

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Ricardo Pereira Vilalba

**OTIMIZAÇÃO DE ROTEIRIZAÇÃO DE FROTAS POR
MEIO DE MODELAGEM COMPUTACIONAL**

Trabalho de Graduação
2023

Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

Ricardo Pereira Vilalba

**OTIMIZAÇÃO DE ROTEIRIZAÇÃO DE FROTAS POR
MEIO DE MODELAGEM COMPUTACIONAL**

Orientador

Prof. Dr. Marcelo Xavier Guterres (ITA)

Coorientador

Prof. Dr. Ernesto Cordeiro Marujo (ITA)

ENGENHERIA CIVIL-AERONÁUTICA

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Divisão de Informação e Documentação

Vilalba, Ricardo Pereira
Otimização de roteirização de frotas por meio de modelagem computacional / Ricardo Pereira Vilalba.
São José dos Campos, 2023.
98f.

Trabalho de Graduação – Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica– Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2023. Orientador: Prof. Dr. Marcelo Xavier Guterres. Coorientador: Prof. Dr. Ernesto Cordeiro Marujo.

1. Otimização. 2. Frotas aéreas. 3. Modelos matemático. 4. Programação linear. 5. Programas de computadores. 6. Pesquisa operacional. I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

VILALBA, Ricardo Pereira. **Otimização de roteirização de frotas por meio de modelagem computacional**. 2023. 98f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Ricardo Pereira Vilalba

TÍTULO DO TRABALHO: Otimização de roteirização de frotas por meio de modelagem computacional.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) / 2023

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste trabalho de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.



Ricardo Pereira Vilalba
Rua H8C, 307
12.228-462 – São José dos Campos–SP

OTIMIZAÇÃO DE ROTEIRIZAÇÃO DE FROTAS POR MEIO DE MODELAGEM COMPUTACIONAL

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



Ricardo Pereira Vilalba

Autor



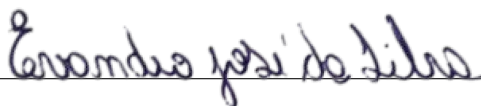
Marcelo Xavier Guterres (ITA)

Orientador



Ernesto Cordeiro Marujo (ITA)

Coorientador



Prof. Dr. Evandro José da Silva

Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 14 de novembro de 2023.

Aos meus familiares e amigos, sem os
quais não seria possível a realização
desse trabalho.

Agradecimentos

Inicialmente, agradeço à minha família e amigos por todo o apoio nessa longa caminhada da graduação. Em especial, ao meu pai Ricardo, à minha mãe Glória e aos meus irmãos Guilherme e Letícia, por todas as conversas e conselhos nos momentos mais difíceis.

Aos professores Marcelo Guterres e Ernesto Marujo pela orientação para a realização desse trabalho. Sem as trocas de ideias e sugestões, o êxito alcançado não teria sido possível.

Aos meus colegas de turma, em especial à Civil 23, pela união durante o curso e pelo compartilhamento dos momentos de felicidade e dificuldade.

E, por fim, agradeço a todas as pessoas que, de alguma maneira, contribuíram para a minha jornada.

*"Nunca diga nunca, pois os limites são como os medos:
sempre são apenas ilusão."*

— MICHAEL JORDAN

Resumo

O Planejamento Operacional de uma companhia aérea é uma peça fundamental na manutenção da empresa em um mercado caracterizado como competitivo. Nesse contexto, decisões, como em quais voos cada aeronave da frota irá atuar, podem ter um impacto decisivo no produto oferecido pela companhia. Dessa forma, a pesquisa operacional, mais precisamente a programação linear inteira mista, se torna uma importante ferramenta no apoio do processo decisório da roteirização de frotas de aeronaves. Assim, este trabalho analisou um modelo matemático proposto na década de 1980 e, por meio de modelos encontrados na literatura, adaptou-o às demandas contemporâneas de inspeções de manutenção. Além disso, através de dados voos da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), realizou-se a roteirização de duas frotas de aeronaves de uma das três maiores companhias aéreas do Brasil. Os resultados obtidos refletem um cenário realista e, através de análises de sensibilidade, identificou-se o impacto de variáveis como o tempo de apronto de aeronaves no sequenciamento de voos.

Abstract

The Operational Planning of an airline is a fundamental element in maintaining the company in a market characterized as competitive. In this context, decisions, such as which flights each aircraft in the fleet will operate on, can have a decisive impact on the product offered by the company. In this way, operational research, more precisely mixed integer linear programming, becomes an important tool in supporting the decision-making process of aircraft fleet routing. Thus, this work analyzed a mathematical model proposed in the 1980s and, using models found in the literature, adapted it to the contemporary demands of maintenance inspections. Furthermore, using flight data from the National Civil Aviation Agency (ANAC), the routing of two fleets of aircraft from one of the three largest airlines in Brazil was carried out. The results obtained reflect a realistic scenario and, through sensitivity analyses, the impact of variables such as aircraft readiness time on flight sequencing is confirmed.

Lista de Figuras

FIGURA 2.1 – Estruturação Programação Linear.	19
FIGURA 2.2 – Árvore da solução exemplo branch-and-bound.	21
FIGURA 2.3 – Proporção Mercado de Passageiros - Doméstico. Fonte: ANAC . . .	22
FIGURA 2.4 – Sequência Planejamento Operacional.	23
FIGURA 2.5 – Exemplo Rotação de uma aeronave	24
FIGURA 4.1 – Fluxograma dos passos da metodologia.	30
FIGURA 4.2 – Exemplo de criação de alternativas	32
FIGURA 4.3 – Encadeamentos posteriores alternativa 2.	33
FIGURA 4.4 – Estrutura da Matriz de Coeficientes.	39
FIGURA 5.1 – Mapa de Rotações B737 - Segunda-feira - 1 ^a Depuração.	42
FIGURA 5.2 – Mapa de Rotações B737 - Terça-feira - 1 ^a Depuração.	42
FIGURA 5.3 – Mapa de Rotações B737 - Quarta-feira - 1 ^a Depuração.	43
FIGURA 5.4 – Mapa de Rotações B737 - Quinta-feira - 1 ^a Depuração.	43
FIGURA 5.5 – Mapa de Rotações B737 - Sexta-feira - 1 ^a Depuração.	44
FIGURA 5.6 – Mapa de Rotações B737 - Sábado - 1 ^a Depuração.	44
FIGURA 5.7 – Mapa de Rotações B737 - Domingo - 1 ^a Depuração.	45
FIGURA 5.8 – Mapa de Rotações B737 - Segunda-feira - 2 ^a Depuração.	46
FIGURA 5.9 – Mapa de Rotações B737 - Terça-feira - 2 ^a Depuração.	46
FIGURA 5.10 – Mapa de Rotações B737 - Quarta-feira - 2 ^a Depuração.	47
FIGURA 5.11 – Mapa de Rotações B737 - Quinta-feira - 2 ^a Depuração.	47
FIGURA 5.12 – Mapa de Rotações B737 - Sexta-feira - 2 ^a Depuração.	48
FIGURA 5.13 – Mapa de Rotações B737 - Sábado - 2 ^a Depuração.	48

FIGURA 5.14 –Mapa de Rotações B737 - Domingo - 2 ^a Depuração.	49
FIGURA 5.15 –Mapa de Rotações A21N - Segunda-feira.	50
FIGURA 5.16 –Mapa de Rotações A21N - Terça-feira.	50
FIGURA 5.17 –Mapa de Rotações A21N - Quarta-feira.	51
FIGURA 5.18 –Mapa de Rotações A21N - Quinta-feira.	51
FIGURA 5.19 –Mapa de Rotações A21N - Sexta-feira.	52
FIGURA 5.20 –Mapa de Rotações A21N - Sábado.	52
FIGURA 5.21 –Mapa de Rotações A21N - Domingo.	53
FIGURA 5.22 –Mapa de Rotações E295 - Segunda-feira.	54
FIGURA 5.23 –Mapa de Rotações E295 - Terça-feira.	55
FIGURA 5.24 –Mapa de Rotações E295 - Quarta-feira.	55
FIGURA 5.25 –Mapa de Rotações E295 - Quinta-feira.	56
FIGURA 5.26 –Mapa de Rotações E295 - Sexta-feira.	56
FIGURA 5.27 –Mapa de Rotações E295 - Sábado.	57
FIGURA 5.28 –Mapa de Rotações E295 - Domingo.	57
FIGURA 5.29 –Análise de sensibilidade B737.	59
FIGURA 5.30 –Análise de sensibilidade A21N.	61

Lista de Tabelas

TABELA 2.1 – Exemplo de Programa Horário de Voos	23
TABELA 4.1 – Programa Horário de Voos	31
TABELA 4.2 – Dados de Entrada	34
TABELA 4.3 – Dados Caso Reduzido	38
TABELA 5.1 – Parâmetros PHV B737 - 1 ^a Depuração	41
TABELA 5.2 – Parâmetros PHV B737 - 2 ^a Depuração	45
TABELA 5.3 – Parâmetros PHV A21N	53
TABELA 5.4 – Parâmetros PHV E295	54
TABELA 5.5 – PHV B737 - $\Delta I_{ALT} = 0$ min	58
TABELA 5.6 – PHV B737 - $\Delta I_{ALT} = 10$ min	58
TABELA 5.7 – PHV B737 - $\Delta I_{ALT} = 20$ min	58
TABELA 5.8 – PHV B737 - $\Delta I_{ALT} = 30$ min	59
TABELA 5.9 – PHV A21N - $\Delta I_{ALT} = 0$ min	60
TABELA 5.10 – PHV A21N - $\Delta I_{ALT} = 10$ min	60
TABELA 5.11 – PHV A21N - $\Delta I_{ALT} = 20$ min	60
TABELA 5.12 – PHV A21N - $\Delta I_{ALT} = 30$ min	60
TABELA 5.13 – PHV E295 - $\Delta I_{ALT} = 0$ min	61
TABELA 5.14 – PHV E295 - $\Delta I_{ALT} = 10$ min	62
TABELA A.1 – PHV A21N Segunda-feira	68
TABELA A.2 – PHV A21N Terça-feira	69
TABELA A.3 – PHV A21N Quarta-feira	70

TABELA A.4 –PHV A21N Quinta-feira	71
TABELA A.5 –PHV A21N Sexta-feira	72
TABELA A.6 –PHV A21N Sábado	73
TABELA A.7 –PHV A21N Domingo	74
TABELA A.8 –PHV E295 Segunda-feira	77
TABELA A.9 –PHV E295 Terça-feira	81
TABELA A.10 –PHV E295 Quarta-feira	84
TABELA A.11 –PHV E295 Quinta-feira	88
TABELA A.12 –PHV E295 Sexta-feira	91
TABELA A.13 –PHV E295 Sábado	94
TABELA A.14 –PHV E295 Domingo	97

Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Problema de Pesquisa	16
1.2	Objetivo Geral	17
1.3	Objetivos Específicos	17
1.4	Justificativa	17
1.5	Estrutura do Trabalho	17
2	REVISÃO TEÓRICA	19
2.1	Programação Linear Inteira Mista	19
2.2	Planejamento de Operações em Empresas Aéreas	22
3	REVISÃO DE LITERATURA	26
4	METODOLOGIA	30
4.1	Construção do Modelo	30
4.1.1	Modelo	34
4.2	Obtenção de Dados	37
4.3	Preparação dos Dados	38
4.4	Solver	39
4.5	Construção das Sequências de Roteirização	40
4.6	Análise de Sensibilidade	40
5	RESULTADOS	41
5.1	PHV B737 - 1 ^a Depuração	41
5.2	PHV B737 - 2 ^a Depuração	45

5.3	PHV A21N	49
5.4	PHV E295	53
5.5	Análise de Sensibilidade	58
5.5.1	PHV B737 - 1 ^a Depuração	58
5.5.2	PHV A21N	59
5.5.3	PHV E295	61
6	CONCLUSÃO	63
6.1	Limitações e Pesquisas Futuras	64
	REFERÊNCIAS	65
	ANEXO A – PROGRAMAS HORÁRIOS DE VOO	67
A.1	PHV Caso Reduzido	67
A.2	PHV A21N	67
A.3	PHV E295	74

1 Introdução

A Pesquisa Operacional (*PO*) pode ser definida como um conjunto de métodos e modelos matemáticos aplicados à resolução de problemas complexos nas operações de uma organização. Dessa forma, no âmbito da indústria aérea brasileira, mais especificamente das companhias aéreas, a *PO* vem se mostrando um fator cada vez mais importante, já que, segundo dados divulgados pela ANAC, as Despesas Operacionais das principais empresas aéreas nacionais representaram, no 2º trimestre de 2022, 11,92% dos custos totais (FERREIRA, 2022). Logo, para uma empresa aérea se manter competitiva no mercado, é necessário que os seus processos sejam os mais otimizados possíveis.

Um desses processos é o de Plano de Programação Operacional o qual consiste em determinar como as diversas operações serão realizadas tendo em vista custos, benefícios e a competitividade no mercado (CUI *et al.*, 2019). Este planejamento é dividido em alguns subproblemas principais os quais são interdependentes. Uma das possíveis decomposições se baseia em (GOPALAN; TALLURI, 1998):

- Programação de Voos: Define quais mercados servir, a frequência e os horários dos voos;
- Designação de Frota: Especifica qual tipo de aeronave realizará cada etapa do voo; e
- Roteirização de Frota: Determina qual será a rota de cada avião de maneira que todos os serviços sejam atendidos.

O Programa Horário de Voos (PHV), formado na etapa de Programação de Voo, é o principal produto da companhia aérea e consiste em uma série de voos, também chamados de serviços, os quais possuem como características: aeroportos de origem e destino, horários de saída e chegada, e dias da semana em que o serviço é oferecido. Após a formação do PHV, ocorre a resolução do problema de designação de frota o qual fundamenta-se na escolha da classe de veículo que realizará cada rota. Entretanto, esta decisão deve considerar questões como balanceamento de equipamentos, atendimentos de todas as linhas e número de aeronaves disponíveis na frota.

Dessa forma, a última etapa, roteirização de frota, torna-se fortemente dependente dos dois processos anteriores. Este passo final baseia-se na atribuição de uma sequência de voos a cada aeronave considerando a disponibilidade espacial e temporal da aeronave (MARUJO, 1982).

Além disso, é necessário atender questões de manutenção, em que inspeções devem ser realizadas periodicamente nas aeronaves. De acordo com (GOPALAN; TALLURI, 1998), a FAA, Administração Federal de Aviação dos Estados Unidos, exige quatro inspeções de manutenção (A, B, C e D), das quais apenas uma, a inspeção A, é considerada uma inspeção rotineira, a qual determina 65 horas de voo como quantidade máxima acumulada possível de uma aeronave operar antes da inspeção A. Ressalta-se que as exigências de manutenção podem variar a depender do órgão oficial de aviação civil.

Um modelo de otimização matemática elaborado em (MARUJO, 1982), o qual será detalhado no capítulo 3, soluciona o problema de roteirização para frotas heterogêneas, em que os equipamentos do problema não são idênticos, considerando as características do mercado aéreo brasileiro da época. Ademais, o modelo cogita a possibilidade de alterações nos horários, nas frequências e nos tipos de aeronaves de cada voo, ou seja, a formulação desenvolvida transpassa o campo da roteirização e abrange elementos tanto da Programação de Voos quanto da Designação de Frota. Entretanto, o modelo proposto possui PHV com período diário e, conseqüentemente, não aborda a questão da manutenção. Dessa forma, o autor sugere, como extensão do trabalho, a possibilidade de implementações de período semanal de voos e da manutenção de aeronaves, apesar do aumento agudo do esforço computacional.

De fato, a resolução de um problema de roteirização de frota em modelos de Programação Linear pode revelar-se muito custosa computacionalmente, pois estes modelos possuem variáveis binárias, fato que transforma o problema em Programação Linear Inteira (PLI) ou Mista (PLM) de solução mais difícil (ALVES; DELGADO, 1997). Dessa forma, ao expandir o período de análise, a dimensão do problema aumentaria exponencialmente e a resolução, para os computadores da época, poderia se tornar impraticável.

1.1 Problema de Pesquisa

A roteirização de frota desempenha um papel fundamental no planejamento operacional de uma companhia aérea e, em um contexto de mercado competitivo, a otimização das sequências de voos pode representar uma vantagem decisiva para a empresa. Dessa forma, devido à relevância do tema, questiona-se a viabilidade, em termos computacionais, do emprego da Programação Linear na resolução de casos de grandes companhias aéreas brasileiras e como os parâmetros adotados podem influenciar na solução.

1.2 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho é implementar o modelo do (MARUJO, 1982) adaptado para roteirização de frota homogênea considerando a necessidade de realização de manutenção periódica.

1.3 Objetivos Específicos

Com fundamentos na definição do problema e do objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos com o propósito de direcionar o estudo:

- Revisar e implementar o modelo proposto por (MARUJO, 1982) ;
- Estender o período do modelo para 7 dias;
- Revisar métodos de rotação de frota com manutenção de aeronaves; e
- Implementar no modelo restrições de manutenção e realizar análise de sensibilidade.

1.4 Justificativa

Como mencionado anteriormente, as despesas operacionais de uma companhia aérea podem ter um impacto significativo nas finanças das empresas e prejudicar sua competitividade no mercado. Dessa forma, este trabalho busca analisar o tema abordado em (MARUJO, 1982) na década de 1980 e adaptar o modelo às necessidades do cenário atual, incluindo a realização de inspeções de manutenção e a extensão do período analisado para semanal.

1.5 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho é estruturado em 6 capítulos, dispostos da seguinte forma:

No Capítulo 1, foi realizada a introdução da questão, definidos os objetivos da pesquisa e apresentada a justificativa do trabalho.

Foram realizadas, no Capítulo 2, revisões teóricas acerca do conceito de Programação Linear Inteira Mista, modelo que será utilizado nesse trabalho, e dos processos de planejamento de operações em companhias aéreas. Em seguida, é realizada uma revisão de literatura no Capítulo 3 em que são descritas possíveis abordagens do problema de roteirização de aeronaves na academia.

No Capítulo 4 é apresentada a metodologia do trabalho, a qual se inicia pela apresentação dos componentes do modelo utilizado, tais como variáveis, restrições e parâmetros. Em seguida, descrevem-se as etapas de obtenção e preparação dos dados, além das características do solver utilizado, a construção dos mapas de rotações e a realização de análises de sensibilidade.

Em seguida, são apresentados os resultados e análises de sensibilidade para o caso reduzido e a roteirização das frotas A21N e E295 da companhia Azul Linhas Aéreas.

Finalmente, no Capítulo 6, são apresentadas as conclusões acerca do modelo estudado e possíveis pesquisas futuras são comentadas.

2 Revisão Teórica

2.1 Programação Linear Inteira Mista

Um problema de Programação Linear Inteira (PLI) se trata de um ramo da Programação Linear (PL), em que algumas ou todas variáveis de decisão possuem natureza de integralidade. No caso de todas as variáveis serem inteiras, o problema é classificado como de Programação Linear Inteira Pura (PLIP), enquanto na situação de apenas algumas destas com características inteiras e outras contínuas, trata-se de um problema de Programação Linear Inteira Mista (PLIM). Além disso, caso as variáveis inteiras possam assumir apenas valor de 0 e 1, diz-se que o problema é de Programação Linear Inteira Binária (PLIB).

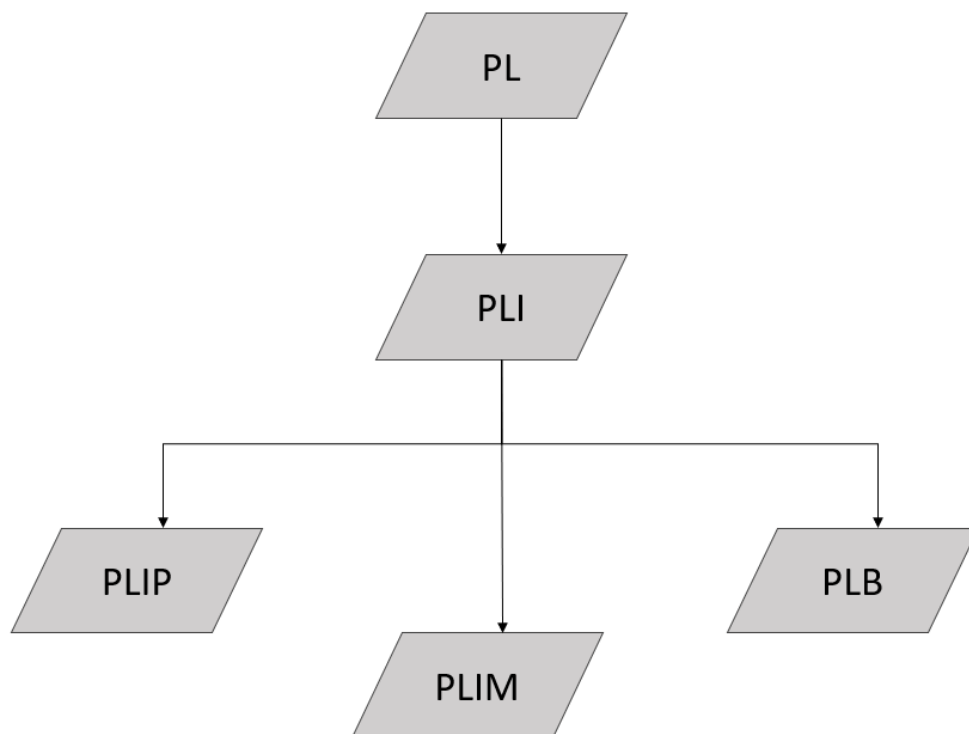


FIGURA 2.1 – Estruturação Programação Linear.

A utilização de variáveis binárias pode ser muito útil na modelagem, tanto como variáveis de decisão quanto variáveis auxiliares. No primeiro caso, é evidente a conveniência em adotar uma variável binária para representar a escolha de se realizar ou não determinada ação, ou associar certo indivíduo a uma tarefa. Dessa forma, são exemplos de problemas de aplicação de variáveis de decisão binárias, o Problema do Caixeiro Viajante e o Problema de Designação de Frota.

Acerca da utilidade como variáveis auxiliares, as variáveis binárias podem ser utilizadas para implementação de restrições mutuamente exclusivas, em que apenas uma das condições deve ser cumprida. Logo, associa-se à variável um valor arbitrariamente elevado para que uma das restrições se torne redundante. Esse artifício é observado no exemplo a seguir, no qual "y" é uma variável binária e "M" um valor positivo arbitrário grande.

$$x_1 + x_2 \leq 10 + yM \quad (2.1)$$

$$3x_1 + 5x_3 \leq 20 + (1 - y)M \quad (2.2)$$

É possível notar, portanto, que quando "y" assume valor unitário, a restrição (2.1) se torna irrelevante, pois o lado direito da inequação se torna excessivamente alto. O mesmo fenômeno ocorre com a equação (2.2) quando é atribuído valor nulo à variável "y".

Apesar das vantagens mencionadas, um problema de Programação Linear Inteira (PLI) é, geralmente, de mais difícil resolução comparado a um Problema de Programação Linear (PL) contínuo. Esse fato ocorre porque, em um espaço discreto de variáveis, não é possível aplicar o Método Simplex, o qual foi desenvolvido para atuar em um espaço contínuo. Assim, é necessário recorrer a outras abordagens para solucionar um problema de programação linear inteira.

Um dos possíveis métodos de resolução é o Cutting-Plane (Planos de Corte), elaborado por Ralph E. Gomory. Este método consiste em relaxar linearmente o problema inicial, ou seja, solucionar o problema como se fosse em espaço contínuo. Em seguida, caso a solução encontrada não seja inteira, o algoritmo adiciona uma restrição que corta soluções fracionárias, e gera, assim, um novo problema linear inteiro. O processo é repetido até que uma solução inteira seja obtida ou chegar a conclusão que nenhuma solução é válida.

Outro método bastante utilizado para resolver problemas de programação inteira é o de Branch-and-Bound. O processo consiste, assim como no Cutting-Planes, em solucionar o problema relaxado linearmente. Em seguida, caso a solução não seja inteira, bifurca-se o problema original por meio de inserção de restrições, criando, assim, dois problemas lineares com espaço de soluções viáveis reduzidos. Dessa forma, cria-se uma estrutura de árvore de problemas lineares em que as folhas se tratam de soluções inteiras ou um

problema inviável. Este método permite, ainda, eliminar nós por qualidade, pois se um determinado nó, que iria gerar um ramo da árvore, possuir um valor ótimo pior que a solução incumbente, que é a melhor solução encontrada até então, este é podado.

O Problema de Programação Linear Inteira a seguir ilustra a utilização do método de branch-and-bound.

$$\text{Max } Z = 1000x_1 + 2100x_2$$

$$x_1 + x_2 \leq 6$$

$$3x_1 + 7x_2 \leq 36$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

$$x_1, x_2 \in \mathbb{Z}$$

Como pode ser observado na Figura 2.2, foram realizados 9 problemas lineares para chegar à solução ótima. Dessa forma, o método Branch and Bound conserva a possibilidade de usufruir da eficiência do método simplex em problemas de programação linear.

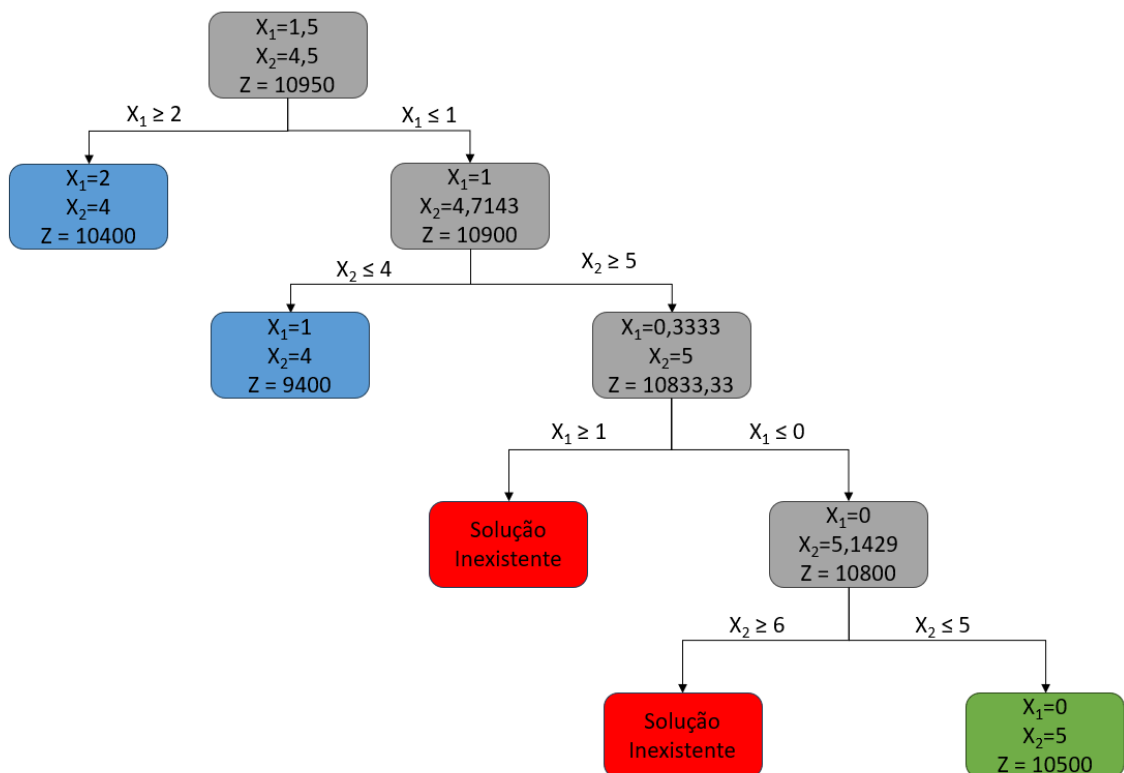


FIGURA 2.2 – Árvore da solução exemplo branch-and-bound.

O método de Branch and Bound pode ser combinado com outros algoritmos para melhorar a sua eficiência. Um exemplo dessas combinações se trata do método Branch-

and- Cut, o qual combina o algoritmo Planos de Corte para gerar melhores subproblemas. Outra associação conhecida é o Branch-and-Price, o qual integra as técnicas de Branch and Bound e a geração de colunas e é bastante utilizado em casos de número elevado de variáveis inteiras.

Os métodos citados são classificados como métodos exatos. De fato, esses métodos garantem uma solução ótima, entretanto, o tempo de processamento pode ser excessivamente extenso quando se tratar de um problema de grande porte. Dessa forma, nesses casos, pode ser útil utilizar métodos heurísticos para obter soluções factíveis, porém não necessariamente ótimas, em tempo de processamento reduzido.

2.2 Planejamento de Operações em Empresas Aéreas

O mercado aéreo brasileiro, mais precisamente o de transporte doméstico de passageiros, é caracterizado por uma ampla dominância de três companhias aéreas. Segundo o Anuário do Transporte Aéreo 2022, elaborado pela Agência Nacional de Aviação Civil, a Latam Airlines liderou o mercado aéreo doméstico com o transporte de 28,7 milhões de passageiros, seguida pela Azul Linhas Aéreas Brasileiras, 26,5 milhões, e Gol Linhas Aéreas Inteligentes, 26,3 milhões. Além disso, 0,7 milhões de passageiros foram transportados por outras companhias. Dessa forma, é evidente a predominância das três companhias mencionadas.

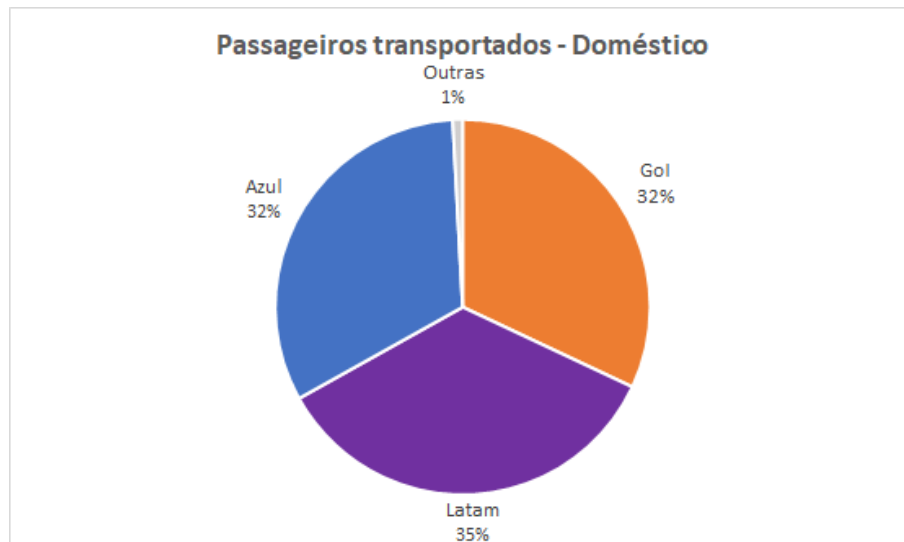


FIGURA 2.3 – Proporção Mercado de Passageiros - Doméstico. Fonte: ANAC

Dessa forma, para maximizar lucros e se manter competitiva no mercado, uma companhia aérea deve, além de realizar decisões estratégicas corretas, executar operações de maneira eficiente e vender os produtos pelo preço certo (REVELLE; MCGARITY, 1997).

Existem diversas opções de decomposições do Planejamento Operacional de uma com-

panhia aérea. Isso ocorre pelo fato do voo, produto a ser oferecido, estar vinculado à variados fatores como demanda de passageiros, capacidade de aeroportos e aeronaves, disponibilidade de tripulação, entre outros (JAMILI, 2017). Uma das possíveis decomposições é abordada em (REVELLE; MCGARITY, 1997), em que separa-se o processo de estabelecimento do serviço em quatro etapas: Desenvolvimento de Cronograma, Designação de Frota, Roteirização de Frota e Programação de Tripulação. Estes problemas são resolvidos de maneira sequencial, em que os resultados de uma etapa influenciam diretamente na seguinte.

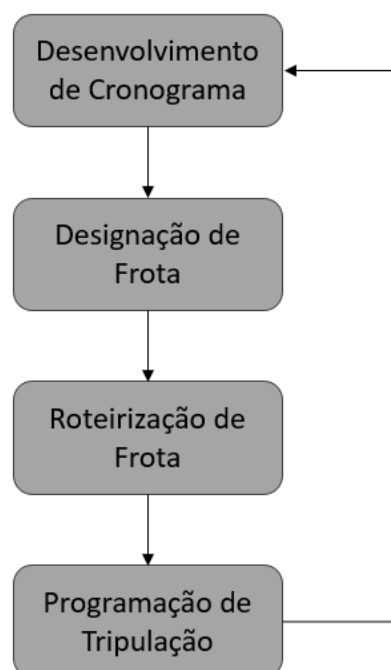


FIGURA 2.4 – Sequência Planejamento Operacional.

A primeira etapa do processo, Desenvolvimento de Cronograma, envolve a definição de quais mercados servir, quais frequências e horários dos voos. Além disso, são considerados fatores como demanda, serviços oferecidos pelos competidores, tripulação requerida para realização do voo (GOPALAN; TALLURI, 1998). Assim, ao final dessa fase, fixa-se um quadro de serviços com as características indicadas na seguinte tabela.

TABELA 2.1 – Exemplo de Programa Horário de Voos

Nº do Voo	Origem	Destino	Saída	Chegada
150	SBEG	SBRF	04:50	08:50
075	SBKP	SBRJ	13:30	14:15
493	SBRF	SBKP	09:45	11:40
237	SBRJ	SBPA	17:20	19:45

Determinada a programação, parte-se para a designação de frota. Nesta etapa, determina-se qual tipo de aeronave realizará cada voo. Essa escolha deve levar em conta fatores como taxas de pouso, combustível consumido e balanceamento de equipamentos. Dessa forma, caso opte-se por uma abordagem que envolva Programação Linear, esta seria da forma Inteira ou Mista, já que envolveria variáveis de escolha de um tipo de aeronave a um determinado serviço.

Acerca da Roteirização de Frota, objeto de estudo deste trabalho, esta se baseia na definição de uma aeronave específica para realizar determinado voo. Assim, associa-se um número de cauda à uma sequência de voos de forma que as inspeções de manutenção periódicas da aeronave sejam possíveis de serem realizadas entre os voos. Dessa forma, para que uma sequência de voos seja válida, é preciso que esta cumpra condições de espaço e tempo. De fato, para que dois voos sejam sequenciais, é necessário que o aeroporto de destino do primeiro seja o mesmo que o aeroporto de origem do segundo. Além disso, é essencial que o horário de saída do voo posterior seja superior ao tempo de chegada do anterior somado ao tempo de apronto da aeronave. O tempo de apronto refere-se ao período mínimo que uma aeronave necessita para estar pronta para realizar um voo específico após a conclusão do voo anterior.

Dessa maneira, é possível modelar o problema de roteirização de frota como um problema de Programação Linear Inteira Mista (PLIM). Nesse modelo, a rota de uma aeronave é definida por variáveis binárias, as quais representam uma situação dicotômica: sequenciar, ou não, dois voos.

A Figura 2.5 exibe um roteiro de uma aeronave para o cronograma exibido na Tabela 2.1. Ressalta-se que, para que essa roteirização seja possível de ser realizada, é necessário que o tempo de apronto da aeronave seja inferior a 45 minutos.



FIGURA 2.5 – Exemplo Rotação de uma aeronave

Em relação às inspeções de manutenção, as aeronaves são submetidas a diversos tipos de testes, medições, substituições e reparos periódicos (CUI *et al.*, 2019), com durações e frequências diferentes a depender do órgão oficial de aviação civil.

No caso deste trabalho, é considerada a inspeção de manutenção definida como *A-check*, a qual é executada quando a aeronave atinge determinado número de horas de voos acumuladas desde a realização da última inspeção. Este limite varia de acordo com

o modelo da aeronave, entretanto, segundo (TEMUCIN *et al.*, 2021), está compreendido no intervalo de 65 a 125 horas de voo.

Outro fator crucial é a duração de cada inspeção, pois o tempo despendido na execução dessa ação pode ser determinante para decidir se um voo pode ser encadeado a outro. Em (CUI *et al.*, 2019), afirma-se que o tempo de duração da inspeção varia entre 6 a 8 horas.

A inspeção mencionada só pode ser realizada em aeroportos devidamente equipados para executar esses testes. Portanto, na etapa de manutenção do problema, surge a necessidade de determinar quais aeroportos servirão como bases de manutenção e quando realizar as inspeções, a fim de otimizar o cenário.

A última etapa é caracterizada como Programação de Tripulação. Essa fase fundamenta-se na escolha da tripulação (pilotos e comissários) que trabalhará em cada voo. Segundo (REVELLE; MCGARITY, 1997), a Programação de Tripulação pode ser dividida em dois estágios: Composição de Tripulação e Atribuição de Tripulação. O primeiro envolve a construção de escalas de trabalho que são compostas por períodos de trabalho e descanso. Acerca do segundo passo, este consiste em atribuir indivíduos específicos às escalas de trabalho. Dessa forma, busca-se minimizar os custos com a tripulação e realizar os serviços previstos de maneira eficiente.

3 Revisão de Literatura

Na literatura, há diversas abordagens possíveis do Problema de Roteirização de Frota, sejam por diferentes premissas, como composição de frotas e linhas aéreas, ou processos empregados. A seguir, são descritos alguns dos métodos existentes.

De acordo com (MARUJO, 1982), é possível separar o problema de roteirização de frotas aéreas em dois grupos, os de frota homogênea, em que todas as aeronaves são do mesmo tipo, e os de frota heterogênea, nos quais há mais de um tipo de aeronaves.

No caso de frota homogênea, é definido como objetivo do problema minimizar o tamanho da frota necessária para realizar a Programação de Voos estabelecida. Dessa maneira, o trabalho utiliza a Teoria de Grafos para formular o problema e, por meio do emprego do Teorema de Dilworth, conclui que a Função Objetivo se baseia em encontrar o número máximo de encadeamentos de voo, ou seja, um problema de acoplamento máximo.

Em relação à frotas heterogêneas, o autor defende que é necessário redefinir o problema, pois o fato da frota ser diversificada não implica, necessariamente, que o melhor cenário seria de apenas minimizar o número de aeronaves utilizadas. Dessa forma, criou-se um modelo mais complexo, que atua não apenas no campo da roteirização, mas também na Programação de Voos e na Designação de Frota, já que leva em consideração a possibilidade de alterar o horário e a frequência dos serviços e o tipo da aeronave que realizará determinado voo. Portanto, associa-se um lucro operacional à cada alternativa de voo e busca-se maximizar a soma dos lucros operacionais.

Entretanto, os modelos apresentados não possuem restrições quanto à necessidade de realização de inspeções de manutenção nas aeronaves.

Três modelos de Programação Linear Inteira Mista de roteirização de frota de aeronaves considerando a execução de inspeções de manutenção são apresentados em (CUI *et al.*, 2019).

O primeiro modelo possui similaridades com o de (MARUJO, 1982) no caso de frotas homogêneas, entretanto, para atender as exigências de manutenção da Administração de Aviação Civil da China, definiu-se como função objetivo não apenas a minimização do número de aeronaves utilizadas, mas também o somatório do tempo remanescente de voo

de cada aeronave após a realização de uma inspeção de manutenção.

Sobre o segundo modelo estudado, trata-se de uma extensão do anterior em que restrições sobre a possibilidade de atrasos nos voos são consideradas. Dessa forma, correlacionam-se probabilidades de atrasos com o tamanho do tempo de conexão entre dois voos consecutivos. Logo, a função objetivo se torna minimizar o número de aeronaves utilizado e o custo total associado aos atrasos.

Por último, o terceiro modelo leva em conta o caso da frota de aeronaves ser heterogênea, pois, segundo o estudo, se trata da realidade da maior parte das companhias aéreas. Assim, a Designação de Frota é parte do modelo e a função objetivo se torna minimizar não apenas o número de aeronaves, mas também a soma do custo de voo associado a cada alternativa de serviço.

Uma formulação matemática que integra os Problemas de Designação e Roteirização de Frota para uma situação radial com um único hub foi desenvolvida em (UNAL *et al.*, 2021). Dessa maneira, o modelo pretende minimizar o custo total da alocação de equipamentos considerando o impacto da demanda de passageiros, da capacidade de assentos e da disponibilidade de aeronaves no sequenciamento de voos. Além disso, por se tratar de um sistema radial, o estudo é capaz de reduzir a complexidade do problema seja pela redução do número de voos, já que todos estes conectados ao hub, ou pela exclusão da necessidade de manutenção, pois, neste caso, o hub é considerado uma base de manutenção e, conseqüentemente, toda aeronave visita o aeroporto a cada dois voos consecutivos.

Outro tipo de abordagem possível do problema de roteirização de frota é feita em (GOPALAN; TALLURI, 1998) no qual é elaborado um algoritmo de complexidade de tempo polinomial para encontrar a rotação de aeronaves considerando três dias como período. Para isso, o estudo utiliza a Teoria dos Grafos para construir um grafo de uma rotação pré definida, checar se é possível encontrar uma solução que atenda à restrição de toda aeronave pernoitar em uma base de manutenção a cada, no mínimo, três dias e, em caso negativo, alterar encadeamentos de voos para encontrar uma solução, se esta existir. Portanto, trata-se de um método que não influencia na designação de frota.

Um modelo matemático robusto de programação inteira mista, o qual integra tanto o campo de roteirização quanto o de designação de frota, é apresentado em (JAMILI, 2017). A abordagem proposta é capaz de considerar incertezas que influenciam nos tempos de viagens, geralmente nas aterrisagens ou decolagens. Esse controle é feito pela adição de *buffers* de tempo os quais são adicionados às restrições que tratam do horário de saída de uma aeronave de um determinado aeroporto.

Em seguida, para resolver problemas em larga escala em um intervalo de tempo razoável, o estudo utiliza um algoritmo heurístico baseado na meta-heurística Recozimento Simulado (Simulated Annealing). Dessa forma, o autor cria exemplos aleatórios e valida

o algoritmo de acordo com as soluções ótimas. Ao final, o estudo propõe outro algoritmo, baseado na hibridização dos métodos de Recozimento Simulado e Otimização por Enxame de Partículas, o qual apresentou resultados superiores aos do algoritmo meta-heurístico inicialmente apresentado.

Um problema de roteirização de aeronaves, considerando inspeções de manutenção, para uma frota homogênea foi resolvido em (SALTZMAN; STERN, 2022). Nesse caso, definiu-se que cada aeronave precisava realizar, no mínimo, uma inspeção de manutenção a cada 3 dias e estas seriam realizadas no período noturno (das 00:00 às 08:00). O estudo ainda utiliza grafos de alcance e de conexão para reduzir o número de variáveis binárias inteiras e o tempo de execução, respectivamente. Ademais, os autores desenvolveram um algoritmo heurístico o qual produziu soluções de alta qualidade para o problema de roteirização de frotas apresentado.

Outro estudo que investiga o tema é (AL-THANI *et al.*, 2016). O artigo estuda a complexidade do problema de roteirização de frotas homogênea de aeronave e o classifica como NP-difícil. Para provar essa classificação, o autor utiliza o Problema da Soma dos Subconjuntos na versão de otimização, conhecidamente NP-difícil, e o reduz ao Problema de roteirização de frotas considerando a necessidade de realização de manutenção.

Ademais, os autores propõem um modelo base de programação inteira mista que considera a necessidade de realização de inspeções de manutenção periódicas à medida que a aeronave atinge um determinado número de horas de voo acumuladas. O número de aeronaves na frota é fixo, e, portanto, a função objetivo é estabelecida como a minimização da soma do número de horas de voos remanescente de cada aeronave da frota ao realizar as inspeções de manutenção.

Em seguida, o trabalho apresenta extensões do modelo base em que são considerados outros critérios para a realização de inspeções de manutenção, como número de decolagens e número de dias entre duas inspeções consecutivas. Além disso, são inseridos parâmetros que representam tempo de reserva e penalizações que permitem o modelo lidar com possíveis perturbações, adicionando, portanto, robustez ao modelo.

Acerca da resolução de problemas, o estudo propõe um procedimento de redução de grafos e desigualdades válidas. Em relação a problemas de grande porte, o autor propõe a utilização de uma matheurística baseada no algoritmo de Pesquisa em Vizinhança Variável (*Variable Neighborhood Search*, *VNS*).

Por fim, em (TEMUCIN *et al.*, 2021) foi elaborada, inicialmente, uma pesquisa da literatura publicada entre os anos 2009 e 2019 sobre o tema "operações aéreas" e concluiu que o problema de roteirização de manutenção de aeronaves foi o mais abordado nos estudos. Na revisão realizada pelos autores, 29% dos 117 artigos analisados discutiram sobre o tema.

Além disso, foi desenvolvida uma revisão sobre os artigos de roteirização de frota e catalogou-se as diferentes abordagens sobre horizonte de tempo analisado, métodos de solução e critérios de manutenção. Dessa forma, o artigo classificou a área de roteirização de manutenção de aeronaves como promissora.

4 Metodologia

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada na execução do trabalho. Nele, são descritas as etapas de construção do modelo, obtenção e preparação dos dados, a escolha do solver utilizado, construção das sequências de roteirização e a análise de sensibilidade dos resultados.

O fluxograma exibido na Figura 4.1 ilustra a sequência empregada no trabalho.

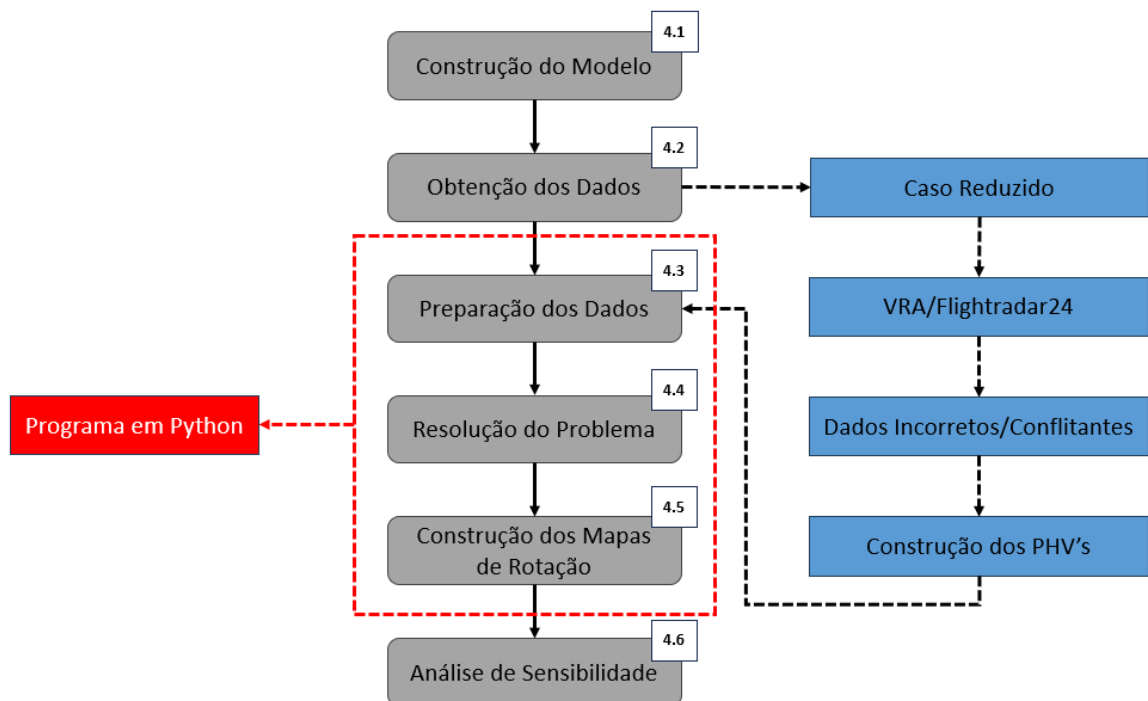


FIGURA 4.1 – Fluxograma dos passos da metodologia.

4.1 Construção do Modelo

Para a elaboração do modelo, adaptou-se, inicialmente, o modelo proposto em (MARUJO, 1982). Dessa forma, retirou-se as restrições de continuidade e disponibilidade de frota e alterou-se a função objetivo e restrição de encadeamentos anteriores. Em seguida,

variáveis, conjuntos e restrições do Modelo I apresentado em (CUI *et al.*, 2019) acerca da manutenção de aeronaves foram adicionadas ao modelo deste estudo. Assim, elaborou-se um modelo de roteirização de frotas homogêneas com manutenção, o qual é detalhado no item 4.1.1.

O modelo utiliza como dados de entrada um Programa Horário de Voos, em formato de tabela, em que cada linha representa um serviço original, o qual é caracterizado pelas seguintes informações:

- Aeroporto de saída;
- Aeroporto de chegada;
- Horário de saída;
- Horário de chegada;

Dessa forma, ressalta-se que, para um PHV ser válido, é necessário que os aeroportos de saída e chegada de um mesmo serviço sejam diferentes. Além disso, caso o horário de chegada seja menor que o de saída, é considerado o cenário que uma aeronave inicia o voo em um dia e finaliza-o no seguinte. A 4.1 ilustra um possível Programa Horário de Voos para um determinado dia.

TABELA 4.1 – Programa Horário de Voos

AeroportoSai	AeroportoChe	HorSai	HorChe
RIO	CWB	8:50	10:05
CWB	SAO	10:30	11:15
SAO	CWB	15:45	16:30
SAO	POA	17:20	18:45
POA	SAO	19:15	20:35
SAO	RIO	21:00	21:45
SAO	FLN	17:30	19:15
FLN	SAO	19:45	21:30
RIO	SAO	16:00	16:50
CWB	RIO	17:15	18:25

Em relação à criação de alternativas dos serviços originais, assume-se, assim como em (MARUJO, 1982), que pequenos deslocamentos de horários não afetam a demanda pelo serviço e, conseqüentemente, são possíveis de serem realizados. Dessa forma, determina-se um parâmetro ΔT_{ALT} e cria-se três alternativas: duas com horários deslocados, $-\Delta T_{ALT}$ e $+\Delta T_{ALT}$, e outra com o horário inalterado. Assim, o modelo transpõe o campo da roteirização e abrange uma característica da programação de voos. Entretanto, ressalta-se que uma, e somente uma, das alternativas de cada serviço original deve ser escolhida para ser executada.

A Figura 4.2 exibe a criação de duas alternativas de um serviço original estabelecido para um ΔT_{ALT} de 30 minutos.

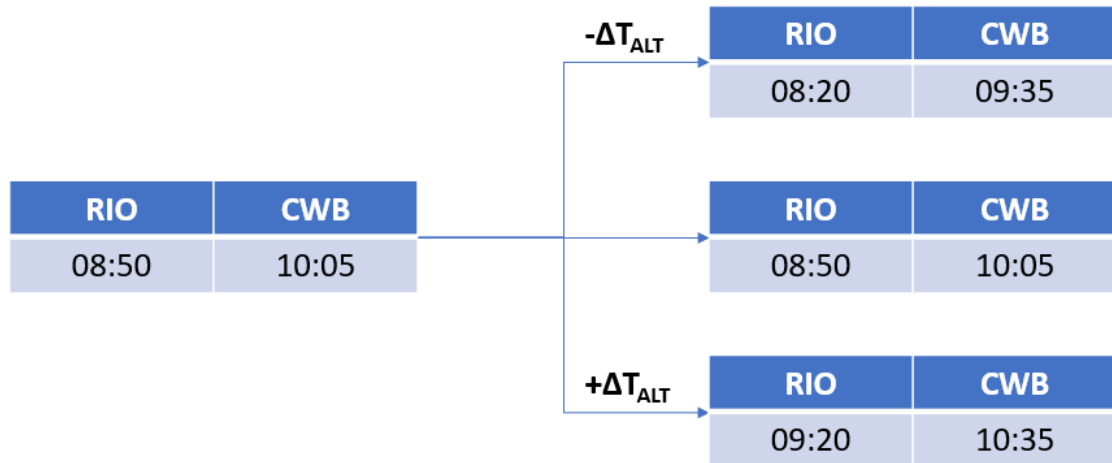


FIGURA 4.2 – Exemplo de criação de alternativas

Para determinar sequências de voos, é necessário estabelecer requisitos para que duas alternativas sejam encadeáveis. A primeira dessas exigências trata do aspecto espacial, ou seja, para que as alternativas i e j sejam encadeáveis, nesta ordem, é necessário que o aeroporto de chegada de i seja o mesmo de saída de j . O requisito seguinte se baseia no fato temporal, em que o horário de saída da alternativa j seja T_{APR} maior ou igual ao horário de chegada da alternativa i , em que T_{APR} é o tempo de apronto da aeronave. Além disso, para efeitos de economia de memória, considerou-se o fato de uma aeronave não permanecer em solo por mais de um dia, ou seja, uma alternativa i não pode ser encadeada à outra se esta possuir um horário de saída equivalente a mais de 25 horas após o último pouso.

Satisfeitas as condições mencionadas, cria-se a variável binária x_{ij} que representa o encadeamento dos dois voos e é detalhada no item 4.1.1. A Figura 4.3 exibe possíveis encadeamentos posteriores do segundo serviço da Tabela 4.1 para T_{APR} igual a 30 minutos e sem deslocamentos de horários.

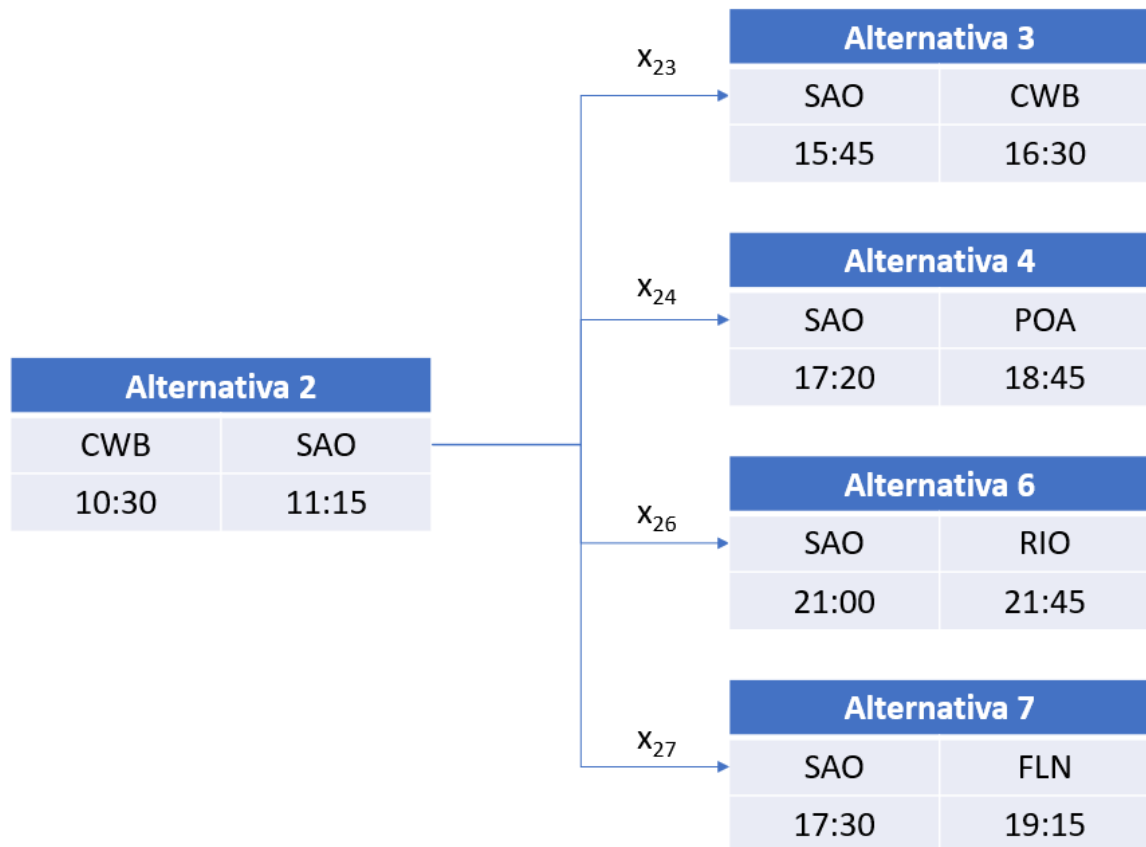


FIGURA 4.3 – Encadeamentos posteriores alternativa 2.

Em relação às inspeções de manutenção, essas tendem a ser realizadas à medida que a aeronave se aproxima de determinado número de horas de voos acumuladas desde a sua última inspeção. Dessa forma, um dado de entrada indispensável é a esta quantidade máxima de horas. Outra informação inicial necessária é a de quais aeroportos são bases de manutenção, ou seja, onde as aeronaves são capazes de realizar inspeções periódicas. Assim, de posse deste dado, determina-se quais alternativas possuem como aeroporto de saída uma base de manutenção e, conseqüentemente, possibilitam a aeronave realizar a inspeção antes de executar o voo.

