JOÃO CARLOS MEDAU

ANÁLISE DE CAPACIDADE DO LADO AÉREO DE AEROPORTOS
BASEADA EM SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL: APLICAÇÃO AO
AEROPORTO DE SÃO PAULO – CONGONHAS

São Paulo
2011

JOÃO CARLOS MEDAU

ANÁLISE DE CAPACIDADE DO LADO AÉREO DE AEROPORTOS
BASEADA EM SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL: APLICAÇÃO AO
AEROPORTO DE SÃO PAULO – CONGONHAS

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia

São Paulo
2011

JOÃO CARLOS MEDAU

ANÁLISE DE CAPACIDADE DO LADO AÉREO DE AEROPORTOS
BASEADA EM SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL: APLICAÇÃO AO
AEROPORTO DE SÃO PAULO – CONGONHAS

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia

Área de Concentração:
Engenharia de Transportes

Orientador:
Prof. Dr. Nicolau D. Fares Gualda

São Paulo
2011

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 01 de julho de 2011.

Assinatura do autor

Assinatura do orientador

FICHA CATALOGRÁFICA

Medau, João Carlos

Análise de capacidade do lado aéreo de aeroportos baseada em simulação computacional: aplicação ao aeroporto de São Paulo - Congonhas / J.C. Medau. – ed.rev. -- São Paulo, 2011. 120p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes.

**1. Operações de transportes (Simulação computacional)
2. Aeroportos 3. Capacidade de tráfego 4. Serviços (Nível) I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Transportes II. t.**

DEDICATÓRIA

À minha família

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Nicolau Gualda pela confiança, pelos ensinamentos e pela orientação durante toda a execução deste trabalho, e também por mostrar os desafios empolgantes da Engenharia de Transportes.

Aos Professores Cláudio Barbieri da Cunha e Orlando Strambi pelos ensinamentos.

À Professora Cristina Belderrain pelo constante incentivo desde a graduação para que eu realizasse o Mestrado.

Ao Rodrigo Moser e Gregory Bradford pela ajuda e suporte com o Visual SIMMOD.

Aos amigos, funcionários e colegas do Departamento de Engenharia de Transportes da POLI pela ajuda e convivência durante todo o curso.

RESUMO

O tráfego aéreo brasileiro aumentou sensivelmente nos últimos anos e tem previsões de aumento acima da média mundial para as próximas duas décadas, chegando a 7,3% ao ano. Por outro lado, importantes aeroportos brasileiros já apresentam sinais de congestionamento e políticas de restrição são necessárias para manter os níveis de serviço oferecido às aeronaves e passageiros acima de um limite mínimo aceitável. Este trabalho apresenta uma metodologia baseada em modelos de simulação para analisar a capacidade do lado aéreo de aeroportos. Seu propósito é determinar o fluxo máximo de tráfego, mantendo o nível de serviço acima de um valor pré-definido, levando a atrasos aceitáveis para aeronaves aguardando na fila para decolagem. