30_33			
31	1	31_34									
32	0										
33	4		33_36	33_36	33_36	33_36					
34	1	34_37									
35	3						35_38	35_39	35_40		
36	4		36_39	36_39	36_39	36_39					
37	0										
38	4	38_41					38_41	38_41	38_41		
39	2		39_42	39_42							
40	5				40_43	40_43				40_43	40_43
41	3	40_43					41_44	41_44	41_44		
42	2		42_45	42_45							
43	2				43_46	43_46					
44	3	44_47					44_47	44_47			
45	3		45_48	45_48					45_48		
46	3				46_49	46_49				46_49	
47	4	47_50					47_50	47_50			47_50
48	5		48_51	48_51					48_51		
49	1				48_51	48_51				49_51	
50	1	50_53									
51	2		51_54	51_54							
52	2				52_55	52_55					
53	0										
54	0										
55	0										

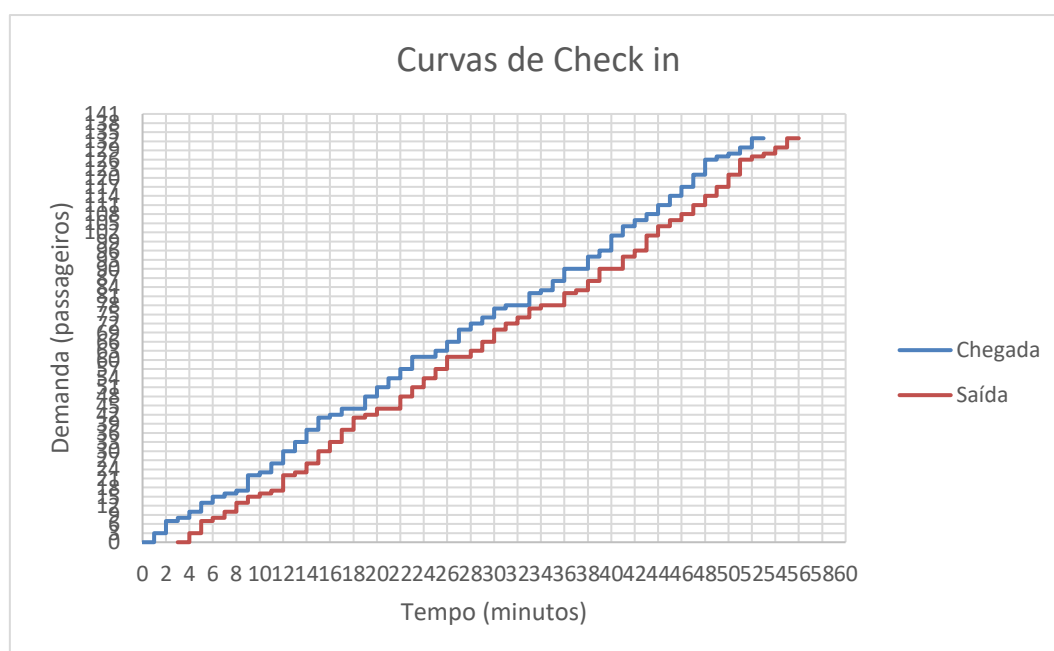
Fonte: elaborado pela própria autora.

Na Tabela 5, os valores representam o momento em que o passageiro chegou ao balcão para fazer o check-in e o momento em que o passageiro saiu, formando um par de números em cada célula.

Para explicar, consideremos a primeira linha da Tabela 4. No momento 0, temos 3 passageiros chegando ao aeroporto ($\lambda = 3$). Como o tempo médio gasto por passageiro para fazer o check-in é de 3 minutos, esses passageiros, dirigiram-se ao balcão 1, 2 e 3 respectivamente no momento 0, ocupará o balcão até o momento 3, formando o primeiro par representado na Tabela 5 (0_3). Além disso, para facilitar a visualização do processo, destacamos o período em que cada passageiro permanece no balcão, correspondente a 3 minutos. Em alguns casos, ocorre a chegada de um passageiro quando todos os balcões estão ocupados, o que resulta na formação de uma fila.

Neste estudo, nos momentos 40 e 48, podemos observar essa situação, conforme destacado na Tabela 5. É importante destacar que mesmo com a formação de filas nesses casos, o tempo de espera será de no máximo 1 minuto por passageiro, o que não caracteriza um desconforto significativo para ele. É interessante organizar os dados em curvas que representam a entrada dos passageiros para fazer o check-in e a curva que representa sua saída, conforme mostrado no gráfico da Figura 9.

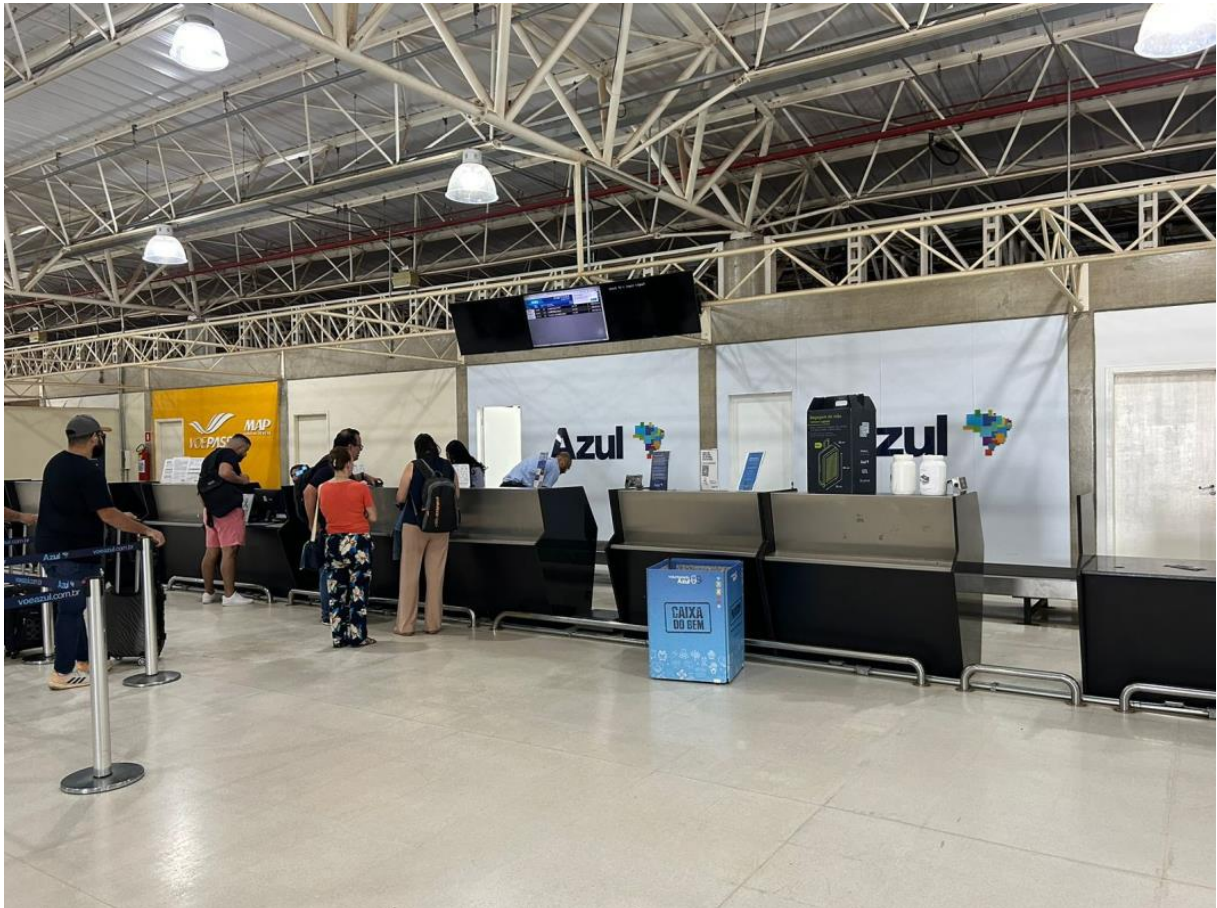
Figura 9: Curvas de check-in



Fonte: elaborado pela própria autora.

Atualmente o aeroporto possui 3 balcões de check-in da companhia Azul.
Como ilustrado na figura 10.

Figura 10: Balcões de check-in da Azul.



Fonte: Acervo da autora.

6.4. SERVIÇO DE EMBARQUE

Essa é a etapa na qual o passageiro apresenta o documento de identificação e o cartão de embarque, caracterizando então um período muito curto para a realização dessas atividades.

Para isso adotaremos um tempo de embarque por passageiro, portanto:

$$\bar{T} = 10 \text{ segundos} / \text{passageiro}$$

$$\bar{T} = 0,167 \text{ minutos} / \text{passageiro}$$

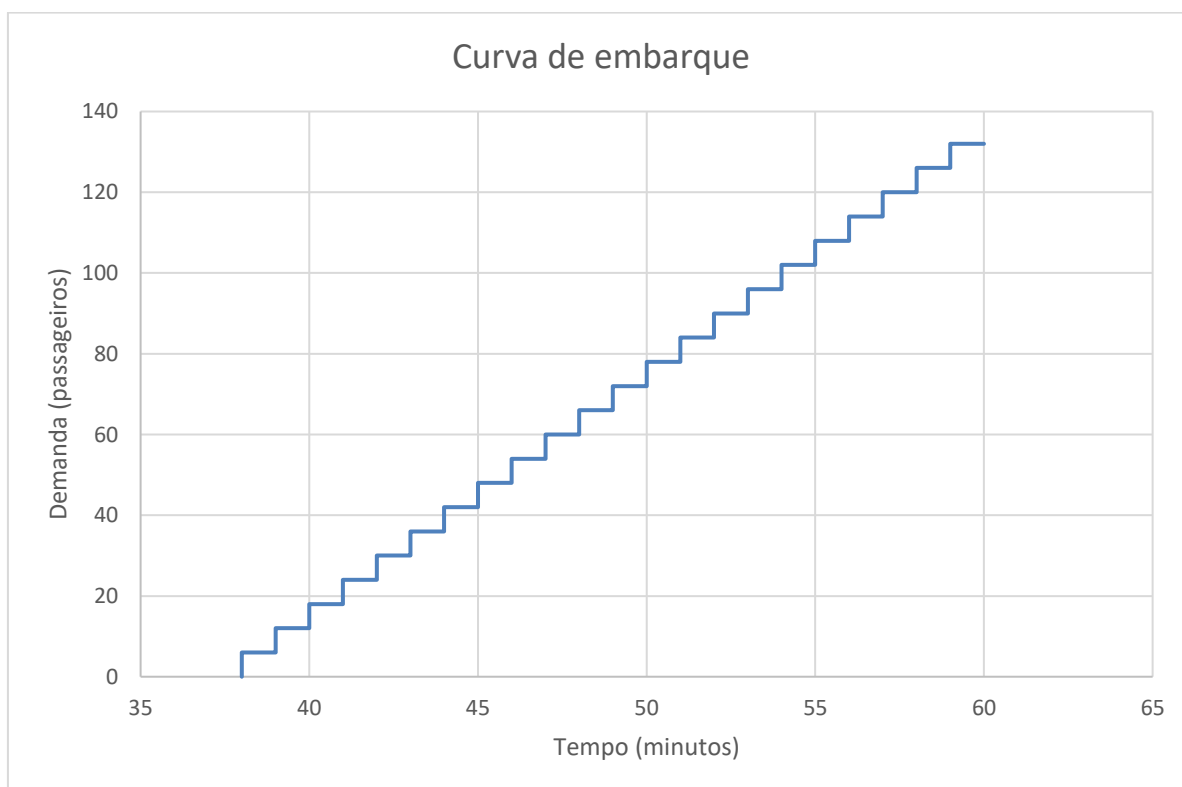
$$\mu = \frac{1}{\bar{T}} = 6 \text{ passageiros} / \text{minuto}$$

Além disso, é fundamental determinar o intervalo de tempo antes da decolagem em que a porta de embarque é aberta para que os passageiros apresentem seus bilhetes e sejam encaminhados para a aeronave.

Esse período varia de acordo com a capacidade do voo, pois quanto maior o número de passageiros, mais tempo é necessário para direcioná-los à aeronave e decolar no horário previsto. Considerando que os voos típicos do aeroporto estudado são de pequeno porte, podemos estabelecer a abertura da porta de embarque 15 minutos antes da decolagem. Isso permite direcionar e acomodar os passageiros para a decolagem mantendo a pontualidade.

Para visualizar este parâmetro, podemos criar um gráfico (Figura 12) que represente o serviço de embarque de passageiros, iniciando 22 minutos antes do horário de decolagem e concluindo a tempo.

Figura 11: Curva de embarque



Fonte: elaborado pela própria autora.

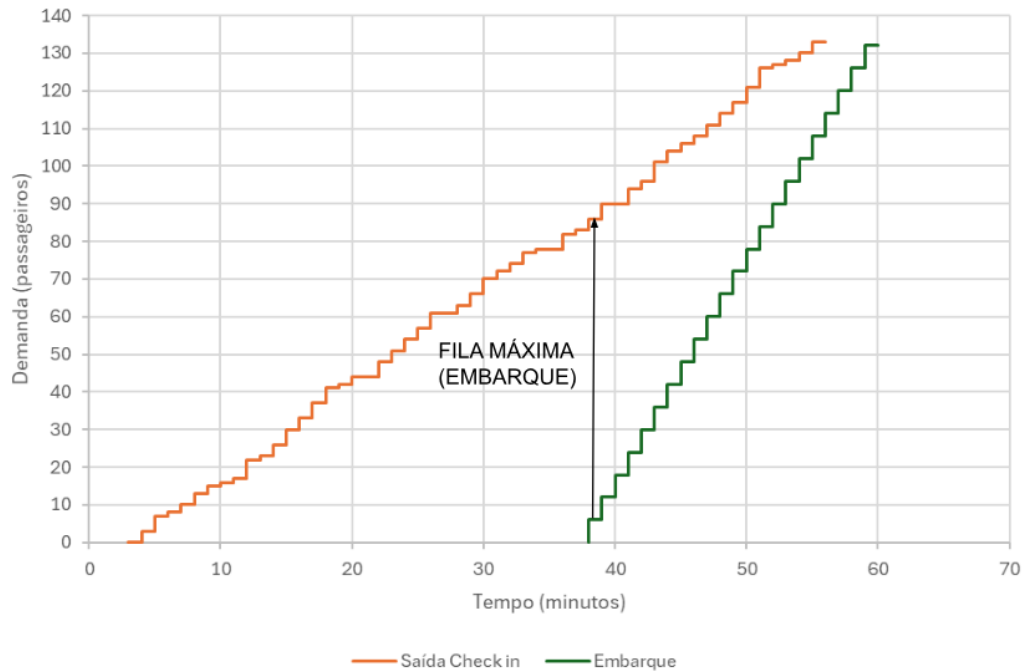
6.5 CAPACIDADE DA SALA DE EMBARQUE

Podemos determinar a capacidade da sala de embarque se tivermos informações sobre a taxa de atendimento para o embarque e o tamanho

máximo da fila durante o processo de embarque.

O valor de (μ) foi previamente fornecido e corresponde a 6 passageiros por minuto, enquanto o tamanho máximo da fila durante o processo de embarque é obtido da Figura 12, que relaciona as curvas de saída do serviço de check-in com a curva de embarque.

Figura 12: Fila máxima durante o serviço de embarque.



Fonte: elaborado pela própria autora.

A fila máxima ocorre no minuto 38. Através da equação a seguir, é possível obter a capacidade máxima da sala de embarque

$$C = \mu_e + Q_{max} = 6 + 80 = 86 \text{ passageiros}$$

Figura 13: Sala de embarque



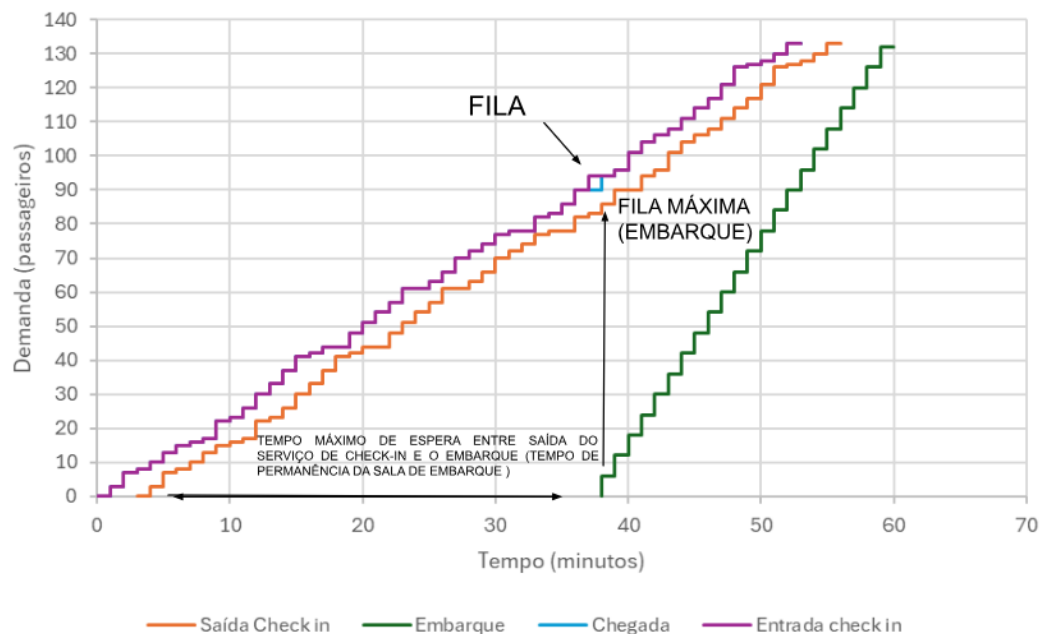
Fonte: Acervo da autora.

7. DISCUSSÃO

Obtendo as informações da simulação realizada e dos dados, os quais foram calculados podemos realizar as seguintes análises.

Na figura 14 quando sobrepomos as curvas de entrada de check-in de chegada de saída de check-in e de embarque podemos tirar as seguintes conclusões:

Figura 14. Curvas de chegada, check-in e embarque



Fonte: elaborado pela própria autora.

Inicialmente, podemos examinar o gráfico em relação à formação de filas no serviço de check-in. Durante a simulação, considera-se que o passageiro chega ao aeroporto e se dirige ao balcão de check-in. Após completar este serviço, o passageiro segue para a sala de embarque e aguarda a abertura do portão que dá acesso à aeronave.

Assim, a curva de chegada e a curva de entrada para o check-in estão principalmente sobrepostas na maior parte do tempo, indicando que a maioria dos passageiros chega e encontra um balcão disponível para realizar o serviço (considerando 10 balcões disponíveis).

Em alguns pontos destacados no gráfico, podemos observar momentos em que a curva de entrada para o check-in não se sobrepõe à curva de chegada dos passageiros no aeroporto. Nestes momentos, ocorre a formação de filas.

É importante destacar que, mesmo com a formação de fila em um momento, a fila máxima é composta por apenas 2 pessoas que esperarão apenas 1 minuto. Portanto, essa situação não deve ser considerada caótica, e não é necessário propor a abertura de um novo balcão para resolver esse problema.

Outro parâmetro importante a ser analisado é o tempo que os passageiros permanecem na sala de embarque após o check-in. Durante este período, é crucial verificar se a sala é capaz de acomodar a quantidade de passageiros que irão para lá, e se está devidamente equipada com assentos, banheiros e, possivelmente, áreas de entretenimento, como cafés ou lojas de conveniência.