Ainda no tocante às premissas de manutenção, determina-se um parâmetro T_{MANU} o qual representa a duração da inspeção, ou seja, a aeronave não poderá ser utilizada durante este intervalo de tempo. Logo, caso haja dois voos encadeados e o aeroporto de saída do segundo voo for uma base de manutenção, porém o intervalo de tempo entre a chegada de um e a saída do outro não for superior a T_{MANU} , conclui-se que a inspeção de manutenção não pode ser realizada.

A Tabela 4.2 sintetiza os dados de entrada necessários descritos anteriormente.

TABELA 4.2 – Dados de Entrada

Dado	Descrição
PHV	Programa Horário de Voos separados por dia da semana
Lista bases	Lista de Aeroportos onde são possíveis de serem realizadas inspeções de manutenção
ΔT_{ALT}	Intervalo de tempo em minutos para realização de deslocamentos dos horários das alternativas.
T_{APR}	Tempo, em minutos, necessário para preparar uma aeronave antes de um voo.
T_{MANU}	Duração, em horas, da inspeção de manutenção
F	Número máximo de horas de voo acumuladas que uma aeronave pode possuir desde a sua última inspeção de manutenção

4.1.1 Modelo

Nesse subcapítulo, são descritos os componentes do modelo tais como variáveis de decisão, conjuntos, parâmetros e restrições.

4.1.1.1 Variáveis de Decisão

s_i : 1 se alternativa i for escolhida, 0 caso contrário;

x_{ij} : 1 se a alternativa j for encadeada à alternativa i , 0 caso contrário;

f_j : 1 se a alternativa j for a primeira executada na sequência de uma aeronave, 0 caso contrário;

y_j : 1 se for realizada uma inspeção de manutenção imediatamente antes da aeronave operar a alternativa j , 0 caso contrário;

u_j : variável contínua que representa o tempo de voo acumulado da aeronave após a execução da alternativa j desde a sua última inspeção de manutenção;

p_j : variável contínua que representa o tempo de voo restante que a aeronave ainda possui se realizar a inspeção de manutenção antes de operar a alternativa j , logo, assume valores maiores ou iguais a 0.

4.1.1.2 Conjuntos

F_l : Conjunto das alternativas do serviço original l ;

P_i : Conjuntos das alternativas que podem ser encadeadas imediatamente após o voo i ;

A_j : Conjunto das alternativas que podem ser encadeadas imediatamente antes do voo j ;

M : Conjuntos das alternativas em que uma inspeção de manutenção pode ser realizada antes da execução destas, ou seja, o aeroporto de saída da alternativa é uma base de manutenção;

$EncM_{x_{ij}}$: Conjunto das variáveis x_{ij} em que é possível uma aeronave realizar uma inspeção de manutenção após finalizar a alternativa i e antes de operar a alternativa j ;

$EncNM_{x_{ij}}$: Conjunto das variáveis x_{ij} em que não é possível uma aeronave realizar uma inspeção de manutenção após finalizar a alternativa i e antes de operar a alternativa j .

4.1.1.3 Parâmetros

N : Número de voos originais do PHV.

N_{ALT} : Número de alternativas de serviço, ou seja, soma dos serviços originais e as possíveis variações de horário;

d_j : Duração da alternativa j ;

F : Número máximo de horas de voo que uma aeronave pode possuir antes de realizar uma inspeção de manutenção;

α : Peso da soma do número de aeronaves;

β : Peso da soma dos tempos de voo restantes.

$$\max. \quad \alpha \sum_{i=1}^{N_{ALT}} x_{ij} - \beta \sum p_j \quad (4.1)$$

s.a.:

$$\sum_{i \in F_l} s_i = 1 ; \forall l = 1, 2, \dots, N \quad (4.2)$$

$$\sum_{j \in P_i} x_{ij} - s_i \leq 0 ; \forall i = 1, 2, \dots, N_{ALT} \quad (4.3)$$

$$\sum_{i \in A_j} x_{ij} + f_j - s_j = 0 ; \forall j = 1, 2, \dots, N_{ALT} \quad (4.4)$$

$$y_j \leq \sum_{x_{ij} \in EncM_{x_{ij}}} x_{ij}; \forall j \in M \quad (4.5)$$

$$p_j \geq F x_{ij} - u_i - (F - d_i)(1 - y_j); \forall x_{ij} \in EncM_{x_{ij}} \quad (4.6)$$

$$u_j \leq u_i + d_j + (F - d_i - d_j)(1 - x_{ij}); \forall x_{ij} \quad (4.7)$$

$$u_j \leq d_j + (F - d_j)(1 - f_j); \forall f_j \quad (4.8)$$

$$u_j \leq F - (F - d_j)y_j; \forall j \in M \quad (4.9)$$

$$u_j \geq u_i + d_j - F(1 - x_{ij}); \forall x_{ij} \in EncNM_{x_{ij}} \quad (4.10)$$

$$u_j \geq d_j - F(1 - f_j); \forall f_j \quad (4.11)$$

$$u_j \geq u_i + d_j - F(1 - x_{ij}) - Fy_j; \forall x_{ij} \in EncM_{x_{ij}} \quad (4.12)$$

$$d_j \leq u_j \leq F; \forall j = 1, 2, \dots, N_{ALT} \quad (4.13)$$

No problema de frota homogênea, a função objetivo se baseia na minimização do número de aeronaves. Dessa forma, 4.1 trata da maximização do número de encadeamentos ponderado pelo parâmetro α . Entretanto, outro parâmetro de otimização é a minimização do tempo total de voo restante, já que, quanto mais próximo de 0, mais a aeronave foi utilizada próximo de seu potencial máximo, ponderado pelo parâmetro β .

Acerca da escolha dos valores dos pesos, como mencionado anteriormente, o primeiro somatório da função objetivo trata de variáveis binárias. Assim, espera-se que o somatório assuma valores da ordem dezenas ou centenas a depender da dimensão do PHV. Em relação à segunda parte da função objetivo, esta trata de variáveis contínuas da ordem de duração de voos em minutos, ou seja, da ordem de centenas. Logo, é ideal que opte-se por valores de α da ordem de 10^3 a 10^5 maiores que β para evitar a ocorrência de casos em que o modelo prefira adicionar uma nova aeronave a realizar uma inspeção de manutenção.

Existem três alternativas de horário possíveis para cada serviço original. Dessa forma, a restrição 4.2 garante que apenas uma alternativa de um serviço original será escolhida.

A inequação 4.3 se trata da restrição de encadeamentos posteriores, ou seja, é utilizada

para assegurar que uma alternativa, caso escolhida, seja seguida por, no máximo, um voo. Além disso, trata-se de uma desigualdade, pois esta alternativa pode se tornar o último serviço operado por uma aeronave.

A restrição de encadeamentos anteriores, 4.4, garante a escolha de, no máximo, um voo para preceder, imediatamente, cada alternativa. Como existe a soma da variável f_j , a restrição se trata de uma equação, já que, caso o voo j seja "fonte", ou seja, o primeiro de uma sequência, a variável f_j precisa assumir valor unitário.

As seguintes restrições, com exceção das 4.8 e 4.11, foram retiradas do Modelo I de (CUI *et al.*, 2019) e tratam do aspecto de manutenção. Acerca das duas restrições mencionadas anteriormente, estas foram elaboradas para adaptar o conceito de número de horas de voos acumuladas utilizada em (CUI *et al.*, 2019) às alternativas do tipo "fonte".

A restrição 4.5 permite que, caso a alternativa j seja escolhida, a inspeção de manutenção possa ser realizada. Dessa forma, uma inspeção de manutenção só poderá ser realizada antes da execução de determinada alternativa se um encadeamento de manutenção for escolhido para integrar a sequência de voos da aeronave.

Em relação à inequação 4.6, esta determina o valor do tempo de voo restante de uma aeronave que realizou a inspeção de manutenção antes de executar a alternativa j .

As restrições 4.7 a 4.12 delimitam os tempos acumulativos de voo e, juntamente com a restrição 4.13, calculam as variáveis u_j de todas as alternativas de serviço.

4.2 Obtenção de Dados

Inicialmente, utilizou-se o Programa Horário de Voos reduzido estudado em (MARUJO, 1982) com o objetivo de testar o programa desenvolvido e, conseqüentemente, encontrar as mesmas soluções, ou igualmente boas, do estudo. Dessa forma, o PHV, ilustrado na Tabela 4.3, possui 10 serviços operados por aeronaves Boeing 737, e os dados necessários como aeroportos e horários de saída e chegadas dos voos.

Como base de dados do estudo, foi confeccionado um Programa Horário de Voos semanal dos serviços realizados pela frota de aeronaves A21N da companhia Azul Linhas Aéreas Brasileiras no período de 21 a 27 de agosto de 2023. As fontes para obtenção dos dados acerca dos voos foram o Voo Regular Ativo - VRA, base da ANAC composta por informações de voos de empresas de transporte aéreo. Além disso, para obter as roteirizações realizadas pela companhia e a quantidade de aeronaves utilizadas, usufruiu-se site Flightradar24, plataforma sueca que contém detalhes sobre companhias e serviços aéreos realizados. Assim, obtém-se uma base para analisar se as soluções encontradas pelo programa superam, ou ao menos iguala, às adotadas pela companhia aérea.

TABELA 4.3 – Dados Caso Reduzido

AeroportoSai	AeroportoChe	HorSai	HorChe
RIO	CWB	8:50	10:05
CWB	SAO	10:30	11:15
SAO	CWB	15:45	16:30
SAO	POA	17:20	18:45
POA	SAO	19:15	20:35
SAO	RIO	21:00	21:45
SAO	FLN	17:30	19:15
FLN	SAO	19:45	21:30
RIO	SAO	16:00	16:50
CWB	RIO	17:15	18:25

Entretanto, ao comparar os dados do VRA e do Flightradar24, foram encontradas incompatibilidades entre alguns serviços em ambas plataformas. De fato, determinados voos que estão presentes no VRA como realizados por uma aeronave do tipo A21N são desempenhados por outros tipos de aeronaves no site Flightradar24. Dessa maneira, para elaborar o Programa Horário de Voos fiel à realidade, utilizou-se o Flightradar24 para corrigir possíveis inconsistências presentes no VRA.

4.3 Preparação dos Dados

A primeira parte do programa desenvolvido abrange a preparação dos dados. Essa etapa envolve a possibilidade de criação das alternativas dos serviços originais, a pesquisa dos possíveis encadeamentos de voos e das oportunidades de realização de manutenção, cálculo dos parâmetros duração do voo e tempo de voo acumulativo das aeronaves. Logo, ao final desse estágio, obtêm-se as descrições das variáveis de decisão do modelo.

Em seguida, baseado nas informações geradas, constroem-se a matriz de coeficientes, ilustrada na Figura 4.4, e o vetor de constantes de acordo com as restrições do modelo e, ademais, determinam-se os coeficientes da função objetivo. Dessa forma, esta etapa resulta na formatação dos dados de entrada para o *solver* a ser executado.

Número de Variáveis de Decisão						
	N_{si}	N_{xij}	N_{fj}	N_{yj}	N_{pj}	N_{uj}
Restrições tipo (4.2)	0;1	0				0
Restrições tipo (4.3)	0;-1	0;1	0			0
Restrições tipo (4.4)	0;-1	0;1	0;1	0		0
Restrições tipo (4.5)	0	0;-1	0	0;1	0	0
Restrições tipo (4.6)	⋮	0;F	0	0;F-d _i	0;-1	0;-1
Restrições tipo (4.7)	⋮	0;F-d _i -d _j	0	0	0	0;±1
Restrições tipo (4.8)	⋮	0	0;F-d _j	0	⋮	0;1
Restrições tipo (4.9)	⋮	0	0	0;F-d _j	⋮	0;1
Restrições tipo (4.10)	⋮	0;F	0	0	⋮	0;±1
Restrições tipo (4.11)	⋮	0	0;F	0	⋮	0;-1
Restrições tipo (4.12)	⋮	0;F	0	0;-F	⋮	0;±1
Restrições tipo (4.13)	0	0	0	0	0	0;±1

FIGURA 4.4 – Estrutura da Matriz de Coeficientes.

Nota-se pela Figura 4.4 que a matriz de coeficientes tem característica esparsa. De fato, cada restrição envolve poucos grupos de variáveis de decisão e, portanto, grande parte das entradas da matriz assumirá valor nulo. Logo, armazenar a matriz de coeficientes como esparsa é bastante útil para economizar espaço de memória e melhorar a eficiência computacional.

4.4 Solver

Para a resolução do modelo, usufrui-se da função *linprog* da biblioteca SciPy, comumente utilizada em problemas de programação linear. Entretanto, como se trata de um problema cujas variáveis são mistas, mostra-se necessário aplicar o *solver* HiGHS, de código aberto de alta performance desenvolvido para solucionar problemas esparsos de larga escala. Esse *solver* utilizar o método de Branch-and-Price para encontrar a solução ótima em Problemas de Programação Linear Inteira Mista (PLIM).

4.5 Construção das Sequências de Roteirização

A última etapa do programa desenvolvido compreende a formatação do resultado fornecido pelo *solver* escolhido. Dessa forma, estruturou-se uma série de testes lógicos para construir as sequências das alternativas que foram escolhidas e os caminhos que cada aeronave irá percorrer. Além disso, obtém-se, finalmente, o número de aeronaves mínimo necessário para solucionar o problema de roteirização construído. Por fim, o programa gera 7 gráficos que representam, cada um, as rotações das aeronaves em um dia da semana. Além disso, as realizações de inspeções de manutenção são destacadas no gráfico em forma de pontos vermelhos antes das respectivas operações.

4.6 Análise de Sensibilidade

Buscou-se realizar uma análise de sensibilidade com o objetivo de determinar o impacto de diversos parâmetros na solução final. De fato, critérios como tempo de pronto, número máximo de horas de voos acumuladas, número de bases de manutenção, entre outros, podem influenciar no número de aeronaves necessário para cumprir o PHV estabelecido.

5 Resultados

Neste capítulo, são apresentados os resultados acerca das aplicações realizadas com base na metodologia apresentada do capítulo 4. Dessa forma, esta parte do trabalho é dividida na seção que contém as aplicações utilizando como base o PHV reduzido estudado em (MARUJO, 1982) e na seção em que o PHV da frota de aeronaves A21N da Azul Linhas Aéreas Brasileiras no período de 21 a 27 de agosto de 2023 é objeto de estudo. A primeira tem por objetivo depurar o código escrito e encontrar soluções igualmente boas às apresentadas no estudo. Já em relação ao segundo item, este visa comparar as soluções do modelo à realidade de uma das três maiores companhias aéreas brasileiras.

5.1 PHV B737 - 1ª Depuração

Para a depuração do código elaborado, foi utilizado o Programa Horário de Voos reduzido apresentado no Anexo A. Este PHV trata de uma dia de operações, logo, replicou-se o mesmo PVH para outros 6 dias com o objetivo de obter um Programa Horário de Voos semanal.

Os parâmetros adotados são exibidos na Tabela 5.1. Em relação ao tempo de apronto (TAPR), assumiu-se o valor de 15 minutos como determinado em (MARUJO, 1982).

TABELA 5.1 – Parâmetros PHV B737 - 1ª Depuração

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
ΔT_{ALT}	0 min	T_{APR}	15 min
T_{INS}	6 h	F	100 h
α	100000	β	1

Alem disso, utilizou-se RIO e SAO como bases de manutenção, ou seja, as inspeções periódicas podem ser realizadas, apenas, nesses dois aeroportos.

Dessa forma, para o PHV apresentado na Tabela 4.3 e os parâmetros definidos anteriormente, chega-se ao resultado exibido nas Figuras 5.1 a 5.7 a seguir.

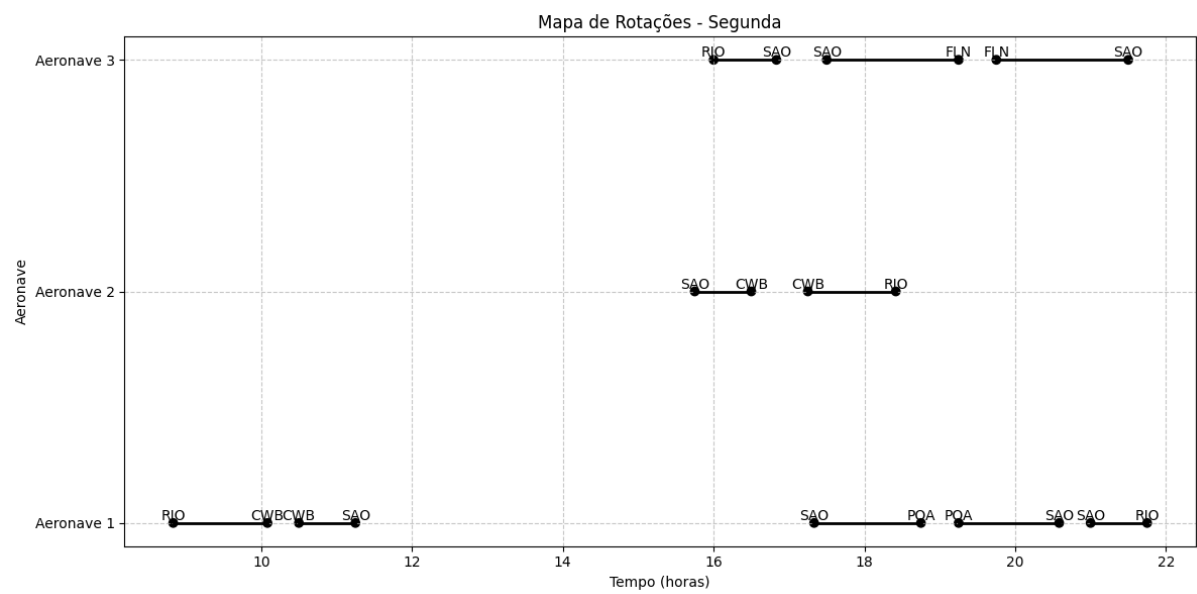


FIGURA 5.1 – Mapa de Rotações B737 - Segunda-feira - 1ª Depuração.

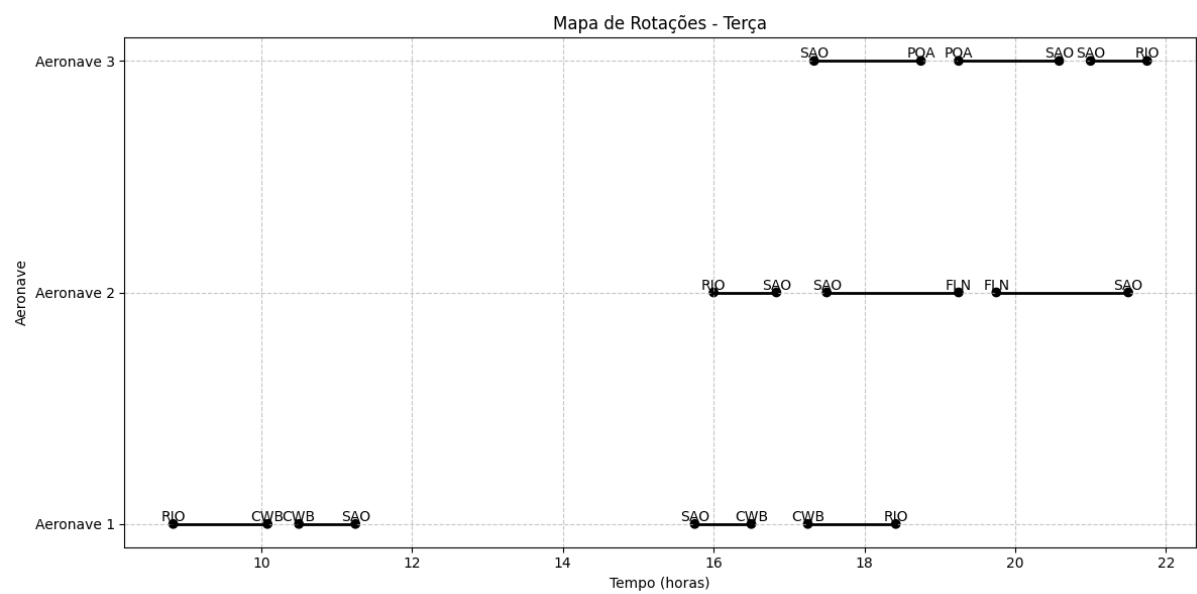


FIGURA 5.2 – Mapa de Rotações B737 - Terça-feira - 1ª Depuração.

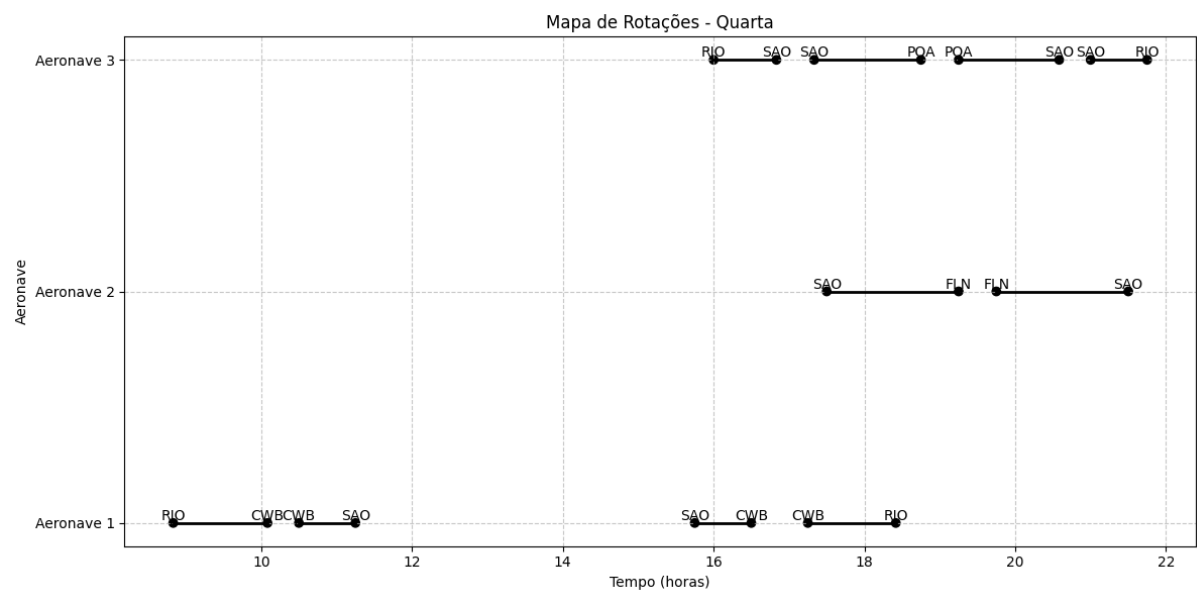


FIGURA 5.3 – Mapa de Rotações B737 - Quarta-feira - 1ª Depuração.

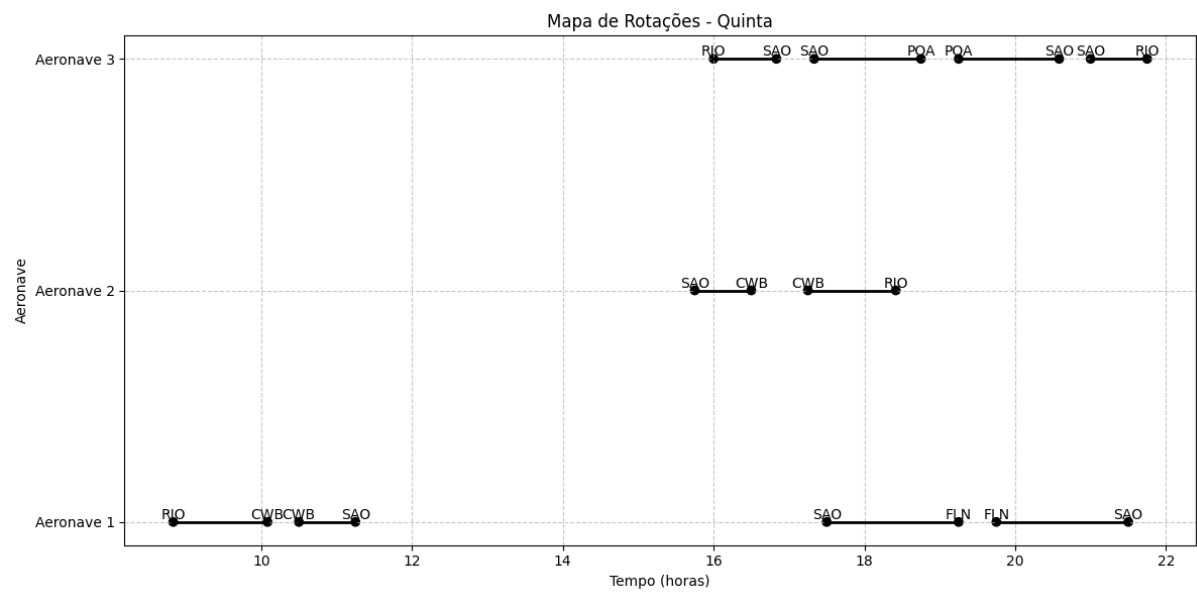


FIGURA 5.4 – Mapa de Rotações B737 - Quinta-feira - 1ª Depuração.

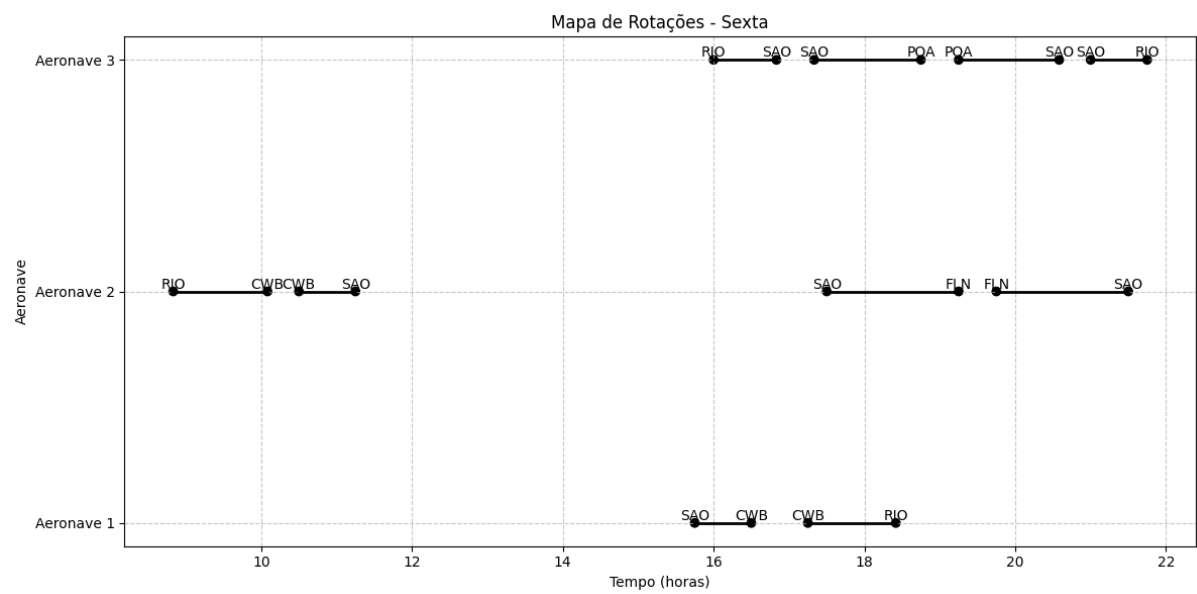


FIGURA 5.5 – Mapa de Rotações B737 - Sexta-feira - 1ª Depuração.

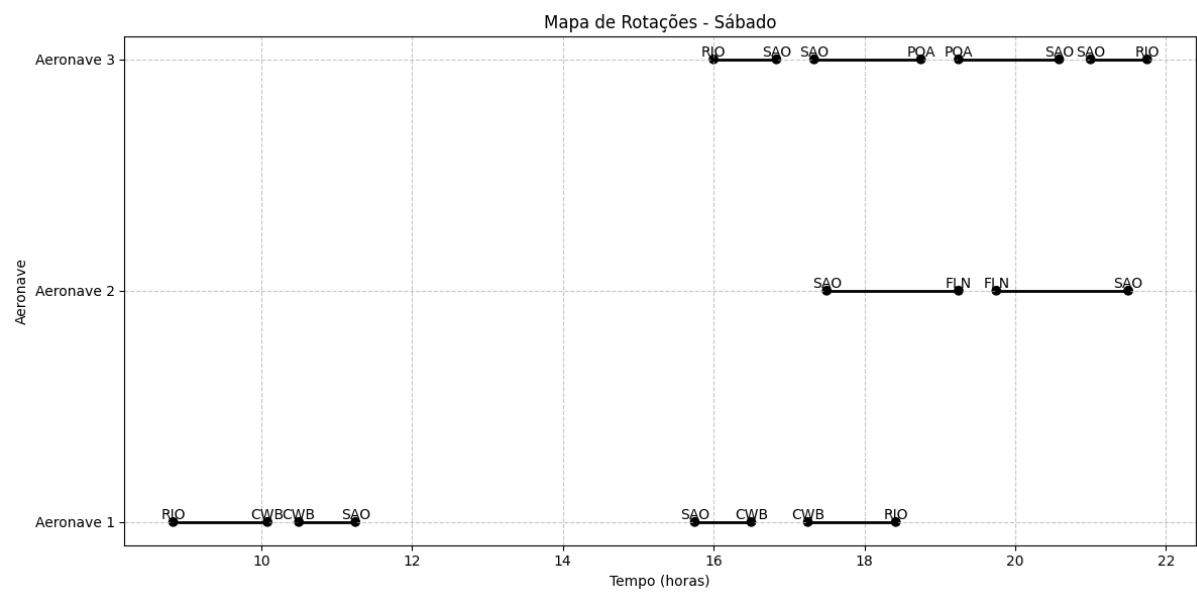


FIGURA 5.6 – Mapa de Rotações B737 - Sábado - 1ª Depuração.

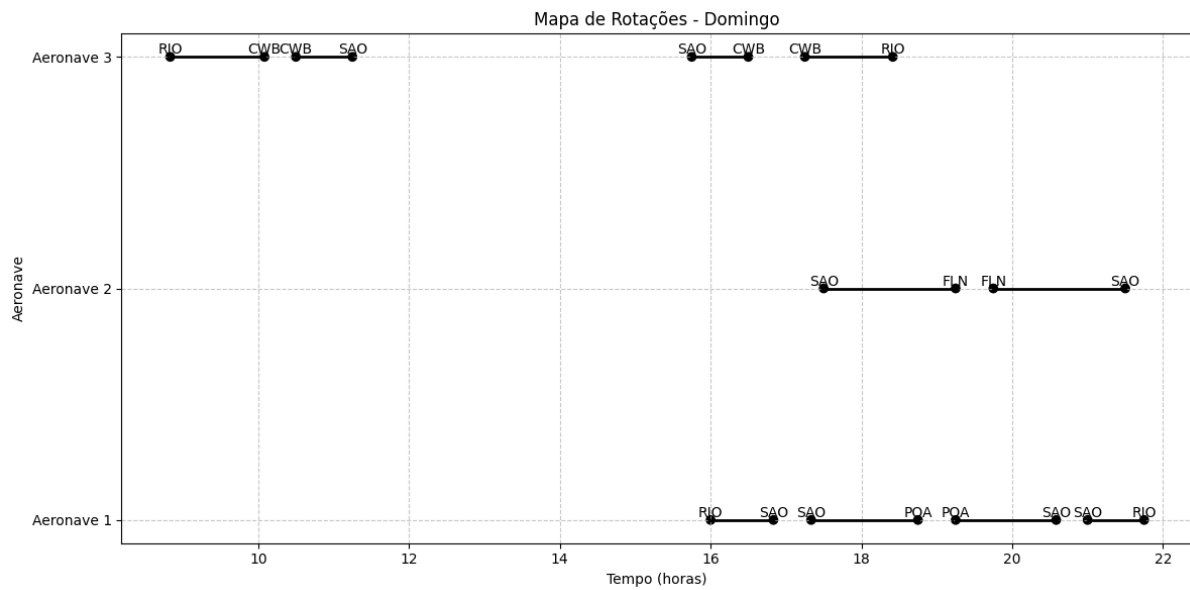


FIGURA 5.7 – Mapa de Rotações B737 - Domingo - 1ª Depuração.

Nota-se, portanto, que foram utilizadas 3 aeronaves para cumprir os serviços estabelecidos no PHV. Além disso, não foram realizadas inspeções de manutenção, já que nenhuma aeronave se aproximou de 100 horas acumuladas de voo.

Em (MARUJO, 1982), foram utilizadas, no total, 5 aeronaves já que, no caso, o modelo utilizado considera fixo o número aviões na frota. Entretanto, nota-se pelo PHV apresentado na Tabela 4.3, que são necessárias, no mínimo, 3 aeronaves para satisfazer o Plano Horário, pois há 3 serviços alocados na mesma faixa horária. Dessa forma, o modelo apresenta uma solução em que todos os serviços programados são realizados com o menor número de aviões possível.

5.2 PHV B737 - 2ª Depuração

Com intuito de testar o modelo para a realização de inspeções de manutenção, decidiu-se diminuir o número de horas de voo acumuladas que uma aeronave é capaz de possuir antes de uma operação para 10 horas. Os parâmetros desse cenário podem servistos na Tabela 5.2. As bases de manutenção em RIO e SAO foram mantidas.

TABELA 5.2 – Parâmetros PHV B737 - 2ª Depuração

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
ΔT_{ALT}	0 min	T_{APR}	15 min
T_{INS}	6 h	F	10 h
α	100000	β	1

Assim, chega-se ao resultado ilustrados nas Figuras 5.8 a 5.14.

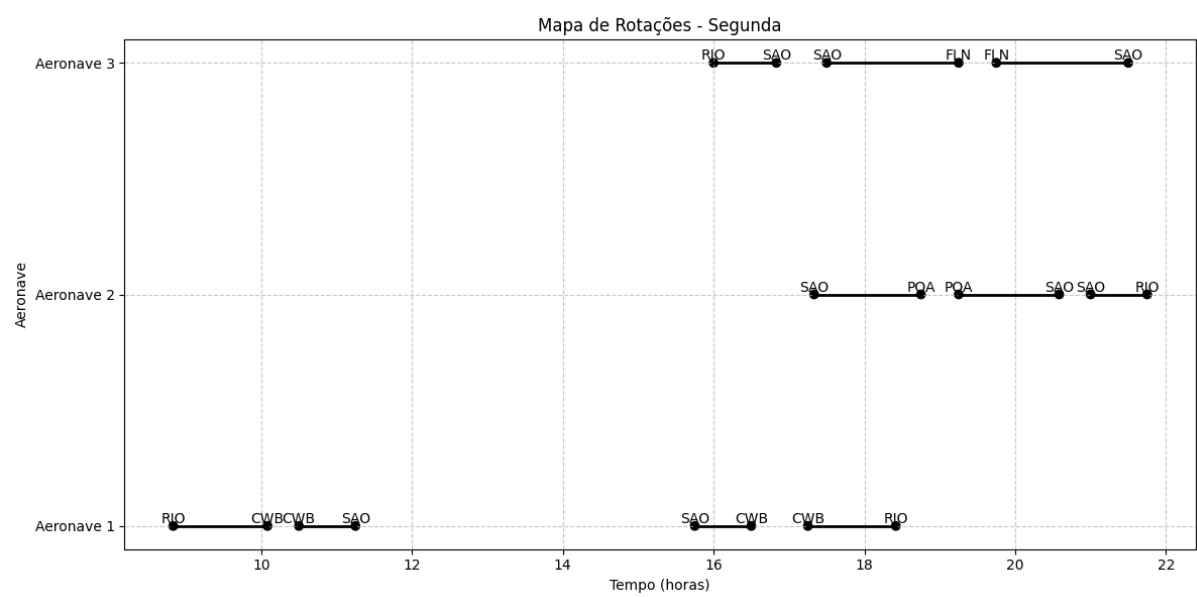


FIGURA 5.8 – Mapa de Rotações B737 - Segunda-feira - 2ª Depuração.

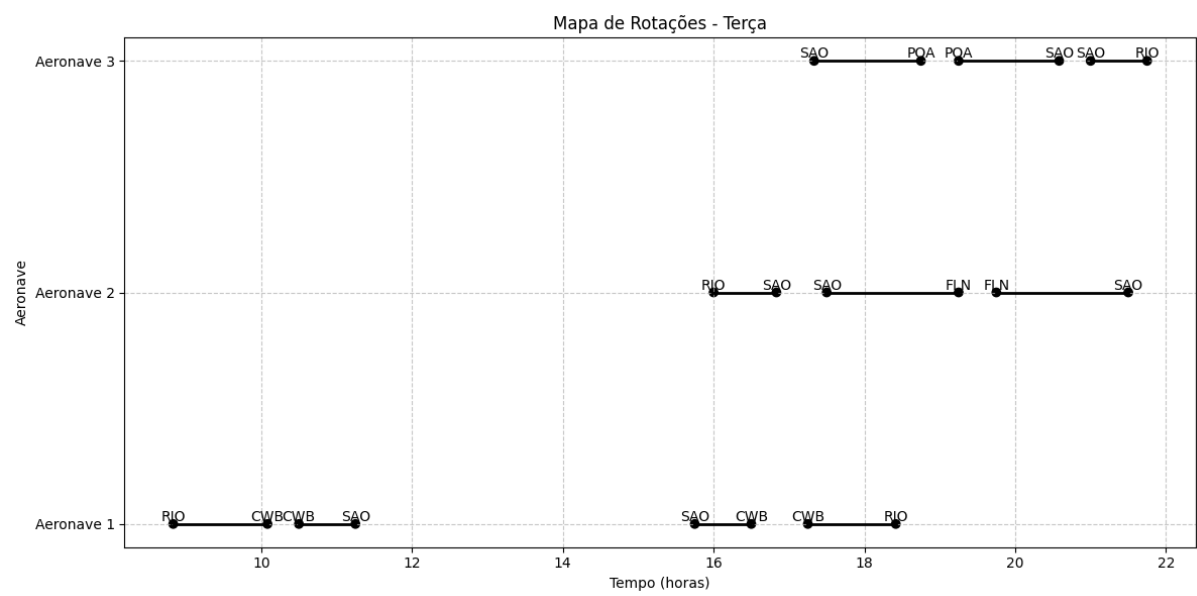


FIGURA 5.9 – Mapa de Rotações B737 - Terça-feira - 2ª Depuração.

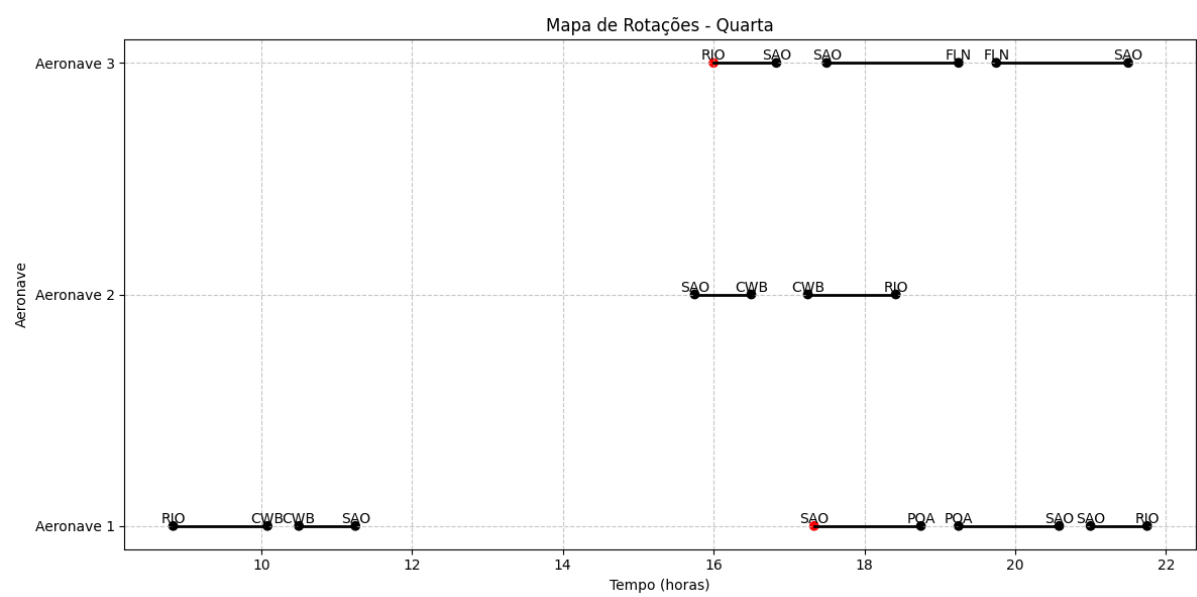


FIGURA 5.10 – Mapa de Rotações B737 - Quarta-feira - 2ª Depuração.

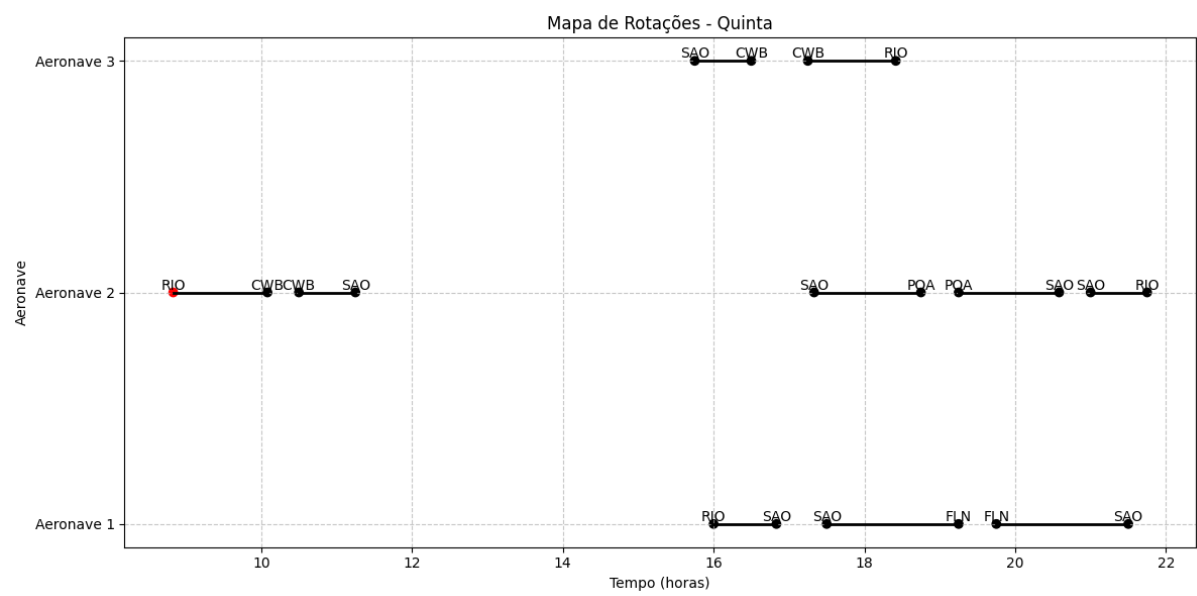


FIGURA 5.11 – Mapa de Rotações B737 - Quinta-feira - 2ª Depuração.

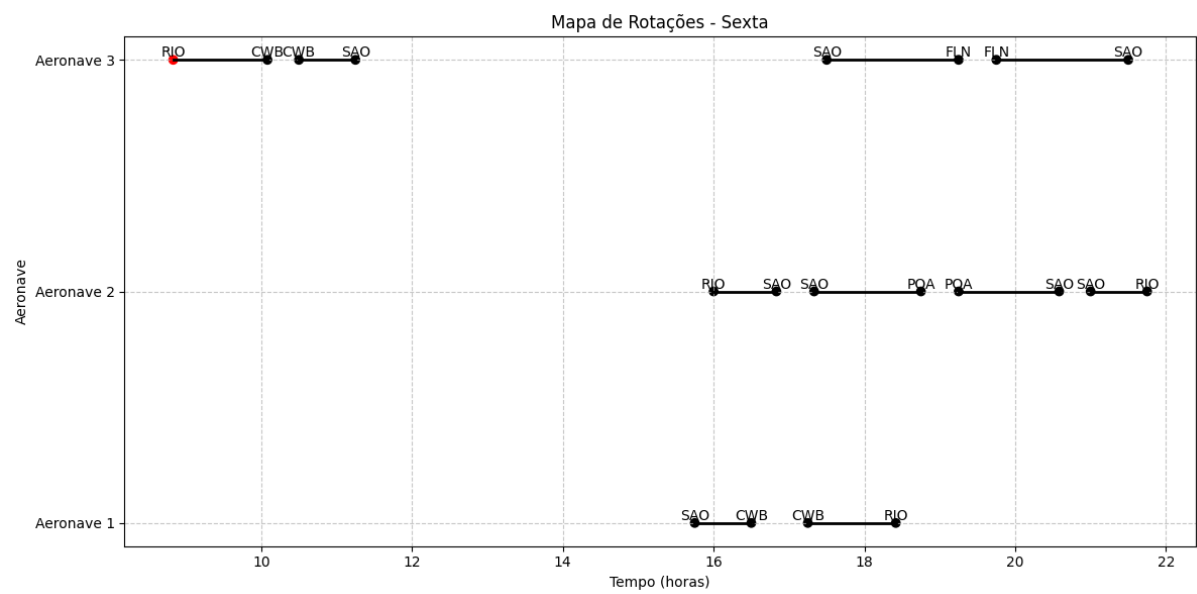


FIGURA 5.12 – Mapa de Rotações B737 - Sexta-feira - 2ª Depuração.

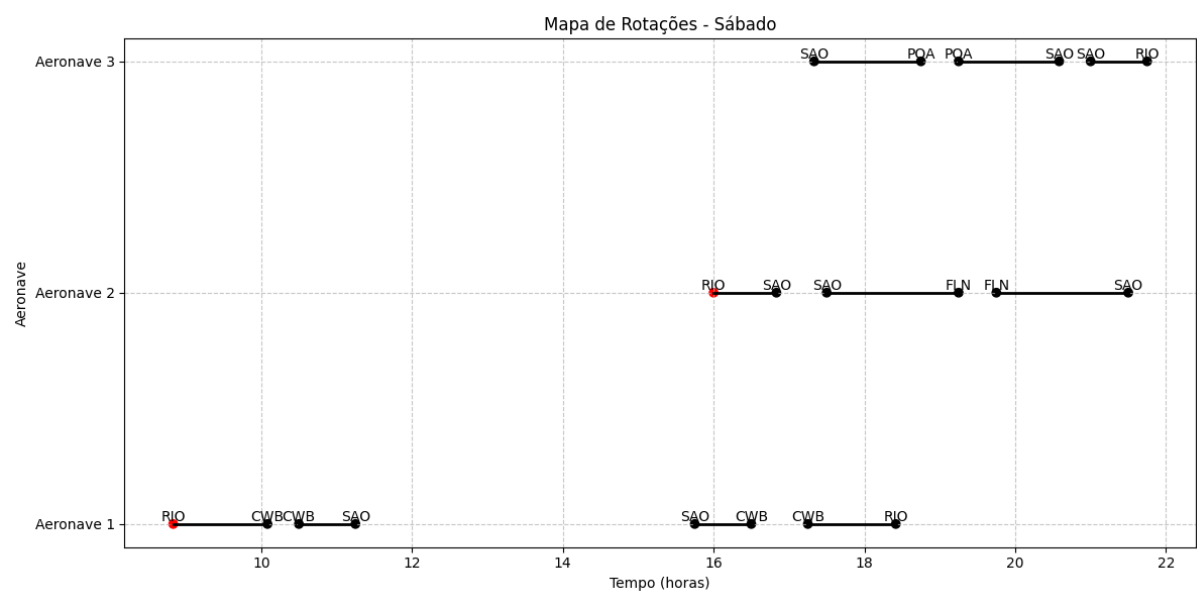


FIGURA 5.13 – Mapa de Rotações B737 - Sábado - 2ª Depuração.

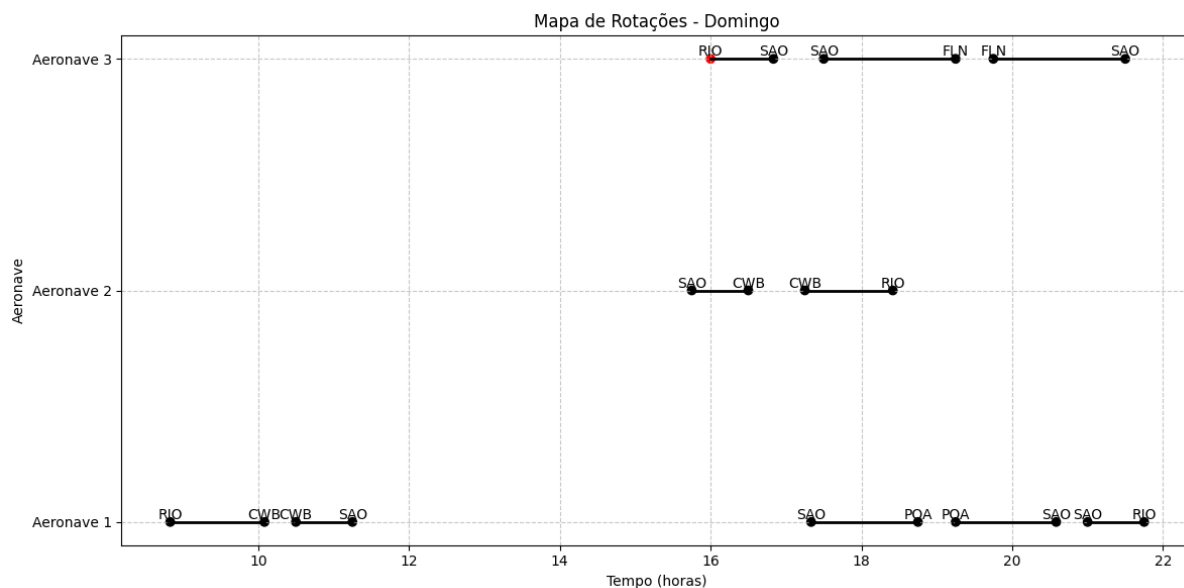


FIGURA 5.14 – Mapa de Rotações B737 - Domingo - 2ª Depuração.

Observa-se que número de aeronaves necessárias para cumprir o Programa Horário de Voos não se alterou, entretanto, foram realizadas inspeções de manutenção nas aeronaves representadas por pontos vermelhos nas Figuras 5.10 a 5.14. Foram executadas, no total, 8 inspeções para que as aeronaves pudessem executar as operações e tanto RIO quanto SAO foram utilizadas como bases.

Nota-se, portanto, um bom funcionamento do modelo para este cenário hipotético de 10 horas de voo acumuladas como limite.

5.3 PHV A21N

Como mencionado no capítulo 4, elaborou-se um Programa Horário de Voos (PHV) a ser executado por aeronaves A21N da Azul Linhas Aéreas, o qual pode ser verificado no Anexo A. Os voos oferecidos correspondem aos da semana de 21 a 27 de agosto de 2023, cujos dados foram obtidos por meio das plataformas VRA e Flightradar24.

Inicialmente, estimou-se o tempo de apronto da aeronave como 50 minutos e considerou-se o aeroporto de Viracopos (SBKP) como única base de manutenção, pois cerca de 30% dos voos envolvem esse aeroporto. Os outros dados de entrada considerados são exibidos na Tabela 5.3.

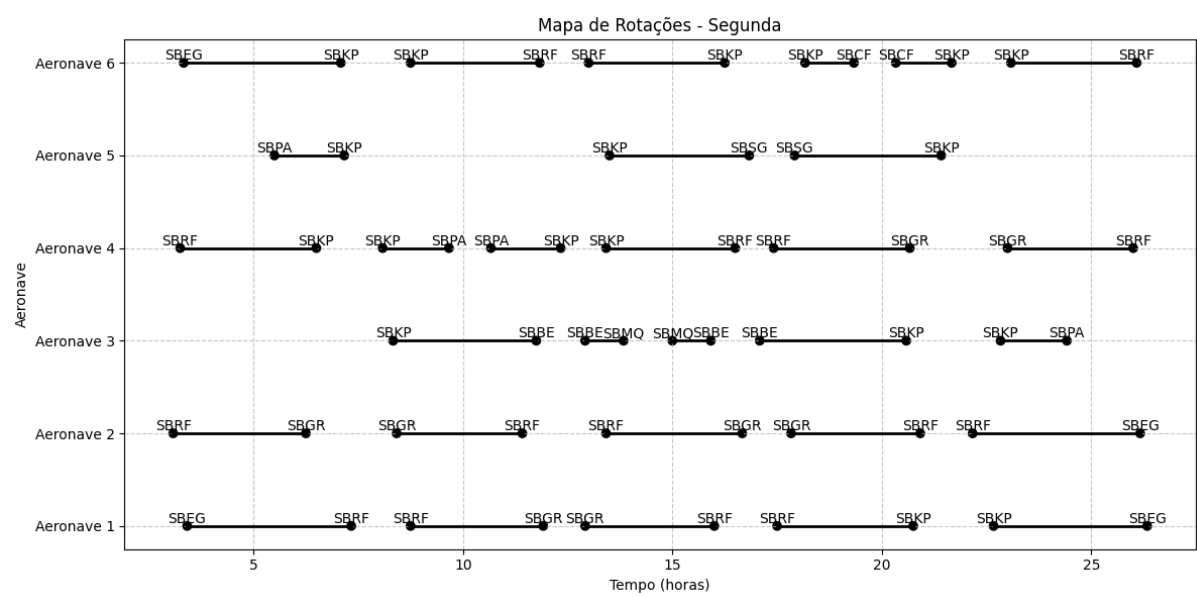


FIGURA 5.15 – Mapa de Rotações A21N - Segunda-feira.

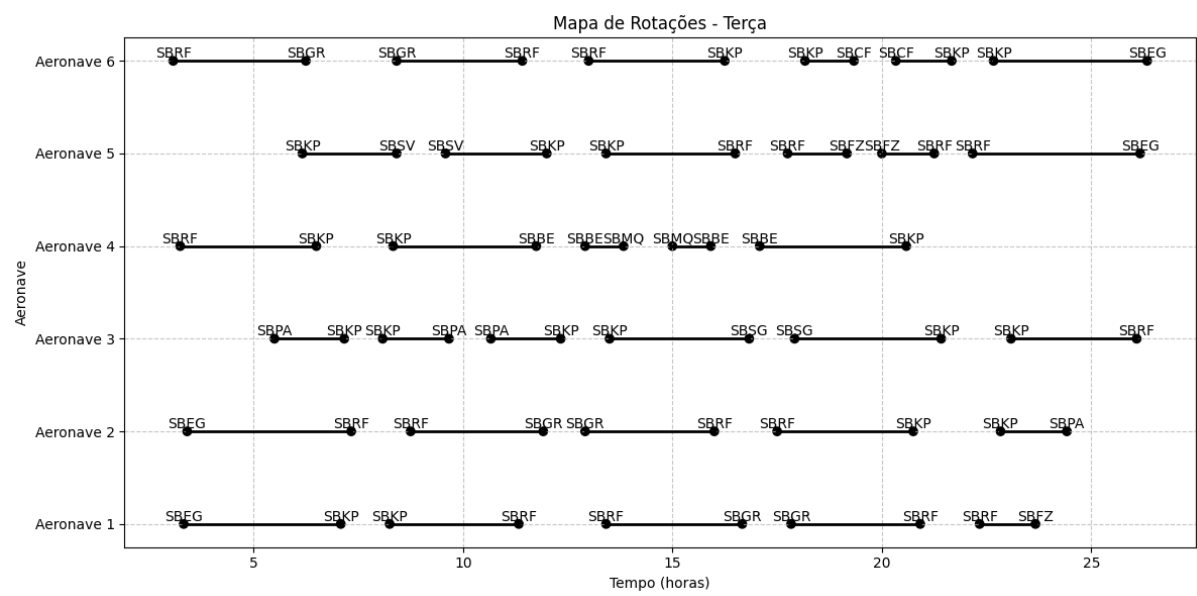


FIGURA 5.16 – Mapa de Rotações A21N - Terça-feira.