8. CONCLUSÕES

Este trabalho demonstrou atuais condições do aeroporto de Bauru e realizar uma análise para fornecer sugestões de melhorias para o desempenho do aeroporto. Levando em conta os cálculos e atividades apresentados, podemos tirar as seguintes conclusões ao examinar a sobreposição da curva de chegada e a curva de entrada para o check-in indica que a maioria dos passageiros chega ao aeroporto e encontra um balcão disponível para realizar o serviço. Isso sugere uma eficiência razoável no processo de check-in, considerando os 10 balcões hipotéticos propostos neste trabalho.

Em alguns pontos destacados no gráfico, observamos momentos em que a curva de entrada para o check-in não se sobrepõe à curva de chegada dos passageiros, indicando a formação de filas. No entanto, a fila máxima é composta por apenas 2 pessoas, que esperarão apenas 1 minuto. Portanto, essa situação não deve ser considerada caótica, e não é necessário propor a abertura de um novo balcão para resolver esse problema.

Essas análises indicam que, no geral, o estacionamento possui menos baias para os automóveis do que o dimensionado, possui 100 e dimensionamos 146, o processo de check-in está funcionando atualmente com 3 balcões onde foram dimensionados 10 e a sala de embarque opera com capacidade de 50 passageiros quando deveria ter 86 passageiros de capacidade segundo o dimensionamento.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BUTTON, kenneth. Economic Aspects of regional airport development. In: Development of Regional Airports – Theoretical Analyses and Cases Studies. Southampton, Boston: WITPress, 2010, cap 1.

[2] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Bauru. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/bauru.html>. Acesso em: 8 dez. 2023.

[3] SANTOS, Jair Pereira dos. Aplicação do Estudo de Filas: Filas de Aeronaves em Aeroportos - Estudo de Caso do Aeroporto de Congonhas "Jair Pereira dos Santos". Dissertação (Mestrado em Administração) – Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 1984.

[4] Google Maps. Bauru, SP para São Paulo, SP. Disponível em: <https://www.google.com/maps/dir/Bauru,+SP/S%C3%A3o+Paulo/@-21.7982056,50.9975967,8z/data=!3m1!4b1!4m14!4m13!1m5!1m1!1s0x94bf689c0ddaa221:0x251c368f6fa134a0!2m2!1d-49.0708221!2d-22.3155297!1m5!1m1!1s0x94ce597d462f58ad:0x1e5241e2e17b7c17!2m2!1d-50.3428431!2d-21.2922457!3e0?entry=ttu>. Acesso em: 10 dez. 2023.

[5] Prefeitura Municipal de Bauru. Site Institucional. Disponível em: <https://www2.bauru.sp.gov.br/bauru.aspx?m=2>. Acesso em: 10 dez. 2023.

[6] Airway. Por dentro do primeiro ATR 72 da Azul com motores PW127XT. Disponível em: <https://www.airway.com.br/por-dentro-do-primeiro-atr-72-da-azul-com-motores-pw127xt/>. Acesso em: 10 dez. 2023.

[7] Fly Flapper. ATR 72-600. Disponível em: https://flyflapper.com/aircraft/419/atr-72-600?lang=pt_BR. Acesso em: 12 dez. 2023.

[8] KLM. Embraer 195 E2. Disponível em:

<https://www.klm.com.br/information/travel-class-extra-options/aircraft-types/embraer-195-e2>. Acesso em: 22 fev. 2024.

[9] VASCONCELOS, L. F. (2007). O Aeroporto como Integrante de um Projeto de Desenvolvimento Regional: A Experiência Brasileira. Brasília: Universidade de Brasília.

[10] SANTOS, Roberto Jefferson da Silva. A teoria de filas para avaliar o desempenho operacional de uma pista de pousos e decolagens de aeronaves. Rio de Janeiro, RJ, 2003.

[11] MICROSOFT Excel for Windows 95. Versão 4.1. [S. l.]: Microsoft Corporation, 1995. 1 CD.