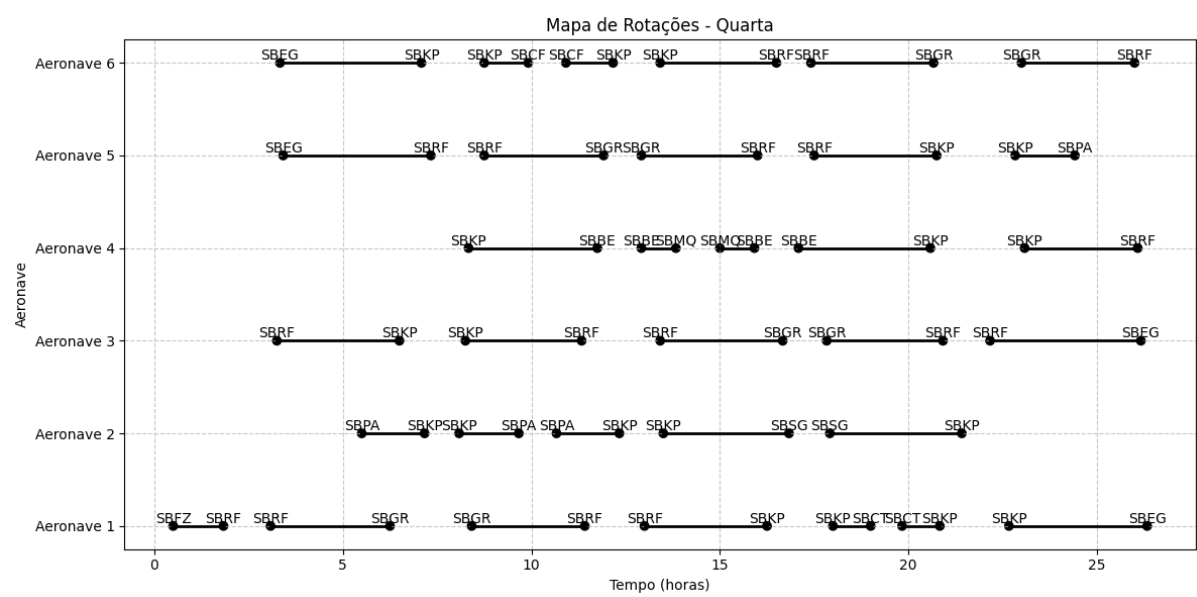


FIGURA 5.17 – Mapa de Rotações A21N - Quarta-feira.

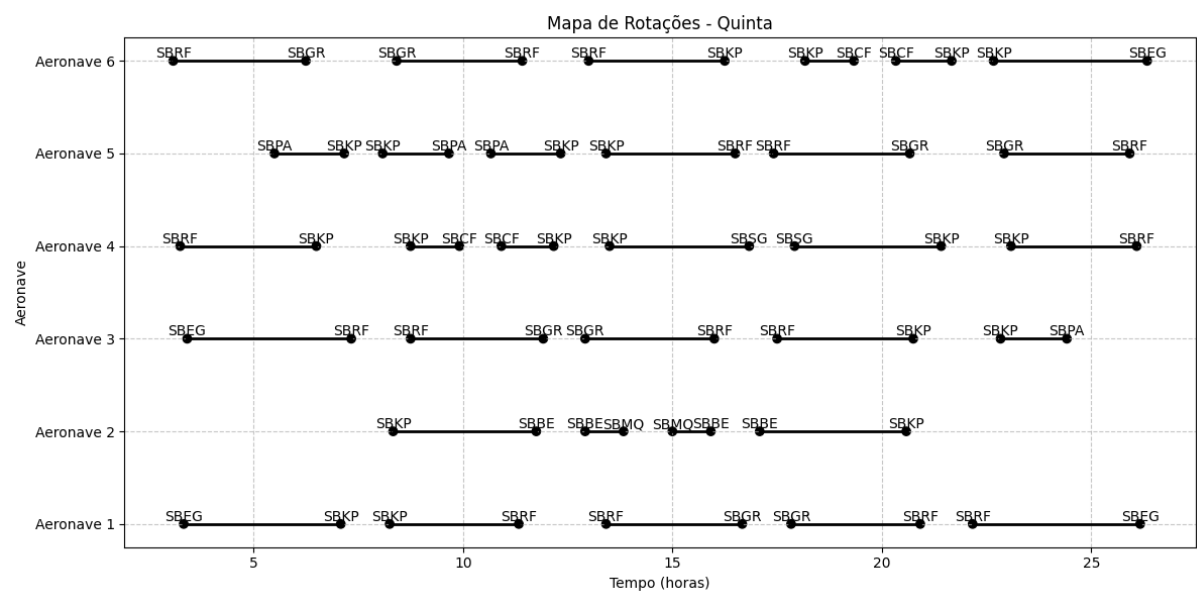


FIGURA 5.18 – Mapa de Rotações A21N - Quinta-feira.

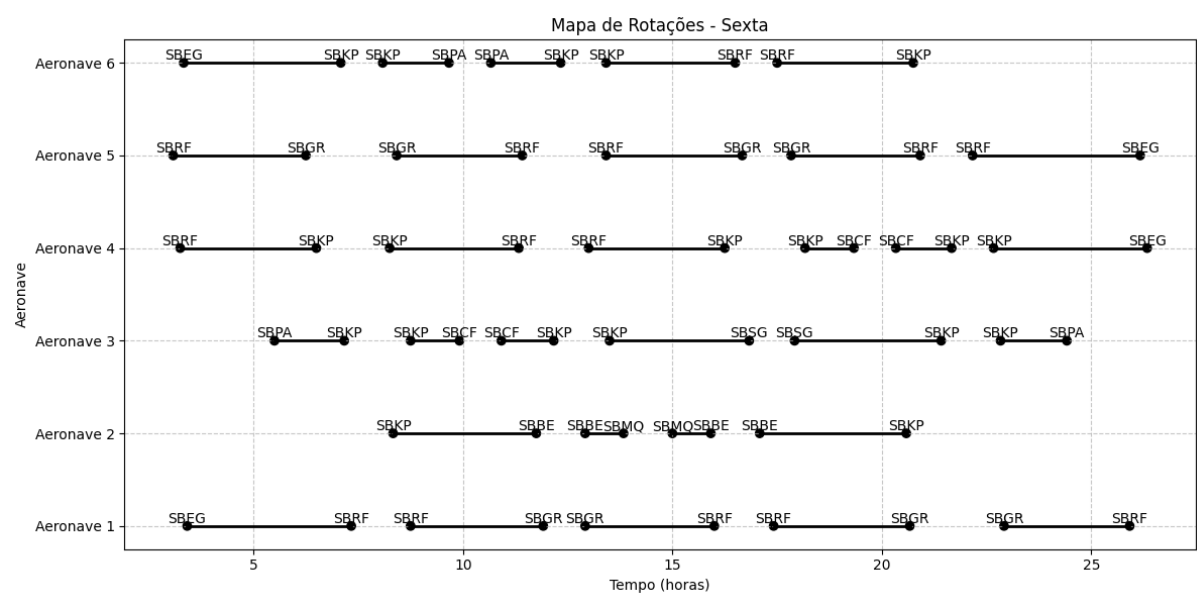


FIGURA 5.19 – Mapa de Rotações A21N - Sexta-feira.

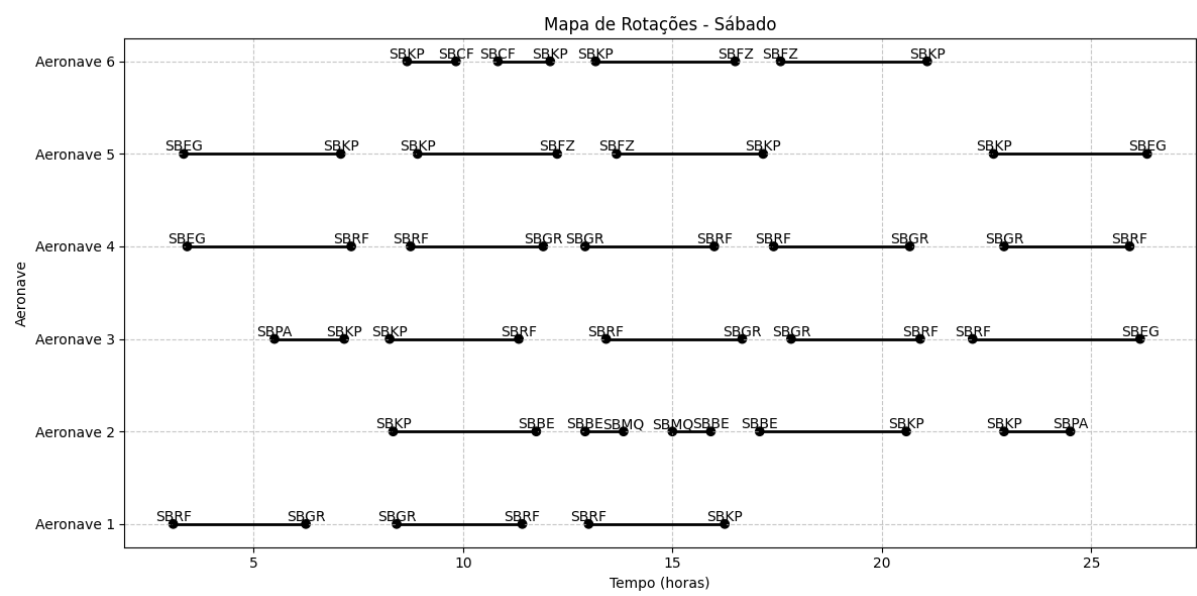


FIGURA 5.20 – Mapa de Rotações A21N - Sábado.

TABELA 5.3 – Parâmetros PHV A21N

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
ΔT_{ALT}	0 min	T_{APR}	50 min
T_{INS}	6 h	F	100 h
α	100000	β	1

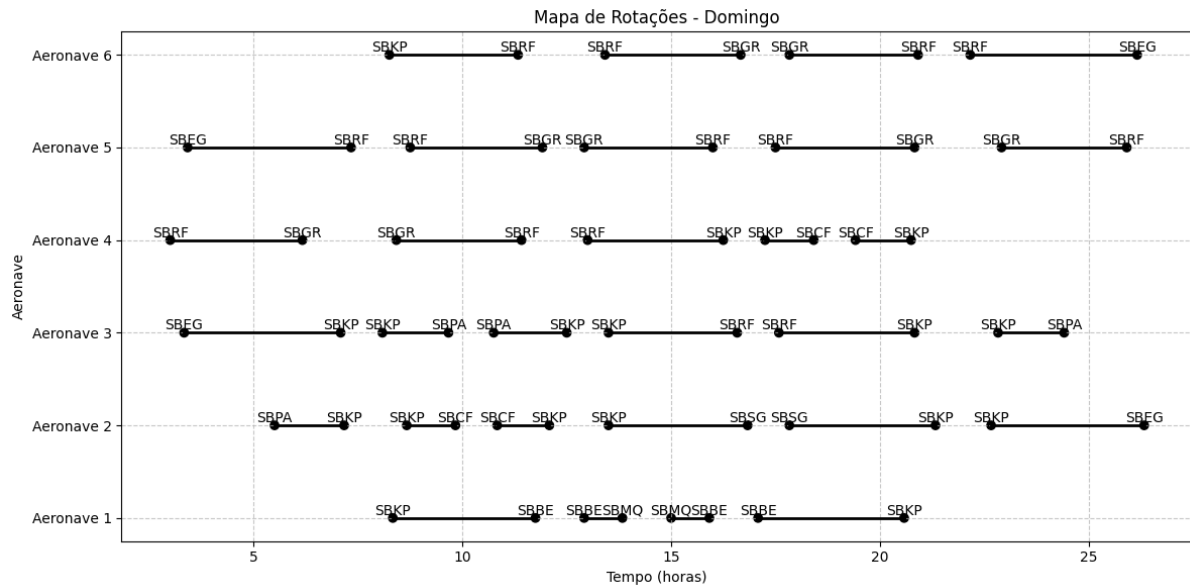


FIGURA 5.21 – Mapa de Rotações A21N - Domingo.

Os mapas de rotação, ilustrados nas Figuras 5.15 a 5.21, exibem uma solução com 6 aeronaves, o mesmo número de aviões do tipo A21N utilizados pela Azul Linhas Aéreas para executar os voos programados. Assim, nota-se que o modelo foi capaz de encontrar uma solução igualmente boa à observada na realidade.

Entretanto, como pode ser observado nos mapas de rotações, não foi necessária a realização de inspeções de manutenção, pois nenhuma das aeronaves se aproximou do limite de horas de voo acumuladas.

5.4 PHV E295

O quarto cenário a ser analisado se baseia no Programa Horário de Voos da aeronave do tipo E295 da Azul Linhas Aéreas. Os voos foram obtidos, exclusivamente, por meio da plataforma Voo Regular Ativo da ANAC e se tratam dos serviços oferecidos pela companhia aérea no intervalo de 21 a 27 de agosto de 2023 e executados pelo modelo E295.

O aeroporto de Viracopos (SBKP) foi, novamente, escolhido como base de manutenção, pois, aproximadamente, 37% dos voos usufruem desse aeroporto. Acerca dos outros dados

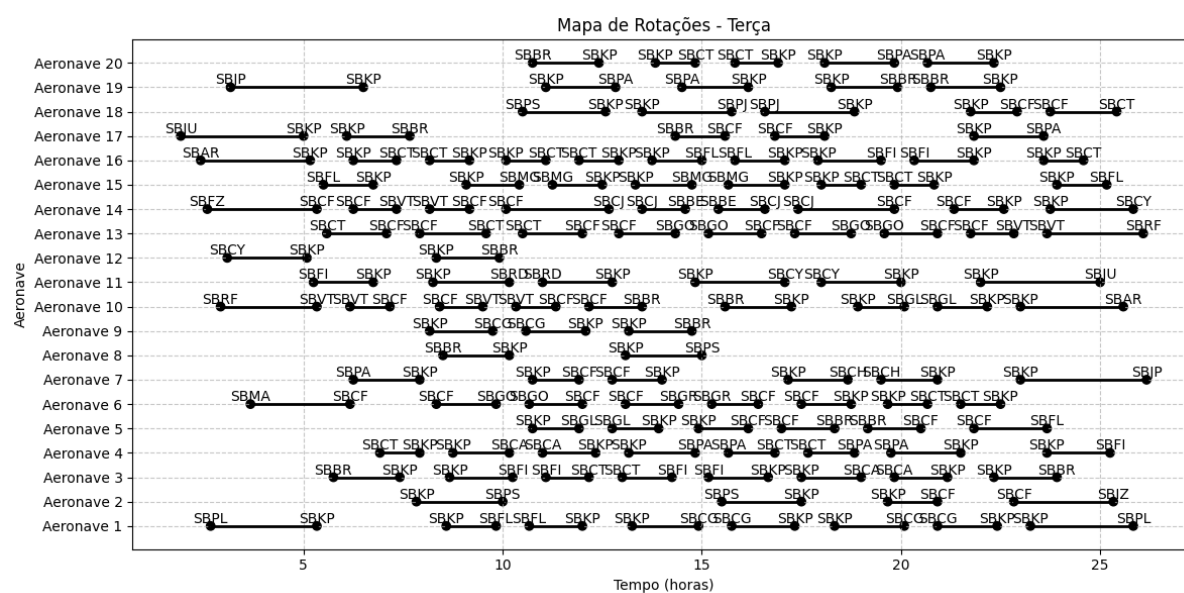


FIGURA 5.23 – Mapa de Rotações E295 - Terça-feira.

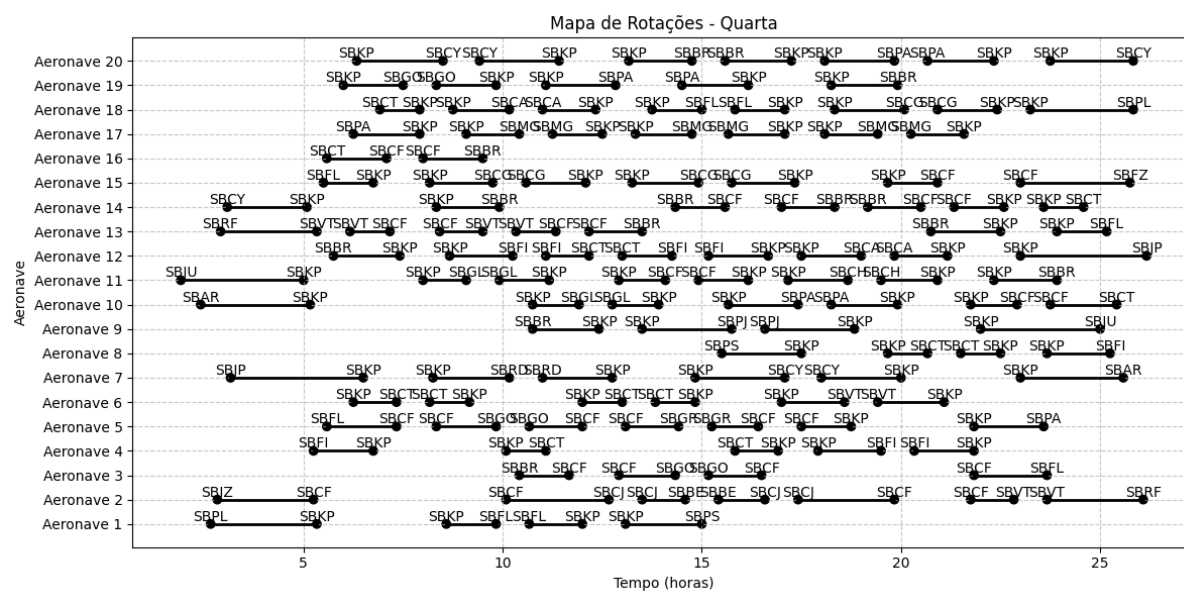


FIGURA 5.24 – Mapa de Rotações E295 - Quarta-feira.

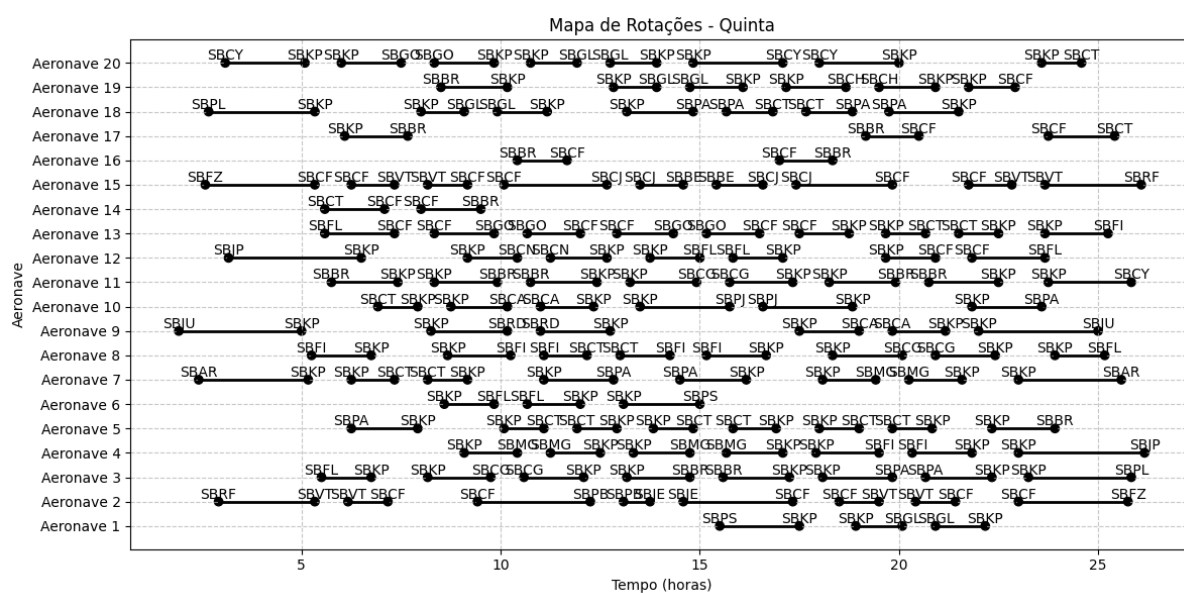


FIGURA 5.25 – Mapa de Rotações E295 - Quinta-feira.

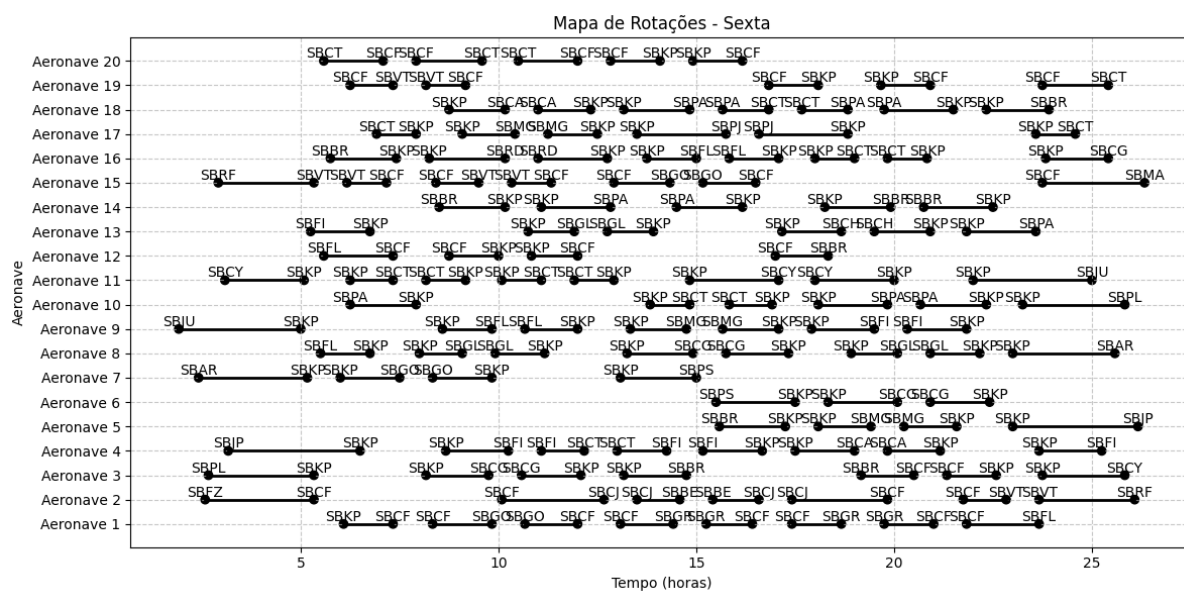


FIGURA 5.26 – Mapa de Rotações E295 - Sexta-feira.

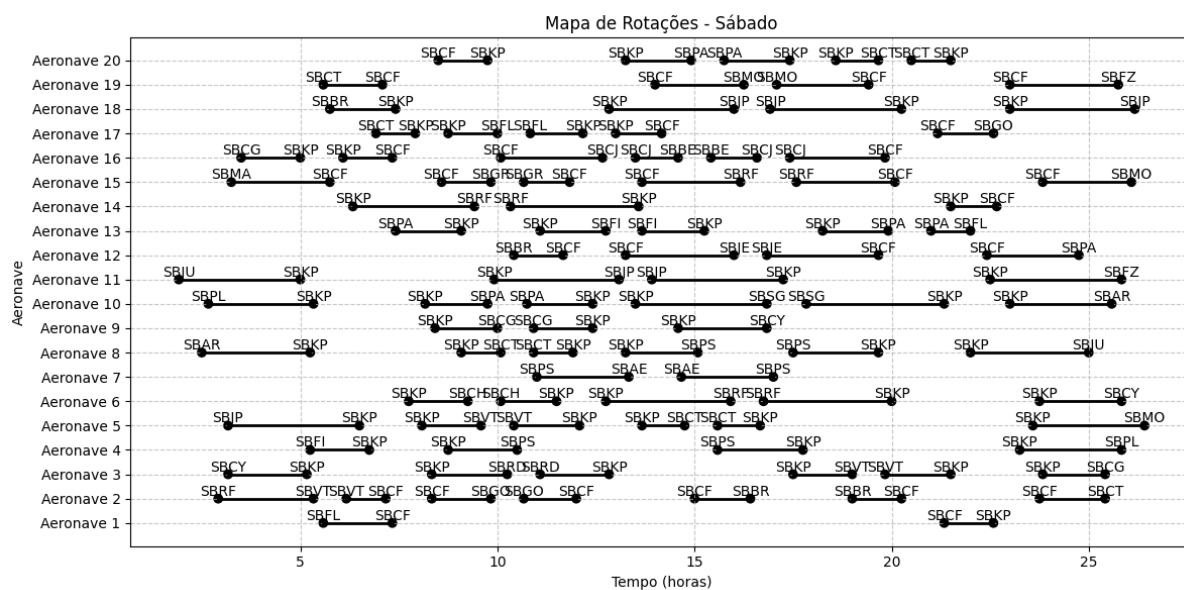


FIGURA 5.27 – Mapa de Rotações E295 - Sábado.

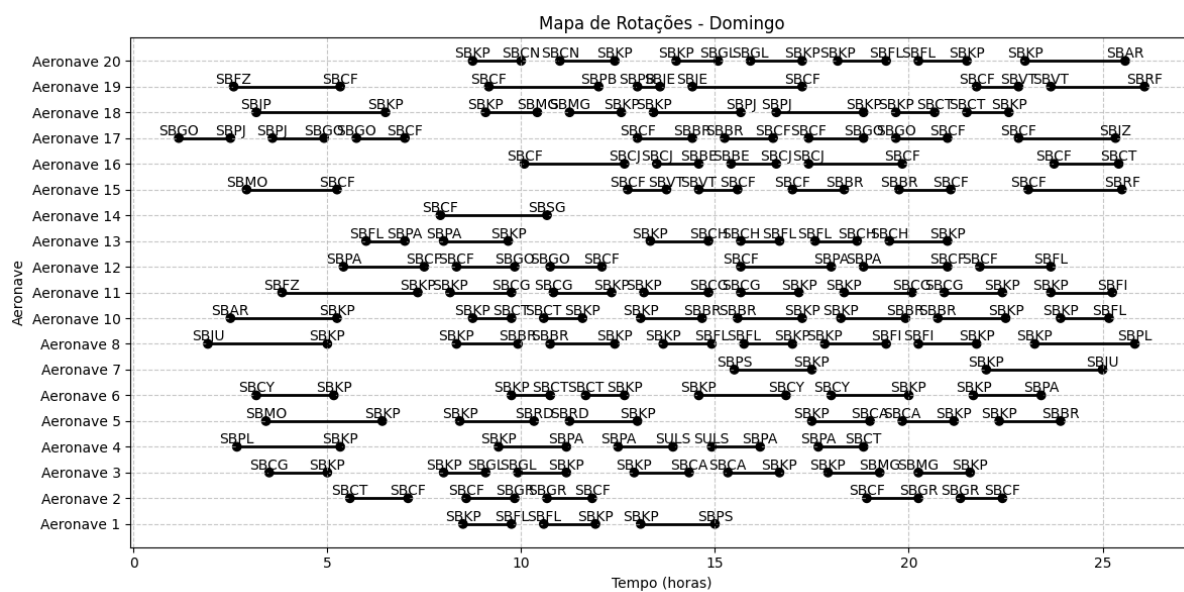


FIGURA 5.28 – Mapa de Rotações E295 - Domingo.

5.5 Análise de Sensibilidade

Com o objetivo de analisar o impacto de parâmetros, como o tempo de apronto da aeronave e deslocamento de horários das alternativas na solução, realizou-se uma série de execuções do programa com variações desses parâmetros. Além disso, essa análise de sensibilidade permitiu observar a variação do tamanho do problema por meio dos números de variáveis e restrições de cada cenário. Os parâmetros escolhidos para a variação foram o tempo de apronto e o deslocamento dos horários das alternativas. Dessa forma, para cada tempo de deslocamento de horário, variou-se o tempo de apronto das aeronaves para, assim, observar a volatilidade das soluções.

5.5.1 PHV B737 - 1^a Depuração

Inicialmente, elaborou-se uma análise acerca da aplicação presente no capítulo 5.1. Os resultados são exibidos nas tabelas a seguir, as quais são divididas por intervalo de deslocamento (ΔT_{ALT}) aplicado.

TABELA 5.5 – PHV B737 - $\Delta I_{ALT} = 0$ min

T_{APR} (min)	Nº de Aeronaves	Nº de Variáveis	Nº de Restrições
15	3	1107	505
30	5	1079	491
40	7	1037	470
50	7	1009	456
60	7	1099	456

TABELA 5.6 – PHV B737 - $\Delta I_{ALT} = 10$ min

T_{APR} (min)	Nº de Aeronaves	Nº de Variáveis	Nº de Restrições
15	3	6281	2746
30	3	6029	2620
40	4	5791	2501
50	5	5595	2403
60	7	5497	2354

TABELA 5.7 – PHV B737 - $\Delta I_{ALT} = 20$ min

T_{APR} (min)	Nº de Aeronaves	Nº de Variáveis	Nº de Restrições
15	3	6069	2650
30	3	5959	2592
40	3	5833	2529
50	4	5693	2459
60	4	5609	2417

TABELA 5.8 – PHV B737 - $\Delta I_{ALT} = 30$ min

T_{APR} (min)	Nº de Aeronaves	Nº de Variáveis	Nº de Restrições
15	3	5959	2601
30	3	5901	2569
40	3	5803	2517
50	3	5749	2487
60	4	5693	2459

Acerca do tamanho do problema, nota-se, portanto, o impacto da criação de alternativas. De fato, para um determinado deslocamento horário, ocorreu um aumento de mais de 400% no número de variáveis e número de restrições do problema.

Em relação ao número de aeronaves mínimo para cumprir o cronograma de voos, este varia de 3 a 7 aviões do tipo B737. O cenário sugere um aumento do número de veículos à medida que o tempo mínimo para que um aeronave esteja pronta para executar uma operação aumenta, fenômeno que era naturalmente esperado. Outro ponto a ser observado é a relação entre o número de aeronaves e o intervalo de deslocamento de horários. A modificação dos horários dos serviços pode trazer benefícios às operações de uma companhia aérea, desde que não afete negativamente outros campos, como a demanda por passagens.

A síntese da análise realizada pode ser observada na Figura 5.29, em que as entradas da tabela tratam do número de aeronaves de determinado par ordenado $(T_{APR}, \Delta T_{ALT})$.

B737		Tempo de deslocamento (min)			
		0	10	20	30
Tempo de apronto (min)	15	3	3	3	3
	30	5	3	3	3
	40	7	4	3	3
	50	7	5	4	3
	60	7	7	4	4

FIGURA 5.29 – Análise de sensibilidade B737.

5.5.2 PHV A21N

A análise seguinte envolve o Programa Horário de Voos da frota A21N estudado no capítulo 5.2 e os resultados são indicados nas Tabelas 5.9 a 5.12.

De maneira diferente do que foi observado no Programa Horário de Voos do tipo B737 estudado anteriormente, o cenário das aeronaves A21N não apresenta impacto significativo dos parâmetros de tempo de apronto e deslocamento de horários no número de aeronaves

TABELA 5.9 – PHV A21N - $\Delta I_{ALT} = 0$ min

T_{APR} (min)	Nº de Aeronaves	Nº de Variáveis	Nº de Restrições
15	6	4623	2052
30	6	4752	2104
40	6	4820	2131
50	6	4874	2151
60	8	4889	2151

TABELA 5.10 – PHV A21N - $\Delta I_{ALT} = 10$ min

T_{APR} (min)	Nº de Aeronaves	Nº de Variáveis	Nº de Restrições
15	6	31032	13678
30	6	32429	14248
40	6	33067	14497
50	6	33345	14575
60	6	33213	14449

TABELA 5.11 – PHV A21N - $\Delta I_{ALT} = 20$ min

T_{APR} (min)	Nº de Aeronaves	Nº de Variáveis	Nº de Restrições
15	6	31021	13680
30	6	31839	13992
40	6	32358	14174
50	6	32516	14197
60	6	32563	14155

TABELA 5.12 – PHV A21N - $\Delta I_{ALT} = 30$ min

T_{APR} (min)	Nº de Aeronaves	Nº de Variáveis	Nº de Restrições
15	6	30887	13617
30	6	31140	13770
40	6	31563	13827
50	6	31797	13879
60	6	31854	13866

necessárias, com exceção do caso $(\Delta T_{ALT}; T_{APR}) = (0, 60)$, no qual são adicionadas duas aeronaves para a execução do cronograma.

No que diz respeito às dimensões do problema com alternativas deslocadas, estas aumentam aproximadamente 500% em relação aos horários originais. Dessa forma, observa-se que, neste caso, o uso do deslocamento de horários não é benéfico, pois além de aumentar o custo computacional, não resulta em soluções melhores do que aquelas encontradas originalmente.

A Figura 5.30 a seguir ilustra a análise realizada, em que as entradas da tabela tratam do número de aeronaves de determinado par ordenado $(T_{APR}, \Delta T_{ALT})$.

A21N		Tempo de deslocamento (min)			
		0	10	20	30
Tempo de apronto (min)	15	6	6	6	6
	30	6	6	6	6
	40	6	6	6	6
	50	6	6	6	6
	60	8	6	6	6

FIGURA 5.30 – Análise de sensibilidade A21N.

5.5.3 PHV E295

Em relação ao Programa Horário de Voos das aeronaves E295, realizou-se uma análise variando, inicialmente, o tempo de apronto (T_{APR}). O resultado dessa etapa pode ser visualizado na Tabela 5.13 a seguir.

TABELA 5.13 – PHV E295 - $\Delta I_{ALT} = 0$ min

T_{APR} (min)	Nº de Aeronaves	Nº de Variáveis	Nº de Restrições
15	19	46042	18533
30	19	46445	18631
40	20	46438	18583
50	20	46345	18495
60	61	45472	18010

É possível, portanto, visualizar um aumento significativo no número de aeronaves necessárias entre os tempos 50 e 60 minutos. Esse contraste, de aproximadamente três vezes a solução original, sugere que o cronograma de voos foi elaborado considerando um tempo de apronto menor que uma hora.

Outro ponto a ser destacado é a redução de uma aeronave no cenário do tempo de apronto menor ou igual a 30 minutos. Dessa forma, nota-se que a velocidade de preparação de uma aeronave para a realização de uma operações pode ter um grande impacto no planejamento de uma companhia aérea.

Acerca dos deslocamentos de horários, não foi possível obter soluções, pois, como pode ser visto na Tabela 5.14, o problema se tornou muito custoso no aspecto computacional.

TABELA 5.14 – PHV E295 - $\Delta I_{ALT} = 10$ min

T_{APR} (min)	Nº de Variáveis	Nº de Restrições
15	374529	148393
30	377568	149029
40	377350	148437
50	375384	147033
60	372027	144955

6 Conclusão

Este trabalho abordou o tema da roteirização de frotas aéreas por meio de modelagem computacional. Para isso, utilizou-se como base o estudo (MARUJO, 1982), o qual apresentou um modelo de rotação de frotas heterogêneas e sugeriu algumas possibilidades de estudos futuros, como a extensão do período analisado para semanal e a implementação de cronogramas de manutenção. Dessa forma, após a adaptação do modelo proposto em (MARUJO, 1982) para o cenário de frotas homogêneas e a extensão do período analisado para sete dias, adaptaram-se as variáveis, os conjuntos e as restrições que envolvem o conceito de manutenção do Modelo I elaborado em (CUI *et al.*, 2019), de forma que fosse possível implementá-las no modelo deste trabalho. Assim, considera-se que o objetivo geral estabelecido na seção 1.2 foi alcançado com êxito.

Na análise acerca da efetividade do modelo apresentado, foi solucionado um caso com cronograma de 70 voos e a solução obtida foi a melhor possível. Além disso, o modelo apresentou uma solução igualmente boa àquela adotada pela companhia aérea Azul para a frota de A21N no período de 21 a 27 de agosto de 2023. Em relação à frota de E295, apesar do número de aeronaves apresentado ser superior à quantidade de aeronaves presentes na frota da companhia aérea, pode-se atribuir esse fenômeno a possíveis inconsistências presentes na fonte de dados.

Por fim, realizou-se análises de sensibilidade acerca dos parâmetros de tempo de pronto de aeronaves e os deslocamentos de horários dos serviços oferecidos. Dessa forma, primeiramente, observou-se o impacto que dezenas de minutos podem exercer no planejamento operacional de uma empresa aérea, projetado no número de aeronaves a serem utilizadas. Em seguida, também foi possível concluir que pequenos deslocamentos de horários de voos podem, em alguns casos, influenciar na otimização de um cenário. Entretanto, assim como mencionado em (MARUJO, 1982), ressalta-se que os efeitos desses deslocamentos devem ser ponderados com relação à demanda por passageiros.

6.1 Limitações e Pesquisas Futuras

Uma das limitações do modelo observada refere-se ao fato de considerar como zero o número de horas de voo acumuladas das aeronaves no início do Programa Horário de Voos. Essa abordagem, de fato, contribui para os impactos pouco significativos da questão de manutenção no período semanal estudado.

Outra limitação reside no fato de o modelo não considerar a possibilidade de imprevistos que causem atrasos nos voos. Dessa forma, para ser mais fiel à realidade, é possível implementar fatores que representem atrasos toleráveis segundo determinado nível de serviço. Na revisão da literatura apresentada, estudos como (CUI *et al.*, 2019) e (AL-THANI *et al.*, 2016) abordam este tema.

Outro ponto a ser destacado se trata do custo computacional envolvido na preparação dos dados. Este aspecto não faz parte dos objetivos do trabalho e, portanto, as rotinas desenvolvidas para a determinação dos conjuntos, das variáveis e seus coeficientes não são otimizadas e podem acarretar em tempos de execução prolongados e uso excessivo de memória. De fato, na seção 5.5.3, foram observadas uma quantidade de variáveis da ordem de 300.000. Portanto, para tornar o programa viável para casos de grande porte, é essencial obter rotinas eficientes de preparação de dados.

Acerca da resolução do problema, a utilização de métodos exatos, em casos de grande porte, pode resultar em tempos de execução consideravelmente elevados, como mencionado na seção 2.1. Dessa forma, uma possível extensão deste trabalho consiste no desenvolvimento de um método heurístico que possibilite a companhia aérea obter uma solução considerada boa em um tempo reduzido.

Referências

AL-THANI, N. A.; AHMED, M. B.; HAOUARI, M. A model and optimization-based heuristic for the operational aircraft maintenance routing problem. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, Elsevier, v. 72, p. 29–44, 2016.

ALVES, R.; DELGADO, C. **Programação Linear Inteira**. [S.l.], 1997. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/74369/2/40539.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2023.

CUI, R.; DONG, X.; LIN, Y. Models for aircraft maintenance routing problem with consideration of remaining time and robustness. **Computers & Industrial Engineering**, Elsevier, v. 137, p. 106045, 2019.

FERREIRA, C. **ANAC compila os dados financeiros do segundo trimestre das três maiores aéreas brasileiras**. 2022. Disponível em: <https://aeroin.net/anac-compila-os-dados-financeiros-do-segundo-trimestre-das-tres-maiores-aereas-brasileiras/>. Acesso em: 16 jun. 2023.

GOPALAN, R.; TALLURI, K. T. The aircraft maintenance routing problem. **Operations research**, INFORMS, v. 46, n. 2, p. 260–271, 1998.

JAMILI, A. A robust mathematical model and heuristic algorithms for integrated aircraft routing and scheduling, with consideration of fleet assignment problem. **Journal of Air Transport Management**, Elsevier, v. 58, p. 21–30, 2017.

MARUJO, E. C. **Otimização de Rotação de Frota de Aviões**. 1982. 200 f. Dissertation (Mestrado em Engenharia Mecânica) — Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 1982.

MUNARI, P. **Heurísticas: O que são? Heurísticas construtivas e de melhoria, Otimização, Pesquisa Operacional**. [S.l.]. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=cmlJnxPAuKwlist=PLjK8TkmwOe0qfKs0fxHc23J8_c9DGnxUSindex=10. Acesso em: 21 out. 2023.

REVELLE, C.; MCGARITY, A. E. **Design and operation of civil and environmental engineering systems**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1997.

SALTZMAN, R. M.; STERN, H. I. The multi-day aircraft maintenance routing problem. **Journal of Air Transport Management**, Elsevier, v. 102, p. 102224, 2022.

TEMUCIN, T.; TUZKAYA, G.; VAYVAY, O. Aircraft maintenance routing problem—a literature survey. **Promet-Traffic&Transportation**, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, v. 33, n. 4, p. 491–503, 2021.

UNAL, Y. Z.; SEVKLI, M.; UYSAL, O.; TURKYILMAZ, A. A new approach to fleet assignment and aircraft routing problems. **Transportation Research Procedia**, Elsevier, v. 59, p. 67–75, 2021.

Anexo A - Programas Horários de Voo

Neste anexo são apresentados os Programas Horários de Voo (PHV) utilizados no estudo.

A.1 PHV Caso Reduzido

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
128	RIO	CWB	737	08:50:00	10:05:00
123	CWB	SAO	737	10:30:00	11:15:00
122	SAO	CWB	737	15:45:00	16:30:00
141	SAO	POA	737	17:20:00	18:45:00
140	POA	SAO	737	19:15:00	20:35:00
140	SAO	RIO	737	21:00:00	21:45:00
134	SAO	FLN	737	17:30:00	19:15:00
135	FLN	SAO	737	19:45:00	21:30:00
141	RIO	SAO	737	16:00:00	16:50:00
129	CWB	RIO	737	17:15:00	18:25:00

A.2 PHV A21N

Nesta seção, é apresentado o PHV da frota de aeronaves A21N separado por dias da semana.

Segunda-feira					
Código	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2601	SBEG	SBRF	A21N	03:25:00	07:20:00
2648	SBRF	SBEG	A21N	22:10:00	02:10:00
2705	SBBE	SBKP	A21N	17:05:00	20:35:00
2705	SBMQ	SBBE	A21N	15:00:00	15:55:00
2744	SBGR	SBRF	A21N	08:25:00	11:25:00
2768	SBRF	SBGR	A21N	13:25:00	16:40:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2810	SBKP	SBRF	A21N	13:25:00	16:30:00
2912	SBSG	SBKP	A21N	17:55:00	21:25:00
2920	SBKP	SBCF	A21N	18:10:00	19:20:00
2923	SBRF	SBKP	A21N	13:00:00	16:15:00
2959	SBGR	SBRF	A21N	12:55:00	16:00:00
4026	SBPA	SBKP	A21N	05:30:00	07:10:00
4079	SBKP	SBRF	A21N	08:45:00	11:50:00
4082	SBCF	SBKP	A21N	20:20:00	21:40:00
4152	SBGR	SBRF	A21N	23:00:00	02:00:00
4153	SBRF	SBGR	A21N	03:05:00	06:15:00
4276	SBRF	SBKP	A21N	17:30:00	20:45:00
4291	SBKP	SBSG	A21N	13:30:00	16:50:00
4303	SBPA	SBKP	A21N	10:40:00	12:20:00
4335	SBRF	SBKP	A21N	03:15:00	06:30:00
4347	SBKP	SBPA	A21N	08:05:00	09:40:00
4383	SBEG	SBKP	A21N	03:20:00	07:05:00
4451	SBKP	SBEG	A21N	22:40:00	02:20:00
4619	SBRF	SBGR	A21N	08:45:00	11:55:00
4708	SBKP	SBPA	A21N	22:50:00	00:25:00
4840	SBBE	SBMQ	A21N	12:55:00	13:50:00
4840	SBKP	SBBE	A21N	08:20:00	11:45:00
4878	SBRF	SBGR	A21N	17:25:00	20:40:00
4885	SBKP	SBRF	A21N	23:05:00	02:05:00
5092	SBGR	SBRF	A21N	17:50:00	20:55:00

TABELA A.1 – PHV A21N Segunda-feira

Terça-feira					
Código	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2601	SBEG	SBRF	A21N	03:25:00	07:20:00
2648	SBRF	SBEG	A21N	22:10:00	02:10:00
2705	SBBE	SBKP	A21N	17:05:00	20:35:00
2705	SBMQ	SBBE	A21N	15:00:00	15:55:00
2744	SBGR	SBRF	A21N	08:25:00	11:25:00
2768	SBRF	SBGR	A21N	13:25:00	16:40:00
2810	SBKP	SBRF	A21N	13:25:00	16:30:00
2904	SBSV	SBKP	A21N	09:35:00	12:00:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2912	SBSG	SBKP	A21N	17:55:00	21:25:00
2920	SBKP	SBCF	A21N	18:10:00	19:20:00
2923	SBRF	SBKP	A21N	13:00:00	16:15:00
2959	SBGR	SBRF	A21N	12:55:00	16:00:00
4026	SBPA	SBKP	A21N	05:30:00	07:10:00
4035	SBRF	SBFZ	A21N	17:45:00	19:10:00
4036	SBFZ	SBRF	A21N	20:00:00	21:15:00
4079	SBKP	SBRF	A21N	08:15:00	11:20:00
4082	SBCF	SBKP	A21N	20:20:00	21:40:00
4153	SBRF	SBGR	A21N	03:05:00	06:15:00
4254	SBRF	SBFZ	A21N	22:20:00	23:40:00
4276	SBRF	SBKP	A21N	17:30:00	20:45:00
4291	SBKP	SBSG	A21N	13:30:00	16:50:00
4303	SBPA	SBKP	A21N	10:40:00	12:20:00
4335	SBRF	SBKP	A21N	03:15:00	06:30:00
4347	SBKP	SBPA	A21N	08:05:00	09:40:00
4383	SBEG	SBKP	A21N	03:20:00	07:05:00
4451	SBKP	SBEG	A21N	22:40:00	02:20:00
4619	SBRF	SBGR	A21N	08:45:00	11:55:00
4708	SBKP	SBPA	A21N	22:50:00	00:25:00
4840	SBBE	SBMQ	A21N	12:55:00	13:50:00
4840	SBKP	SBBE	A21N	08:20:00	11:45:00
4885	SBKP	SBRF	A21N	23:05:00	02:05:00
4942	SBKP	SBSV	A21N	06:10:00	08:25:00
5092	SBGR	SBRF	A21N	17:50:00	20:55:00

TABELA A.2 – PHV A21N Terça-feira

Quarta-feira					
Código	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2515	SBPA	SBKP	A21N	10:40:00	12:20:00
2601	SBEG	SBRF	A21N	03:25:00	07:20:00
2648	SBRF	SBEG	A21N	22:10:00	02:10:00
2698	SBFZ	SBRF	A21N	00:30:00	01:50:00
2705	SBMQ	SBBE	A21N	15:00:00	15:55:00
2705	SBBE	SBKP	A21N	17:05:00	20:35:00
2744	SBGR	SBRF	A21N	08:25:00	11:25:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2768	SBRF	SBGR	A21N	13:25:00	16:40:00
2810	SBKP	SBRF	A21N	13:25:00	16:30:00
2912	SBSG	SBKP	A21N	17:55:00	21:25:00
2923	SBRF	SBKP	A21N	13:00:00	16:15:00
2959	SBGR	SBRF	A21N	12:55:00	16:00:00
4020	SBCT	SBKP	A21N	19:50:00	20:50:00
4026	SBPA	SBKP	A21N	05:30:00	07:10:00
4049	SBKP	SBCF	A21N	08:45:00	09:55:00
4079	SBKP	SBRF	A21N	08:15:00	11:20:00
4152	SBGR	SBRF	A21N	23:00:00	02:00:00
4153	SBRF	SBGR	A21N	03:05:00	06:15:00
4276	SBRF	SBKP	A21N	17:30:00	20:45:00
4291	SBKP	SBSG	A21N	13:30:00	16:50:00
4312	SBKP	SBCT	A21N	18:00:00	19:00:00
4328	SBCF	SBKP	A21N	10:55:00	12:10:00
4335	SBRF	SBKP	A21N	03:15:00	06:30:00
4347	SBKP	SBPA	A21N	08:05:00	09:40:00
4383	SBEG	SBKP	A21N	03:20:00	07:05:00
4451	SBKP	SBEG	A21N	22:40:00	02:20:00
4619	SBRF	SBGR	A21N	08:45:00	11:55:00
4708	SBKP	SBPA	A21N	22:50:00	00:25:00
4840	SBBE	SBMQ	A21N	12:55:00	13:50:00
4840	SBKP	SBBE	A21N	08:20:00	11:45:00
4878	SBRF	SBGR	A21N	17:25:00	20:40:00
4885	SBKP	SBRF	A21N	23:05:00	02:05:00
5092	SBGR	SBRF	A21N	17:50:00	20:55:00

TABELA A.3 – PHV A21N Quarta-feira

Quinta-feira					
Código	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2531	SBKP	SBRF	A21N	08:15:00	11:20:00
2532	SBRF	SBKP	A21N	17:30:00	20:45:00
2601	SBEG	SBRF	A21N	03:25:00	07:20:00
2648	SBRF	SBEG	A21N	22:10:00	02:10:00
2705	SBMQ	SBBE	A21N	15:00:00	15:55:00
2705	SBBE	SBKP	A21N	17:05:00	20:35:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2744	SBGR	SBRF	A21N	08:25:00	11:25:00
2768	SBRF	SBGR	A21N	13:25:00	16:40:00
2810	SBKP	SBRF	A21N	13:25:00	16:30:00
2912	SBSG	SBKP	A21N	17:55:00	21:25:00
2920	SBKP	SBCF	A21N	18:10:00	19:20:00
2923	SBRF	SBKP	A21N	13:00:00	16:15:00
2959	SBGR	SBRF	A21N	12:55:00	16:00:00
4026	SBPA	SBKP	A21N	05:30:00	07:10:00
4049	SBKP	SBCF	A21N	08:45:00	09:55:00
4082	SBCF	SBKP	A21N	20:20:00	21:40:00
4152	SBGR	SBRF	A21N	22:55:00	01:55:00
4153	SBRF	SBGR	A21N	03:05:00	06:15:00
4291	SBKP	SBSG	A21N	13:30:00	16:50:00
4303	SBPA	SBKP	A21N	10:40:00	12:20:00
4328	SBCF	SBKP	A21N	10:55:00	12:10:00
4335	SBRF	SBKP	A21N	03:15:00	06:30:00
4347	SBKP	SBPA	A21N	08:05:00	09:40:00
4383	SBEG	SBKP	A21N	03:20:00	07:05:00
4451	SBKP	SBEG	A21N	22:40:00	02:20:00
4619	SBRF	SBGR	A21N	08:45:00	11:55:00
4708	SBKP	SBPA	A21N	22:50:00	00:25:00
4840	SBBE	SBMQ	A21N	12:55:00	13:50:00
4840	SBKP	SBBE	A21N	08:20:00	11:45:00
4878	SBRF	SBGR	A21N	17:25:00	20:40:00
4885	SBKP	SBRF	A21N	23:05:00	02:05:00
5092	SBGR	SBRF	A21N	17:50:00	20:55:00

TABELA A.4 – PHV A21N Quinta-feira

Sexta-feira					
Código	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2601	SBEG	SBRF	A21N	03:25:00	07:20:00
2648	SBRF	SBEG	A21N	22:10:00	02:10:00
2705	SBBE	SBKP	A21N	17:05:00	20:35:00
2705	SBMQ	SBBE	A21N	15:00:00	15:55:00
2744	SBGR	SBRF	A21N	08:25:00	11:25:00
2768	SBRF	SBGR	A21N	13:25:00	16:40:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2810	SBKP	SBRF	A21N	13:25:00	16:30:00
2912	SBSG	SBKP	A21N	17:55:00	21:25:00
2920	SBKP	SBCF	A21N	18:10:00	19:20:00
2923	SBRF	SBKP	A21N	13:00:00	16:15:00
2959	SBGR	SBRF	A21N	12:55:00	16:00:00
4026	SBPA	SBKP	A21N	05:30:00	07:10:00
4049	SBKP	SBCF	A21N	08:45:00	09:55:00
4079	SBKP	SBRF	A21N	08:15:00	11:20:00
4082	SBCF	SBKP	A21N	20:20:00	21:40:00
4152	SBGR	SBRF	A21N	22:55:00	01:55:00
4153	SBRF	SBGR	A21N	03:05:00	06:15:00
4276	SBRF	SBKP	A21N	17:30:00	20:45:00
4291	SBKP	SBSG	A21N	13:30:00	16:50:00
4303	SBPA	SBKP	A21N	10:40:00	12:20:00
4328	SBCF	SBKP	A21N	10:55:00	12:10:00
4335	SBRF	SBKP	A21N	03:15:00	06:30:00
4347	SBKP	SBPA	A21N	08:05:00	09:40:00
4383	SBEG	SBKP	A21N	03:20:00	07:05:00
4451	SBKP	SBEG	A21N	22:40:00	02:20:00
4619	SBRF	SBGR	A21N	08:45:00	11:55:00
4708	SBKP	SBPA	A21N	22:50:00	00:25:00
4840	SBKP	SBBE	A21N	08:20:00	11:45:00
4840	SBBE	SBMQ	A21N	12:55:00	13:50:00
4878	SBRF	SBGR	A21N	17:25:00	20:40:00
5092	SBGR	SBRF	A21N	17:50:00	20:55:00

TABELA A.5 – PHV A21N Sexta-feira

Sábado					
Código	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2570	SBKP	SBFZ	A21N	13:10:00	16:30:00
2571	SBFZ	SBKP	A21N	17:35:00	21:05:00
2601	SBEG	SBRF	A21N	03:25:00	07:20:00
2648	SBRF	SBEG	A21N	22:10:00	02:10:00
2705	SBMQ	SBBE	A21N	15:00:00	15:55:00
2705	SBBE	SBKP	A21N	17:05:00	20:35:00
2744	SBGR	SBRF	A21N	08:25:00	11:25:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2768	SBRF	SBGR	A21N	13:25:00	16:40:00
2923	SBRF	SBKP	A21N	13:00:00	16:15:00
2959	SBGR	SBRF	A21N	12:55:00	16:00:00
4026	SBPA	SBKP	A21N	05:30:00	07:10:00
4049	SBKP	SBCF	A21N	08:40:00	09:50:00
4079	SBKP	SBRF	A21N	08:15:00	11:20:00
4152	SBGR	SBRF	A21N	22:55:00	01:55:00
4153	SBRF	SBGR	A21N	03:05:00	06:15:00
4328	SBCF	SBKP	A21N	10:50:00	12:05:00
4383	SBEG	SBKP	A21N	03:20:00	07:05:00
4451	SBKP	SBEG	A21N	22:40:00	02:20:00
4619	SBRF	SBGR	A21N	08:45:00	11:55:00
4669	SBFZ	SBKP	A21N	13:40:00	17:10:00
4708	SBKP	SBPA	A21N	22:55:00	00:30:00
4712	SBKP	SBFZ	A21N	08:55:00	12:15:00
4840	SBBE	SBMQ	A21N	12:55:00	13:50:00
4840	SBKP	SBBE	A21N	08:20:00	11:45:00
4878	SBRF	SBGR	A21N	17:25:00	20:40:00
5092	SBGR	SBRF	A21N	17:50:00	20:55:00

TABELA A.6 – PHV A21N Sábado

Domingo					
Código	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2515	SBPA	SBKP	A21N	10:45:00	12:30:00
2531	SBKP	SBRF	A21N	08:15:00	11:20:00
2532	SBRF	SBKP	A21N	17:35:00	20:50:00
2601	SBEG	SBRF	A21N	03:25:00	07:20:00
2648	SBRF	SBEG	A21N	22:10:00	02:10:00
2705	SBBE	SBKP	A21N	17:05:00	20:35:00
2705	SBMQ	SBBE	A21N	15:00:00	15:55:00
2744	SBGR	SBRF	A21N	08:25:00	11:25:00
2768	SBRF	SBGR	A21N	13:25:00	16:40:00
2810	SBKP	SBRF	A21N	13:30:00	16:35:00
2912	SBSG	SBKP	A21N	17:50:00	21:20:00
2920	SBKP	SBCF	A21N	17:15:00	18:25:00
2923	SBRF	SBKP	A21N	13:00:00	16:15:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2959	SBGR	SBRF	A21N	12:55:00	16:00:00
4026	SBPA	SBKP	A21N	05:30:00	07:10:00
4049	SBKP	SBCF	A21N	08:40:00	09:50:00
4152	SBGR	SBRF	A21N	22:55:00	01:55:00
4153	SBRF	SBGR	A21N	03:00:00	06:10:00
4291	SBKP	SBSG	A21N	13:30:00	16:50:00
4328	SBCF	SBKP	A21N	10:50:00	12:05:00
4347	SBKP	SBPA	A21N	08:05:00	09:40:00
4383	SBEG	SBKP	A21N	03:20:00	07:05:00
4451	SBKP	SBEG	A21N	22:40:00	02:20:00
4619	SBRF	SBGR	A21N	08:45:00	11:55:00
4708	SBKP	SBPA	A21N	22:50:00	00:25:00
4840	SBBE	SBMQ	A21N	12:55:00	13:50:00
4840	SBKP	SBBE	A21N	08:20:00	11:45:00
4878	SBRF	SBGR	A21N	17:30:00	20:50:00
5092	SBGR	SBRF	A21N	17:50:00	20:55:00
4082	SBCF	SBKP	A21N	19:25:00	20:45:00

TABELA A.7 – PHV A21N Domingo

A.3 PHV E295

Nesta seção, é apresentado o PHV da frota de aeronaves E295 separado por dias da semana.

Segunda-feira					
Código	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2600	SBCT	SBFI	E295	13:00:00	14:15:00
2613	SBKP	SBFL	E295	08:35:00	09:50:00
2615	SBFL	SBKP	E295	15:50:00	17:05:00
2672	SBVT	SBCF	E295	10:20:00	11:20:00
2676	SBKP	SBMG	E295	13:20:00	14:45:00
2700	SBKP	SBCG	E295	18:20:00	20:05:00
2706	SBKP	SBBR	E295	06:05:00	07:40:00
2757	SBCF	SBGR	E295	17:25:00	18:40:00
2759	SBCF	SBVT	E295	08:25:00	09:30:00
2761	SBKP	SBPA	E295	21:50:00	23:35:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2762	SBPA	SBKP	E295	06:15:00	07:55:00
2784	SBKP	SBCT	E295	13:50:00	14:50:00
2806	SBKP	SBPJ	E295	13:30:00	15:45:00
2811	SBBE	SBCJ	E295	15:25:00	16:35:00
2811	SBCJ	SBCF	E295	17:25:00	19:50:00
2819	SBVT	SBCF	E295	08:10:00	09:10:00
2850	SBCG	SBKP	E295	10:35:00	12:05:00
2857	SBCF	SBCT	E295	07:55:00	09:35:00
2862	SBCT	SBKP	E295	15:50:00	16:55:00
2865	SBKP	SBCT	E295	23:35:00	00:35:00
2867	SBCF	SBGO	E295	12:55:00	14:20:00
2879	SBIZ	SBCF	E295	02:50:00	05:15:00
2897	SBKP	SBCT	E295	19:40:00	20:40:00
2907	SBKP	SBMG	E295	18:05:00	19:25:00
2921	SBKP	SBPA	E295	13:10:00	14:50:00
2928	SBPJ	SBKP	E295	16:35:00	18:50:00
2933	SBCT	SBPA	E295	17:40:00	18:50:00
2955	SBKP	SBFI	E295	08:40:00	10:15:00
2966	SBCT	SBKP	E295	08:10:00	09:10:00
2967	SBFL	SBCF	E295	05:35:00	07:20:00
4016	SBGO	SBCF	E295	10:40:00	12:00:00
4020	SBCT	SBKP	E295	19:50:00	20:50:00
4021	SBBR	SBKP	E295	20:45:00	22:30:00
4033	SBKP	SBAR	E295	23:00:00	01:35:00
4034	SBAR	SBKP	E295	02:30:00	05:15:00
4040	SBKP	SBGL	E295	18:55:00	20:05:00
4048	SBBR	SBKP	E295	08:30:00	10:10:00
4057	SBPA	SBKP	E295	14:30:00	16:10:00
4060	SBCT	SBCF	E295	05:35:00	07:05:00
4061	SBCF	SBCT	E295	23:45:00	01:25:00
4066	SBGL	SBKP	E295	09:55:00	11:10:00
4074	SBCT	SBKP	E295	11:55:00	12:55:00
4103	SBKP	SBMG	E295	09:05:00	10:25:00
4125	SBGO	SBCF	E295	15:10:00	16:30:00
4130	SBFI	SBCT	E295	11:05:00	12:10:00
4146	SBGL	SBKP	E295	20:55:00	22:10:00
4147	SBKP	SBCT	E295	10:05:00	11:05:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
4185	SBGO	SBCF	E295	19:35:00	20:55:00
4197	SBGL	SBKP	E295	12:45:00	13:55:00
4199	SBFL	SBKP	E295	05:30:00	06:45:00
4220	SBKP	SBPL	E295	23:15:00	01:50:00
4221	SBPL	SBKP	E295	02:40:00	05:20:00
4223	SBCF	SBGO	E295	08:20:00	09:50:00
4227	SBCF	SBGO	E295	17:20:00	18:45:00
4240	SBCJ	SBBE	E295	13:30:00	14:35:00
4240	SBCF	SBCJ	E295	10:05:00	12:40:00
4246	SBCF	SBFZ	E295	23:00:00	01:45:00
4279	SBMG	SBKP	E295	20:15:00	21:35:00
4282	SBKP	SBCG	E295	08:10:00	09:45:00
4285	SBCG	SBKP	E295	20:55:00	22:25:00
4296	SBKP	SBFI	E295	23:40:00	01:15:00
4297	SBFI	SBKP	E295	05:15:00	06:45:00
4304	SBKP	SBPA	E295	18:05:00	19:50:00
4310	SBVT	SBRF	E295	23:40:00	02:05:00
4312	SBKP	SBCT	E295	18:00:00	19:00:00
4314	SBRF	SBVT	E295	02:55:00	05:20:00
4338	SBKP	SBCY	E295	14:50:00	17:05:00
4339	SBCY	SBKP	E295	18:00:00	20:00:00
4340	SBKP	SBCY	E295	23:45:00	01:50:00
4341	SBCY	SBKP	E295	03:05:00	05:05:00
4368	SBKP	SBFL	E295	23:55:00	01:10:00
4384	SBKP	SBRD	E295	08:15:00	10:10:00
4385	SBRD	SBKP	E295	11:00:00	12:45:00
4395	SBBR	SBKP	E295	10:45:00	12:25:00
4401	SBCG	SBKP	E295	15:45:00	17:20:00
4409	SBPJ	SBCF	E295	04:15:00	06:05:00
4411	SBCF	SBMA	E295	23:45:00	02:20:00
4412	SBCF	SBVT	E295	21:45:00	22:50:00
4413	SBVT	SBCF	E295	06:10:00	07:10:00
4424	SBKP	SBJP	E295	23:00:00	02:10:00
4471	SBCT	SBKP	E295	06:55:00	07:55:00
4483	SBFL	SBKP	E295	10:40:00	12:00:00
4487	SBKP	SBGL	E295	10:45:00	11:55:00
4511	SBMG	SBKP	E295	11:15:00	12:30:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
4532	SBCF	SBBR	E295	17:00:00	18:20:00
4540	SBKP	SBGL	E295	08:00:00	09:05:00
4542	SBCT	SBCF	E295	10:30:00	12:00:00
4547	SBGR	SBCF	E295	19:30:00	20:45:00
4548	SBKP	SBBR	E295	18:15:00	19:55:00
4576	SBPA	SBCT	E295	15:40:00	16:50:00
4586	SBKP	SBCA	E295	08:45:00	10:10:00
4587	SBCA	SBKP	E295	11:00:00	12:20:00
4591	SBPS	SBKP	E295	15:30:00	17:30:00
4611	SBMG	SBKP	E295	15:40:00	17:05:00
4638	SBKP	SBJU	E295	22:00:00	01:00:00
4639	SBJU	SBKP	E295	01:55:00	05:00:00
4696	SBBR	SBKP	E295	15:35:00	17:15:00
4702	SBKP	SBBR	E295	08:20:00	09:55:00
4713	SBBR	SBCF	E295	14:20:00	15:35:00
4715	SBCF	SBVT	E295	06:15:00	07:20:00
4726	SBFI	SBKP	E295	15:10:00	16:40:00
4727	SBKP	SBCA	E295	17:30:00	19:00:00
4728	SBCA	SBKP	E295	19:50:00	21:10:00
4745	SBKP	SBBR	E295	13:10:00	14:45:00
4805	SBCT	SBKP	E295	21:30:00	22:35:00
4807	SBKP	SBCT	E295	06:15:00	07:20:00
4846	SBKP	SBPA	E295	11:05:00	12:50:00
4849	SBKP	SBFL	E295	13:45:00	15:00:00
4850	SBPA	SBKP	E295	19:45:00	21:30:00
4864	SBKP	SBFI	E295	17:55:00	19:30:00
4865	SBFI	SBKP	E295	20:20:00	21:50:00
4866	SBKP	SBGO	E295	06:00:00	07:30:00
4867	SBGO	SBKP	E295	08:20:00	09:50:00
4877	SBKP	SBCG	E295	13:15:00	14:55:00
4925	SBPA	SBKP	E295	20:40:00	22:20:00
4930	SBKP	SBPS	E295	13:05:00	15:00:00
4978	SBKP	SBBR	E295	22:20:00	23:55:00
5021	SBCF	SBBR	E295	12:10:00	13:30:00
5046	SBBR	SBKP	E295	05:45:00	07:25:00

TABELA A.8 – PHV E295 Segunda-feira

Terça-feira					
Código	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2600	SBCT	SBFI	E295	13:00:00	14:15:00
2613	SBKP	SBFL	E295	08:35:00	09:50:00
2615	SBFL	SBKP	E295	15:50:00	17:05:00
2672	SBVT	SBCF	E295	10:20:00	11:20:00
2676	SBKP	SBMG	E295	13:20:00	14:45:00
2681	SBCF	SBKP	E295	12:45:00	14:00:00
2700	SBKP	SBCG	E295	18:20:00	20:05:00
2706	SBKP	SBBR	E295	06:05:00	07:40:00
2736	SBJP	SBKP	E295	03:10:00	06:30:00
2759	SBCF	SBVT	E295	08:25:00	09:30:00
2761	SBKP	SBPA	E295	21:50:00	23:35:00
2762	SBPA	SBKP	E295	06:15:00	07:55:00
2784	SBKP	SBCT	E295	13:50:00	14:50:00
2800	SBCF	SBKP	E295	17:30:00	18:45:00
2806	SBKP	SBPJ	E295	13:30:00	15:45:00
2811	SBCJ	SBCF	E295	17:25:00	19:50:00
2811	SBBE	SBCJ	E295	15:25:00	16:35:00
2819	SBVT	SBCF	E295	08:10:00	09:10:00
2850	SBCG	SBKP	E295	10:35:00	12:05:00
2857	SBCF	SBCT	E295	07:55:00	09:35:00
2862	SBCT	SBKP	E295	15:50:00	16:55:00
2863	SBKP	SBCF	E295	19:40:00	20:55:00
2865	SBKP	SBCT	E295	23:35:00	00:35:00
2867	SBCF	SBGO	E295	12:55:00	14:20:00
2878	SBCF	SBIZ	E295	22:50:00	01:20:00
2897	SBKP	SBCT	E295	19:40:00	20:40:00
2921	SBKP	SBPA	E295	13:10:00	14:50:00
2928	SBPJ	SBKP	E295	16:35:00	18:50:00
2933	SBCT	SBPA	E295	17:40:00	18:50:00
2955	SBKP	SBFI	E295	08:40:00	10:15:00
2966	SBCT	SBKP	E295	08:10:00	09:10:00
4016	SBGO	SBCF	E295	10:40:00	12:00:00
4020	SBCT	SBKP	E295	19:50:00	20:50:00
4021	SBBR	SBKP	E295	20:45:00	22:30:00
4033	SBKP	SBAR	E295	23:00:00	01:35:00
4034	SBAR	SBKP	E295	02:25:00	05:10:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
4040	SBKP	SBGL	E295	18:55:00	20:05:00
4045	SBKP	SBCF	E295	10:45:00	11:55:00
4046	SBCF	SBKP	E295	16:50:00	18:05:00
4048	SBBR	SBKP	E295	08:30:00	10:10:00
4057	SBPA	SBKP	E295	14:30:00	16:10:00
4060	SBCT	SBCF	E295	05:35:00	07:05:00
4061	SBCF	SBCT	E295	23:45:00	01:25:00
4074	SBCT	SBKP	E295	11:55:00	12:55:00
4088	SBMA	SBCF	E295	03:40:00	06:10:00
4103	SBKP	SBMG	E295	09:05:00	10:25:00
4125	SBGO	SBCF	E295	15:10:00	16:30:00
4130	SBFI	SBCT	E295	11:05:00	12:10:00
4146	SBGL	SBKP	E295	20:55:00	22:10:00
4147	SBKP	SBCT	E295	10:05:00	11:05:00
4171	SBKP	SBCH	E295	17:10:00	18:40:00
4172	SBCH	SBKP	E295	19:30:00	20:55:00
4185	SBGO	SBCF	E295	19:35:00	20:55:00
4197	SBGL	SBKP	E295	12:45:00	13:55:00
4199	SBFL	SBKP	E295	05:30:00	06:45:00
4220	SBKP	SBPL	E295	23:15:00	01:50:00
4221	SBPL	SBKP	E295	02:40:00	05:20:00
4223	SBCF	SBGO	E295	08:20:00	09:50:00
4225	SBCF	SBFL	E295	21:50:00	23:40:00
4227	SBCF	SBGO	E295	17:20:00	18:45:00
4236	SBCF	SBGR	E295	13:05:00	14:25:00
4240	SBCF	SBCJ	E295	10:05:00	12:40:00
4240	SBCJ	SBBE	E295	13:30:00	14:35:00
4247	SBFZ	SBCF	E295	02:35:00	05:20:00
4282	SBKP	SBCG	E295	08:10:00	09:45:00
4285	SBCG	SBKP	E295	20:55:00	22:25:00
4296	SBKP	SBFI	E295	23:40:00	01:15:00
4297	SBFI	SBKP	E295	05:15:00	06:45:00
4304	SBKP	SBPA	E295	18:05:00	19:50:00
4310	SBVT	SBRF	E295	23:40:00	02:05:00
4312	SBKP	SBCT	E295	18:00:00	19:00:00
4314	SBRF	SBVT	E295	02:55:00	05:20:00
4322	SBKP	SBCF	E295	21:45:00	22:55:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
4338	SBKP	SBCY	E295	14:50:00	17:05:00
4339	SBCY	SBKP	E295	18:00:00	20:00:00
4340	SBKP	SBCY	E295	23:45:00	01:50:00
4341	SBCY	SBKP	E295	03:05:00	05:05:00
4368	SBKP	SBFL	E295	23:55:00	01:10:00
4384	SBKP	SBRD	E295	08:15:00	10:10:00
4385	SBRD	SBKP	E295	11:00:00	12:45:00
4395	SBBR	SBKP	E295	10:45:00	12:25:00
4401	SBCG	SBKP	E295	15:45:00	17:20:00
4412	SBCF	SBVT	E295	21:45:00	22:50:00
4413	SBVT	SBCF	E295	06:10:00	07:10:00
4424	SBKP	SBJP	E295	23:00:00	02:10:00
4471	SBCT	SBKP	E295	06:55:00	07:55:00
4483	SBFL	SBKP	E295	10:40:00	12:00:00
4487	SBKP	SBGL	E295	10:45:00	11:55:00
4511	SBMG	SBKP	E295	11:15:00	12:30:00
4532	SBCF	SBBR	E295	17:00:00	18:20:00
4533	SBBR	SBCF	E295	19:10:00	20:30:00
4542	SBCT	SBCF	E295	10:30:00	12:00:00
4548	SBKP	SBBR	E295	18:15:00	19:55:00
4576	SBPA	SBCT	E295	15:40:00	16:50:00
4586	SBKP	SBCA	E295	08:45:00	10:10:00
4587	SBCA	SBKP	E295	11:00:00	12:20:00
4591	SBPS	SBKP	E295	15:30:00	17:30:00
4611	SBMG	SBKP	E295	15:40:00	17:05:00
4638	SBKP	SBJU	E295	22:00:00	01:00:00
4639	SBJU	SBKP	E295	01:55:00	05:00:00
4667	SBKP	SBCF	E295	14:55:00	16:10:00
4696	SBBR	SBKP	E295	15:35:00	17:15:00
4702	SBKP	SBBR	E295	08:20:00	09:55:00
4713	SBBR	SBCF	E295	14:20:00	15:35:00
4715	SBCF	SBVT	E295	06:15:00	07:20:00
4726	SBFI	SBKP	E295	15:10:00	16:40:00
4727	SBKP	SBCA	E295	17:30:00	19:00:00
4728	SBCA	SBKP	E295	19:50:00	21:10:00
4745	SBKP	SBBR	E295	13:10:00	14:45:00
4789	SBCF	SBKP	E295	21:20:00	22:35:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
4805	SBCT	SBKP	E295	21:30:00	22:30:00
4807	SBKP	SBCT	E295	06:15:00	07:20:00
4846	SBKP	SBPA	E295	11:05:00	12:50:00
4849	SBKP	SBFL	E295	13:45:00	15:00:00
4850	SBPA	SBKP	E295	19:45:00	21:30:00
4864	SBKP	SBFI	E295	17:55:00	19:30:00
4865	SBFI	SBKP	E295	20:20:00	21:50:00
4877	SBKP	SBCG	E295	13:15:00	14:55:00
4925	SBPA	SBKP	E295	20:40:00	22:20:00
4930	SBKP	SBPS	E295	13:05:00	15:00:00
4978	SBKP	SBBR	E295	22:20:00	23:55:00
5021	SBCF	SBBR	E295	12:10:00	13:30:00
5031	SBGR	SBCF	E295	15:15:00	16:25:00
5046	SBBR	SBKP	E295	05:45:00	07:25:00
9101	SBKP	SBPS	E295	07:50:00	10:00:00
9102	SBPS	SBKP	E295	10:30:00	12:35:00

TABELA A.9 – PHV E295 Terça-feira

Quarta-feira					
Código	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2406	SBKP	SBFI	E295	08:40:00	10:15:00
2407	SBFI	SBKP	E295	15:10:00	16:40:00
2600	SBCT	SBFI	E295	13:00:00	14:15:00
2613	SBKP	SBFL	E295	08:35:00	09:50:00
2615	SBFL	SBKP	E295	15:50:00	17:05:00
2672	SBVT	SBCF	E295	10:20:00	11:20:00
2676	SBKP	SBMG	E295	13:20:00	14:45:00
2700	SBKP	SBCG	E295	18:20:00	20:05:00
2736	SBJP	SBKP	E295	03:10:00	06:30:00
2759	SBCF	SBVT	E295	08:25:00	09:30:00
2761	SBKP	SBPA	E295	21:50:00	23:35:00
2762	SBPA	SBKP	E295	06:15:00	07:55:00
2800	SBCF	SBKP	E295	17:30:00	18:45:00
2806	SBKP	SBPJ	E295	13:30:00	15:45:00
2811	SBCJ	SBCF	E295	17:25:00	19:50:00
2811	SBBE	SBCJ	E295	15:25:00	16:35:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2850	SBCG	SBKP	E295	10:35:00	12:05:00
2862	SBCT	SBKP	E295	15:50:00	16:55:00
2863	SBKP	SBCF	E295	19:40:00	20:55:00
2865	SBKP	SBCT	E295	23:35:00	00:35:00
2867	SBCF	SBGO	E295	12:55:00	14:20:00
2879	SBIZ	SBCF	E295	02:50:00	05:15:00
2886	SBKP	SBVT	E295	17:00:00	18:35:00
2897	SBKP	SBCT	E295	19:40:00	20:40:00
2907	SBKP	SBMG	E295	18:05:00	19:25:00
2911	SBKP	SBCY	E295	06:20:00	08:30:00
2928	SBPJ	SBKP	E295	16:35:00	18:50:00
2945	SBVT	SBKP	E295	19:25:00	21:05:00
2966	SBCT	SBKP	E295	08:10:00	09:10:00
2967	SBFL	SBCF	E295	05:35:00	07:20:00
4016	SBGO	SBCF	E295	10:40:00	12:00:00
4021	SBBR	SBKP	E295	20:45:00	22:30:00
4033	SBKP	SBAR	E295	23:00:00	01:35:00
4034	SBAR	SBKP	E295	02:25:00	05:10:00
4057	SBPA	SBKP	E295	14:30:00	16:10:00
4060	SBCT	SBCF	E295	05:35:00	07:05:00
4061	SBCF	SBCT	E295	23:45:00	01:25:00
4066	SBGL	SBKP	E295	09:55:00	11:10:00
4103	SBKP	SBMG	E295	09:05:00	10:25:00
4125	SBGO	SBCF	E295	15:10:00	16:30:00
4130	SBFI	SBCT	E295	11:05:00	12:10:00
4147	SBKP	SBCT	E295	10:05:00	11:05:00
4171	SBKP	SBCH	E295	17:10:00	18:40:00
4172	SBCH	SBKP	E295	19:30:00	20:55:00
4197	SBGL	SBKP	E295	12:45:00	13:55:00
4199	SBFL	SBKP	E295	05:30:00	06:45:00
4220	SBKP	SBPL	E295	23:15:00	01:50:00
4221	SBPL	SBKP	E295	02:40:00	05:20:00
4223	SBCF	SBGO	E295	08:20:00	09:50:00
4225	SBCF	SBFL	E295	21:50:00	23:40:00
4236	SBCF	SBGR	E295	13:05:00	14:25:00
4238	SBCY	SBKP	E295	09:25:00	11:25:00
4240	SBCF	SBCJ	E295	10:05:00	12:40:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
4240	SBCJ	SBBE	E295	13:30:00	14:35:00
4246	SBCF	SBFZ	E295	23:00:00	01:45:00
4279	SBMG	SBKP	E295	20:15:00	21:35:00
4282	SBKP	SBCG	E295	08:10:00	09:45:00
4285	SBCG	SBKP	E295	20:55:00	22:25:00
4296	SBKP	SBFI	E295	23:40:00	01:15:00
4297	SBFI	SBKP	E295	05:15:00	06:45:00
4304	SBKP	SBPA	E295	18:05:00	19:50:00
4310	SBVT	SBRF	E295	23:40:00	02:05:00
4314	SBRF	SBVT	E295	02:55:00	05:20:00
4322	SBKP	SBCF	E295	21:45:00	22:55:00
4338	SBKP	SBCY	E295	14:50:00	17:05:00
4339	SBCY	SBKP	E295	18:00:00	20:00:00
4340	SBKP	SBCY	E295	23:45:00	01:50:00
4341	SBCY	SBKP	E295	03:05:00	05:05:00
4368	SBKP	SBFL	E295	23:55:00	01:10:00
4384	SBKP	SBRD	E295	08:15:00	10:10:00
4385	SBRD	SBKP	E295	11:00:00	12:45:00
4395	SBBR	SBKP	E295	10:45:00	12:25:00
4401	SBCG	SBKP	E295	15:45:00	17:20:00
4412	SBCF	SBVT	E295	21:45:00	22:50:00
4413	SBVT	SBCF	E295	06:10:00	07:10:00
4424	SBKP	SBJP	E295	23:00:00	02:10:00
4471	SBCT	SBKP	E295	06:55:00	07:55:00
4483	SBFL	SBKP	E295	10:40:00	12:00:00
4487	SBKP	SBGL	E295	10:45:00	11:55:00
4511	SBMG	SBKP	E295	11:15:00	12:30:00
4532	SBCF	SBBR	E295	17:00:00	18:20:00
4533	SBBR	SBCF	E295	19:10:00	20:30:00
4540	SBKP	SBGL	E295	08:00:00	09:05:00
4548	SBKP	SBBR	E295	18:15:00	19:55:00
4586	SBKP	SBCA	E295	08:45:00	10:10:00
4587	SBCA	SBKP	E295	11:00:00	12:20:00
4591	SBPS	SBKP	E295	15:30:00	17:30:00
4611	SBMG	SBKP	E295	15:40:00	17:05:00
4638	SBKP	SBJU	E295	22:00:00	01:00:00
4639	SBJU	SBKP	E295	01:55:00	05:00:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
4673	SBCF	SBBR	E295	08:00:00	09:30:00
4696	SBBR	SBKP	E295	15:35:00	17:15:00
4702	SBKP	SBBR	E295	08:20:00	09:55:00
4713	SBBR	SBCF	E295	14:20:00	15:35:00
4727	SBKP	SBCA	E295	17:30:00	19:00:00
4728	SBCA	SBKP	E295	19:50:00	21:10:00
4745	SBKP	SBBR	E295	13:10:00	14:45:00
4789	SBCF	SBKP	E295	21:20:00	22:35:00
4805	SBCT	SBKP	E295	21:30:00	22:30:00
4807	SBKP	SBCT	E295	06:15:00	07:20:00
4846	SBKP	SBPA	E295	11:05:00	12:50:00
4847	SBPA	SBKP	E295	18:15:00	19:55:00
4849	SBKP	SBFL	E295	13:45:00	15:00:00
4864	SBKP	SBFI	E295	17:55:00	19:30:00
4865	SBFI	SBKP	E295	20:20:00	21:50:00
4866	SBKP	SBGO	E295	06:00:00	07:30:00
4867	SBGO	SBKP	E295	08:20:00	09:50:00
4877	SBKP	SBCG	E295	13:15:00	14:55:00
4888	SBKP	SBCF	E295	12:55:00	14:05:00
4917	SBCF	SBKP	E295	14:55:00	16:10:00
4925	SBPA	SBKP	E295	20:40:00	22:20:00
4930	SBKP	SBPS	E295	13:05:00	15:00:00
4978	SBKP	SBBR	E295	22:20:00	23:55:00
4996	SBKP	SBPA	E295	15:40:00	17:25:00
5021	SBCF	SBBR	E295	12:10:00	13:30:00
5031	SBGR	SBCF	E295	15:15:00	16:25:00
5046	SBBR	SBKP	E295	05:45:00	07:25:00
5068	SBBR	SBCF	E295	10:25:00	11:40:00
9046	SBKP	SBCT	E295	12:00:00	13:00:00
9047	SBCT	SBKP	E295	13:50:00	14:50:00

TABELA A.10 – PHV E295 Quarta-feira

Quinta-feira					
Código	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2405	SBKP	SBCN	E295	09:10:00	10:25:00
2529	SBCN	SBKP	E295	11:15:00	12:40:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2600	SBCT	SBFI	E295	13:00:00	14:15:00
2613	SBKP	SBFL	E295	08:35:00	09:50:00
2615	SBFL	SBKP	E295	15:50:00	17:05:00
2676	SBKP	SBMG	E295	13:20:00	14:45:00
2700	SBKP	SBCG	E295	18:20:00	20:05:00
2706	SBKP	SBBR	E295	06:05:00	07:40:00
2736	SBJP	SBKP	E295	03:10:00	06:30:00
2761	SBKP	SBPA	E295	21:50:00	23:35:00
2762	SBPA	SBKP	E295	06:15:00	07:55:00
2784	SBKP	SBCT	E295	13:50:00	14:50:00
2800	SBCF	SBKP	E295	17:30:00	18:45:00
2806	SBKP	SBPJ	E295	13:30:00	15:45:00
2811	SBCJ	SBCF	E295	17:25:00	19:50:00
2811	SBBE	SBCJ	E295	15:25:00	16:35:00
2819	SBVT	SBCF	E295	08:10:00	09:10:00
2832	SBGL	SBKP	E295	14:45:00	16:05:00
2843	SBKP	SBGL	E295	12:50:00	13:55:00
2850	SBCG	SBKP	E295	10:35:00	12:05:00
2862	SBCT	SBKP	E295	15:50:00	16:55:00
2863	SBKP	SBCF	E295	19:40:00	20:55:00
2865	SBKP	SBCT	E295	23:35:00	00:35:00
2867	SBCF	SBGO	E295	12:55:00	14:20:00
2897	SBKP	SBCT	E295	19:40:00	20:40:00
2907	SBKP	SBMG	E295	18:05:00	19:25:00
2921	SBKP	SBPA	E295	13:10:00	14:50:00
2928	SBPJ	SBKP	E295	16:35:00	18:50:00
2933	SBCT	SBPA	E295	17:40:00	18:50:00
2955	SBKP	SBFI	E295	08:40:00	10:15:00
2966	SBCT	SBKP	E295	08:10:00	09:10:00
2967	SBFL	SBCF	E295	05:35:00	07:20:00
4016	SBGO	SBCF	E295	10:40:00	12:00:00
4020	SBCT	SBKP	E295	19:50:00	20:50:00
4021	SBBR	SBKP	E295	20:45:00	22:30:00
4033	SBKP	SBAR	E295	23:00:00	01:35:00
4034	SBAR	SBKP	E295	02:25:00	05:10:00
4040	SBKP	SBGL	E295	18:55:00	20:05:00
4048	SBBR	SBKP	E295	08:30:00	10:10:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
4057	SBPA	SBKP	E295	14:30:00	16:10:00
4060	SBCT	SBCF	E295	05:35:00	07:05:00
4061	SBCF	SBCT	E295	23:45:00	01:25:00
4066	SBGL	SBKP	E295	09:55:00	11:10:00
4074	SBCT	SBKP	E295	11:55:00	12:55:00
4103	SBKP	SBMG	E295	09:05:00	10:25:00
4125	SBGO	SBCF	E295	15:10:00	16:30:00
4130	SBFI	SBCT	E295	11:05:00	12:10:00
4146	SBGL	SBKP	E295	20:55:00	22:10:00
4147	SBKP	SBCT	E295	10:05:00	11:05:00
4171	SBKP	SBCH	E295	17:10:00	18:40:00
4172	SBCH	SBKP	E295	19:30:00	20:55:00
4197	SBGL	SBKP	E295	12:45:00	13:55:00
4199	SBFL	SBKP	E295	05:30:00	06:45:00
4220	SBKP	SBPL	E295	23:15:00	01:50:00
4221	SBPL	SBKP	E295	02:40:00	05:20:00
4223	SBCF	SBGO	E295	08:20:00	09:50:00
4225	SBCF	SBFL	E295	21:50:00	23:40:00
4240	SBCJ	SBBE	E295	13:30:00	14:35:00
4240	SBCF	SBCJ	E295	10:05:00	12:40:00
4246	SBCF	SBFZ	E295	23:00:00	01:45:00
4247	SBFZ	SBCF	E295	02:35:00	05:20:00
4279	SBMG	SBKP	E295	20:15:00	21:35:00
4282	SBKP	SBCG	E295	08:10:00	09:45:00
4285	SBCG	SBKP	E295	20:55:00	22:25:00
4296	SBKP	SBFI	E295	23:40:00	01:15:00
4297	SBFI	SBKP	E295	05:15:00	06:45:00
4304	SBKP	SBPA	E295	18:05:00	19:50:00
4310	SBVT	SBRF	E295	23:40:00	02:05:00
4312	SBKP	SBCT	E295	18:00:00	19:00:00
4314	SBRF	SBVT	E295	02:55:00	05:20:00
4322	SBKP	SBCF	E295	21:45:00	22:55:00
4338	SBKP	SBCY	E295	14:50:00	17:05:00
4339	SBCY	SBKP	E295	18:00:00	20:00:00
4340	SBKP	SBCY	E295	23:45:00	01:50:00
4341	SBCY	SBKP	E295	03:05:00	05:05:00
4368	SBKP	SBFL	E295	23:55:00	01:10:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
4381	SBCF	SBVT	E295	18:30:00	19:30:00
4384	SBKP	SBRD	E295	08:15:00	10:10:00
4385	SBRD	SBKP	E295	11:00:00	12:45:00
4386	SBVT	SBCF	E295	20:25:00	21:25:00
4395	SBBR	SBKP	E295	10:45:00	12:25:00
4401	SBCG	SBKP	E295	15:45:00	17:20:00
4412	SBCF	SBVT	E295	21:45:00	22:50:00
4413	SBVT	SBCF	E295	06:10:00	07:10:00
4424	SBKP	SBJP	E295	23:00:00	02:10:00
4471	SBCT	SBKP	E295	06:55:00	07:55:00
4483	SBFL	SBKP	E295	10:40:00	12:00:00
4487	SBKP	SBGL	E295	10:45:00	11:55:00
4510	SBJE	SBCF	E295	14:35:00	17:20:00
4510	SBCF	SBPB	E295	09:25:00	12:15:00
4510	SBPB	SBJE	E295	13:05:00	13:45:00
4511	SBMG	SBKP	E295	11:15:00	12:30:00
4532	SBCF	SBBR	E295	17:00:00	18:20:00
4533	SBBR	SBCF	E295	19:10:00	20:30:00
4540	SBKP	SBGL	E295	08:00:00	09:05:00
4548	SBKP	SBBR	E295	18:15:00	19:55:00
4576	SBPA	SBCT	E295	15:40:00	16:50:00
4586	SBKP	SBCA	E295	08:45:00	10:10:00
4587	SBCA	SBKP	E295	11:00:00	12:20:00
4591	SBPS	SBKP	E295	15:30:00	17:30:00
4611	SBMG	SBKP	E295	15:40:00	17:05:00
4638	SBKP	SBJU	E295	22:00:00	01:00:00
4639	SBJU	SBKP	E295	01:55:00	05:00:00
4673	SBCF	SBBR	E295	08:00:00	09:30:00
4696	SBBR	SBKP	E295	15:35:00	17:15:00
4702	SBKP	SBBR	E295	08:20:00	09:55:00
4715	SBCF	SBVT	E295	06:15:00	07:20:00
4726	SBFI	SBKP	E295	15:10:00	16:40:00
4727	SBKP	SBCA	E295	17:30:00	19:00:00
4728	SBCA	SBKP	E295	19:50:00	21:10:00
4745	SBKP	SBBR	E295	13:10:00	14:45:00
4805	SBCT	SBKP	E295	21:30:00	22:30:00
4807	SBKP	SBCT	E295	06:15:00	07:20:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
4846	SBKP	SBPA	E295	11:05:00	12:50:00
4849	SBKP	SBFL	E295	13:45:00	15:00:00
4850	SBPA	SBKP	E295	19:45:00	21:30:00
4864	SBKP	SBFI	E295	17:55:00	19:30:00
4865	SBFI	SBKP	E295	20:20:00	21:50:00
4866	SBKP	SBGO	E295	06:00:00	07:30:00
4867	SBGO	SBKP	E295	08:20:00	09:50:00
4877	SBKP	SBCG	E295	13:15:00	14:55:00
4925	SBPA	SBKP	E295	20:40:00	22:20:00
4930	SBKP	SBPS	E295	13:05:00	15:00:00
4978	SBKP	SBBR	E295	22:20:00	23:55:00
5046	SBBR	SBKP	E295	05:45:00	07:25:00
5068	SBBR	SBCF	E295	10:25:00	11:40:00

TABELA A.11 – PHV E295 Quinta-feira

Sexta-feira					
Código	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2600	SBCT	SBFI	E295	13:00:00	14:15:00
2613	SBKP	SBFL	E295	08:35:00	09:50:00
2615	SBFL	SBKP	E295	15:50:00	17:05:00
2672	SBVT	SBCF	E295	10:20:00	11:20:00
2676	SBKP	SBMG	E295	13:20:00	14:45:00
2681	SBCF	SBKP	E295	12:50:00	14:05:00
2700	SBKP	SBCG	E295	18:20:00	20:05:00
2713	SBKP	SBCG	E295	23:50:00	01:25:00
2736	SBJP	SBKP	E295	03:10:00	06:30:00
2757	SBCF	SBGR	E295	17:25:00	18:40:00
2759	SBCF	SBVT	E295	08:25:00	09:30:00
2761	SBKP	SBPA	E295	21:50:00	23:35:00
2762	SBPA	SBKP	E295	06:15:00	07:55:00
2784	SBKP	SBCT	E295	13:50:00	14:50:00
2806	SBKP	SBPJ	E295	13:30:00	15:45:00
2811	SBCJ	SBCF	E295	17:25:00	19:50:00
2811	SBBE	SBCJ	E295	15:25:00	16:35:00
2819	SBVT	SBCF	E295	08:10:00	09:10:00
2850	SBCG	SBKP	E295	10:35:00	12:05:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2857	SBCF	SBCT	E295	07:55:00	09:35:00
2862	SBCT	SBKP	E295	15:50:00	16:55:00
2863	SBKP	SBCF	E295	19:40:00	20:55:00
2865	SBKP	SBCT	E295	23:35:00	00:35:00
2867	SBCF	SBGO	E295	12:55:00	14:20:00
2907	SBKP	SBMG	E295	18:05:00	19:25:00
2921	SBKP	SBPA	E295	13:10:00	14:50:00
2928	SBPJ	SBKP	E295	16:35:00	18:50:00
2933	SBCT	SBPA	E295	17:40:00	18:50:00
2955	SBKP	SBFI	E295	08:40:00	10:15:00
2966	SBCT	SBKP	E295	08:10:00	09:10:00
2967	SBFL	SBCF	E295	05:35:00	07:20:00
4016	SBGO	SBCF	E295	10:40:00	12:00:00
4020	SBCT	SBKP	E295	19:50:00	20:50:00
4021	SBBR	SBKP	E295	20:45:00	22:30:00
4033	SBKP	SBAR	E295	23:00:00	01:35:00
4034	SBAR	SBKP	E295	02:25:00	05:10:00
4040	SBKP	SBGL	E295	18:55:00	20:05:00
4043	SBKP	SBCF	E295	06:05:00	07:20:00
4045	SBKP	SBCF	E295	10:50:00	12:00:00
4046	SBCF	SBKP	E295	16:50:00	18:05:00
4048	SBBR	SBKP	E295	08:30:00	10:10:00
4057	SBPA	SBKP	E295	14:30:00	16:10:00
4060	SBCT	SBCF	E295	05:35:00	07:05:00
4061	SBCF	SBCT	E295	23:45:00	01:25:00
4066	SBGL	SBKP	E295	09:55:00	11:10:00
4074	SBCT	SBKP	E295	11:55:00	12:55:00
4096	SBCF	SBKP	E295	08:45:00	10:00:00
4103	SBKP	SBMG	E295	09:05:00	10:25:00
4125	SBGO	SBCF	E295	15:10:00	16:30:00
4130	SBFI	SBCT	E295	11:05:00	12:10:00
4146	SBGL	SBKP	E295	20:55:00	22:10:00
4147	SBKP	SBCT	E295	10:05:00	11:05:00
4171	SBKP	SBCH	E295	17:10:00	18:40:00
4172	SBCH	SBKP	E295	19:30:00	20:55:00
4197	SBGL	SBKP	E295	12:45:00	13:55:00
4199	SBFL	SBKP	E295	05:30:00	06:45:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
4220	SBKP	SBPL	E295	23:15:00	01:50:00
4221	SBPL	SBKP	E295	02:40:00	05:20:00
4223	SBCF	SBGO	E295	08:20:00	09:50:00
4225	SBCF	SBFL	E295	21:50:00	23:40:00
4236	SBCF	SBGR	E295	13:05:00	14:25:00
4240	SBCF	SBCJ	E295	10:05:00	12:40:00
4240	SBCJ	SBBE	E295	13:30:00	14:35:00
4247	SBFZ	SBCF	E295	02:35:00	05:20:00
4279	SBMG	SBKP	E295	20:15:00	21:35:00
4282	SBKP	SBCG	E295	08:10:00	09:45:00
4285	SBCG	SBKP	E295	20:55:00	22:25:00
4296	SBKP	SBFI	E295	23:40:00	01:15:00
4297	SBFI	SBKP	E295	05:15:00	06:45:00
4304	SBKP	SBPA	E295	18:05:00	19:50:00
4310	SBVT	SBRF	E295	23:40:00	02:05:00
4312	SBKP	SBCT	E295	18:00:00	19:00:00
4314	SBRF	SBVT	E295	02:55:00	05:20:00
4338	SBKP	SBCY	E295	14:50:00	17:05:00
4339	SBCY	SBKP	E295	18:00:00	20:00:00
4340	SBKP	SBCY	E295	23:45:00	01:50:00
4341	SBCY	SBKP	E295	03:05:00	05:05:00
4384	SBKP	SBRD	E295	08:15:00	10:10:00
4385	SBRD	SBKP	E295	11:00:00	12:45:00
4401	SBCG	SBKP	E295	15:45:00	17:20:00
4411	SBCF	SBMA	E295	23:45:00	02:20:00
4412	SBCF	SBVT	E295	21:45:00	22:50:00
4413	SBVT	SBCF	E295	06:10:00	07:10:00
4424	SBKP	SBJP	E295	23:00:00	02:10:00
4471	SBCT	SBKP	E295	06:55:00	07:55:00
4483	SBFL	SBKP	E295	10:40:00	12:00:00
4487	SBKP	SBGL	E295	10:45:00	11:55:00
4511	SBMG	SBKP	E295	11:15:00	12:30:00
4532	SBCF	SBBR	E295	17:00:00	18:20:00
4533	SBBR	SBCF	E295	19:10:00	20:30:00
4540	SBKP	SBGL	E295	08:00:00	09:05:00
4542	SBCT	SBCF	E295	10:30:00	12:00:00
4547	SBGR	SBCF	E295	19:45:00	21:00:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
4548	SBKP	SBBR	E295	18:15:00	19:55:00
4576	SBPA	SBCT	E295	15:40:00	16:50:00
4586	SBKP	SBCA	E295	08:45:00	10:10:00
4587	SBCA	SBKP	E295	11:00:00	12:20:00
4591	SBPS	SBKP	E295	15:30:00	17:30:00
4611	SBMG	SBKP	E295	15:40:00	17:05:00
4638	SBKP	SBJU	E295	22:00:00	01:00:00
4639	SBJU	SBKP	E295	01:55:00	05:00:00
4667	SBKP	SBCF	E295	14:55:00	16:10:00
4696	SBBR	SBKP	E295	15:35:00	17:15:00
4715	SBCF	SBVT	E295	06:15:00	07:20:00
4726	SBFI	SBKP	E295	15:10:00	16:40:00
4727	SBKP	SBCA	E295	17:30:00	19:00:00
4728	SBCA	SBKP	E295	19:50:00	21:10:00
4745	SBKP	SBBR	E295	13:10:00	14:45:00
4789	SBCF	SBKP	E295	21:20:00	22:35:00
4807	SBKP	SBCT	E295	06:15:00	07:20:00
4846	SBKP	SBPA	E295	11:05:00	12:50:00
4849	SBKP	SBFL	E295	13:45:00	15:00:00
4850	SBPA	SBKP	E295	19:45:00	21:30:00
4864	SBKP	SBFI	E295	17:55:00	19:30:00
4865	SBFI	SBKP	E295	20:20:00	21:50:00
4866	SBKP	SBGO	E295	06:00:00	07:30:00
4867	SBGO	SBKP	E295	08:20:00	09:50:00
4877	SBKP	SBCG	E295	13:15:00	14:55:00
4925	SBPA	SBKP	E295	20:40:00	22:20:00
4930	SBKP	SBPS	E295	13:05:00	15:00:00
4978	SBKP	SBBR	E295	22:20:00	23:55:00
5031	SBGR	SBCF	E295	15:15:00	16:25:00
5046	SBBR	SBKP	E295	05:45:00	07:25:00

TABELA A.12 – PHV E295 Sexta-feira

Sábado					
Código	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2400	SBKP	SBSG	E295	13:30:00	16:50:00
2401	SBSG	SBKP	E295	17:50:00	21:20:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2408	SBKP	SBPS	E295	13:15:00	15:05:00
2409	SBPS	SBKP	E295	15:35:00	17:45:00
2435	SBMO	SBCF	E295	17:05:00	19:25:00
2486	SBCF	SBMO	E295	23:50:00	02:05:00
2512	SBPS	SBAE	E295	11:00:00	13:20:00
2513	SBAE	SBPS	E295	14:40:00	17:00:00
2556	SBKP	SBJP	E295	12:50:00	16:00:00
2559	SBJP	SBKP	E295	16:55:00	20:15:00
2572	SBCF	SBRF	E295	13:40:00	16:10:00
2575	SBCF	SBMO	E295	14:00:00	16:15:00
2577	SBKP	SBPS	E295	08:45:00	10:30:00
2578	SBPS	SBKP	E295	17:30:00	19:40:00
2613	SBKP	SBFL	E295	08:45:00	10:00:00
2621	SBKP	SBCT	E295	09:05:00	10:05:00
2644	SBCF	SBKP	E295	08:30:00	09:45:00
2713	SBKP	SBCG	E295	23:50:00	01:25:00
2720	SBPA	SBKP	E295	15:45:00	17:25:00
2722	SBKP	SBPA	E295	18:15:00	19:55:00
2736	SBJP	SBKP	E295	03:10:00	06:30:00
2811	SBBE	SBCJ	E295	15:25:00	16:35:00
2811	SBCJ	SBCF	E295	17:25:00	19:50:00
2815	SBCT	SBKP	E295	10:55:00	11:55:00
2841	SBCF	SBGO	E295	21:10:00	22:35:00
2850	SBCG	SBKP	E295	10:55:00	12:25:00
2864	SBPA	SBKP	E295	07:25:00	09:05:00
2870	SBCF	SBGR	E295	08:35:00	09:50:00
2921	SBKP	SBPA	E295	13:15:00	14:55:00
2945	SBVT	SBKP	E295	19:50:00	21:30:00
2967	SBFL	SBCF	E295	05:35:00	07:20:00
4016	SBGO	SBCF	E295	10:40:00	12:00:00
4020	SBCT	SBKP	E295	20:30:00	21:30:00
4033	SBKP	SBAR	E295	23:00:00	01:35:00
4034	SBAR	SBKP	E295	02:30:00	05:15:00
4043	SBKP	SBCF	E295	06:05:00	07:20:00
4055	SBKP	SBMO	E295	23:35:00	02:25:00
4060	SBCT	SBCF	E295	05:35:00	07:05:00
4061	SBCF	SBCT	E295	23:45:00	01:25:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
4088	SBMA	SBCF	E295	03:15:00	05:45:00
4219	SBCF	SBPA	E295	22:25:00	00:45:00
4220	SBKP	SBPL	E295	23:15:00	01:50:00
4221	SBPL	SBKP	E295	02:40:00	05:20:00
4223	SBCF	SBGO	E295	08:20:00	09:50:00
4226	SBPA	SBFL	E295	21:00:00	22:00:00
4240	SBCF	SBCJ	E295	10:05:00	12:40:00
4240	SBCJ	SBBE	E295	13:30:00	14:35:00
4246	SBCF	SBFZ	E295	23:00:00	01:45:00
4282	SBKP	SBCG	E295	08:25:00	10:00:00
4297	SBFI	SBKP	E295	05:15:00	06:45:00
4303	SBPA	SBKP	E295	10:45:00	12:25:00
4314	SBRF	SBVT	E295	02:55:00	05:20:00
4322	SBKP	SBCF	E295	21:30:00	22:40:00
4338	SBKP	SBCY	E295	14:35:00	16:50:00
4340	SBKP	SBCY	E295	23:45:00	01:50:00
4341	SBCY	SBKP	E295	03:10:00	05:10:00
4347	SBKP	SBPA	E295	08:10:00	09:45:00
4361	SBCG	SBKP	E295	03:30:00	05:00:00
4384	SBKP	SBRD	E295	08:20:00	10:15:00
4385	SBRD	SBKP	E295	11:05:00	12:50:00
4413	SBVT	SBCF	E295	06:10:00	07:10:00
4424	SBKP	SBJP	E295	23:00:00	02:10:00
4471	SBCT	SBKP	E295	06:55:00	07:55:00
4483	SBFL	SBKP	E295	10:50:00	12:10:00
4503	SBRF	SBCF	E295	17:35:00	20:05:00
4504	SBJE	SBCF	E295	16:50:00	19:40:00
4510	SBCF	SBJE	E295	13:15:00	16:00:00
4539	SBCF	SBBR	E295	15:00:00	16:25:00
4570	SBGR	SBCF	E295	10:40:00	11:50:00
4627	SBCT	SBKP	E295	15:35:00	16:40:00
4629	SBKP	SBCT	E295	18:35:00	19:40:00
4638	SBKP	SBJU	E295	22:00:00	01:00:00
4639	SBJU	SBKP	E295	01:55:00	05:00:00
4684	SBKP	SBCT	E295	13:40:00	14:45:00
4698	SBKP	SBVT	E295	08:05:00	09:35:00
4723	SBBR	SBCF	E295	19:00:00	20:15:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
4761	SBKP	SBVT	E295	17:30:00	19:00:00
4763	SBKP	SBFZ	E295	22:30:00	01:50:00
4780	SBKP	SBFI	E295	11:05:00	12:45:00
4781	SBFI	SBKP	E295	13:40:00	15:15:00
4789	SBCF	SBKP	E295	21:20:00	22:35:00
4888	SBKP	SBCF	E295	13:00:00	14:10:00
5046	SBBR	SBKP	E295	05:45:00	07:25:00
5068	SBBR	SBCF	E295	10:25:00	11:40:00
5093	SBVT	SBKP	E295	10:25:00	12:05:00
9010	SBKP	SBJP	E295	09:55:00	13:05:00
9011	SBJP	SBKP	E295	13:55:00	17:15:00
9030	SBKP	SBCH	E295	07:45:00	09:15:00
9031	SBCH	SBKP	E295	10:05:00	11:30:00
9084	SBRF	SBKP	E295	10:20:00	13:35:00
9085	SBKP	SBRF	E295	06:20:00	09:25:00
9108	SBKP	SBRF	E295	12:45:00	15:55:00
9109	SBRF	SBKP	E295	16:45:00	20:00:00

TABELA A.13 – PHV E295 Sábado

Domingo					
Código	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2405	SBKP	SBCN	E295	08:45:00	10:00:00
2436	SBMO	SBCF	E295	02:55:00	05:15:00
2452	SBCF	SBSG	E295	07:55:00	10:40:00
2506	SBCF	SBPA	E295	15:40:00	18:00:00
2507	SBPA	SBCF	E295	18:50:00	21:00:00
2529	SBCN	SBKP	E295	11:00:00	12:25:00
2613	SBKP	SBFL	E295	08:30:00	09:45:00
2615	SBFL	SBKP	E295	15:45:00	17:00:00
2621	SBKP	SBCT	E295	08:45:00	09:45:00
2700	SBKP	SBCG	E295	18:20:00	20:05:00
2716	SBKP	SBPA	E295	09:25:00	11:10:00
2736	SBJP	SBKP	E295	03:10:00	06:30:00
2761	SBKP	SBPA	E295	21:40:00	23:25:00
2806	SBKP	SBPJ	E295	13:25:00	15:40:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
2811	SBBE	SBCJ	E295	15:25:00	16:35:00
2811	SBCJ	SBCF	E295	17:25:00	19:50:00
2815	SBCT	SBKP	E295	10:35:00	11:35:00
2832	SBGL	SBKP	E295	15:55:00	17:15:00
2843	SBKP	SBGL	E295	14:00:00	15:05:00
2850	SBCG	SBKP	E295	10:50:00	12:20:00
2878	SBCF	SBIZ	E295	22:50:00	01:20:00
2880	SBCF	SBGR	E295	18:55:00	20:15:00
2881	SBGR	SBCF	E295	21:20:00	22:25:00
2894	SBMO	SBKP	E295	03:25:00	06:25:00
2897	SBKP	SBCT	E295	19:40:00	20:40:00
2907	SBKP	SBMG	E295	17:55:00	19:15:00
2928	SBPJ	SBKP	E295	16:35:00	18:50:00
2957	SBGO	SBCF	E295	05:45:00	07:00:00
4009	SBVT	SBCF	E295	14:35:00	15:35:00
4016	SBGO	SBCF	E295	10:45:00	12:05:00
4021	SBBR	SBKP	E295	20:45:00	22:30:00
4033	SBKP	SBAR	E295	23:00:00	01:35:00
4034	SBAR	SBKP	E295	02:30:00	05:15:00
4061	SBCF	SBCT	E295	23:45:00	01:25:00
4066	SBGL	SBKP	E295	09:55:00	11:10:00
4074	SBCT	SBKP	E295	11:40:00	12:40:00
4094	SBCF	SBVT	E295	12:45:00	13:45:00
4103	SBKP	SBMG	E295	09:05:00	10:25:00
4147	SBKP	SBCT	E295	09:45:00	10:45:00
4171	SBKP	SBCH	E295	13:20:00	14:50:00
4172	SBCH	SBKP	E295	19:30:00	21:00:00
4185	SBGO	SBCF	E295	19:40:00	21:00:00
4220	SBKP	SBPL	E295	23:15:00	01:50:00
4221	SBPL	SBKP	E295	02:40:00	05:20:00
4223	SBCF	SBGO	E295	08:20:00	09:50:00
4225	SBCF	SBFL	E295	21:50:00	23:40:00
4227	SBCF	SBGO	E295	17:25:00	18:50:00
4229	SBFL	SBPA	E295	06:00:00	07:00:00
4240	SBCJ	SBBE	E295	13:30:00	14:35:00
4240	SBCF	SBCJ	E295	10:05:00	12:40:00
4247	SBFZ	SBCF	E295	02:35:00	05:20:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
4259	SBCG	SBKP	E295	20:55:00	22:25:00
4279	SBMG	SBKP	E295	20:15:00	21:35:00
4282	SBKP	SBCG	E295	08:10:00	09:45:00
4296	SBKP	SBFI	E295	23:40:00	01:15:00
4310	SBVT	SBRF	E295	23:40:00	02:05:00
4338	SBKP	SBCY	E295	14:35:00	16:50:00
4339	SBCY	SBKP	E295	18:00:00	20:00:00
4341	SBCY	SBKP	E295	03:10:00	05:10:00
4348	SBCH	SBFL	E295	15:40:00	16:40:00
4349	SBFL	SBCH	E295	17:35:00	18:40:00
4361	SBCG	SBKP	E295	03:30:00	05:00:00
4368	SBKP	SBFL	E295	23:55:00	01:10:00
4384	SBKP	SBRD	E295	08:25:00	10:20:00
4385	SBRD	SBKP	E295	11:15:00	13:00:00
4395	SBBR	SBKP	E295	10:45:00	12:25:00
4401	SBCG	SBKP	E295	15:40:00	17:10:00
4410	SBFL	SBKP	E295	20:15:00	21:30:00
4412	SBCF	SBVT	E295	21:45:00	22:50:00
4483	SBFL	SBKP	E295	10:35:00	11:55:00
4510	SBJE	SBCF	E295	14:25:00	17:15:00
4510	SBCF	SBPB	E295	09:10:00	12:00:00
4510	SBPB	SBJE	E295	13:00:00	13:35:00
4511	SBMG	SBKP	E295	11:15:00	12:35:00
4532	SBCF	SBBR	E295	17:00:00	18:20:00
4533	SBBR	SBCF	E295	19:45:00	21:05:00
4539	SBCF	SBBR	E295	13:00:00	14:25:00
4540	SBKP	SBGL	E295	08:00:00	09:05:00
4548	SBKP	SBBR	E295	18:15:00	19:55:00
4570	SBGR	SBCF	E295	10:40:00	11:50:00
4574	SBPA	SBCF	E295	05:25:00	07:30:00
4586	SBKP	SBCA	E295	12:55:00	14:20:00
4587	SBCA	SBKP	E295	15:20:00	16:40:00
4591	SBPS	SBKP	E295	15:30:00	17:30:00
4604	SBCF	SBRF	E295	23:05:00	01:30:00
4638	SBKP	SBJU	E295	22:00:00	01:00:00
4639	SBJU	SBKP	E295	01:55:00	05:00:00
4696	SBBR	SBKP	E295	15:35:00	17:15:00

Codigo	AeroportoSai	AeroportoChe	Tipo	HorSai	HorChe
4702	SBKP	SBBR	E295	08:20:00	09:55:00
4713	SBBR	SBCF	E295	15:15:00	16:30:00
4727	SBKP	SBCA	E295	17:30:00	19:00:00
4728	SBCA	SBKP	E295	19:50:00	21:10:00
4745	SBKP	SBBR	E295	13:05:00	14:40:00
4805	SBCT	SBKP	E295	21:30:00	22:35:00
4817	SBGO	SBPJ	E295	01:10:00	02:30:00
4819	SBPJ	SBGO	E295	03:35:00	04:55:00
4821	SBPA	SBCT	E295	17:40:00	18:50:00
4849	SBKP	SBFL	E295	13:40:00	14:55:00
4864	SBKP	SBFI	E295	17:50:00	19:25:00
4865	SBFI	SBKP	E295	20:15:00	21:45:00
4877	SBKP	SBCG	E295	13:10:00	14:50:00
4915	SBCT	SBCF	E295	05:35:00	07:05:00
4918	SBKP	SBFL	E295	18:10:00	19:25:00
4930	SBKP	SBPS	E295	13:05:00	15:00:00
4978	SBKP	SBBR	E295	22:20:00	23:55:00
5056	SBFZ	SBKP	E295	03:50:00	07:20:00
5062	SBCF	SBGR	E295	08:35:00	09:50:00
5098	SBPA	SBKP	E295	08:00:00	09:40:00
8798	SBPA	SULS	E295	12:30:00	13:55:00
8799	SULS	SBPA	E295	14:55:00	16:10:00

TABELA A.14 – PHV E295 Domingo

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO			
1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 13 de novembro de 2023	3. REGISTRO Nº DCTA/ITA/TC-088/2023	4. Nº DE PÁGINAS 98
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Otimização de roteirização de frotas por meio de modelagem computacional.			
6. AUTOR(ES): Ricardo Pereira Vilalba			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Roteirização de frota, Programação linear inteira mista, Modelagem computacional			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Otimização; Frotas aéreas; Modelos matemático; Programação linear; Programas de computadores; Pesquisa operacional.			
10. APRESENTAÇÃO: (X) Nacional () Internacional ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientador: Prof. Dr. Marcelo Xavier Guterres; coorientador: Prof. Dr. Ernesto Cordeiro Marujo. Publicado em 2023.			
11. RESUMO: O Planejamento Operacional de uma companhia aérea é uma peça fundamental na manutenção da empresa em um mercado caracterizado como competitivo. Nesse contexto, decisões, como em quais voos cada aeronave da frota irá atuar, podem ter um impacto decisivo no produto oferecido pela companhia. Dessa forma, a pesquisa operacional, mais precisamente a programação linear inteira mista, se torna uma importante ferramenta no apoio do processo decisório da roteirização de frotas de aeronaves. Assim, este trabalho analisou um modelo matemático proposto na década de 1980 e, por meio de modelos encontrados na literatura, adaptou-o às demandas contemporâneas de inspeções de manutenção. Além disso, através de dados voos da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), realizou-se a roteirização de duas frotas de aeronaves de uma das três maiores companhias aéreas do Brasil. Os resultados obtidos refletem um cenário realista e, através de análises de sensibilidade, identificou-se o impacto de variáveis como o tempo de apronto de aeronaves no sequenciamento de voos.			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () SECRETO			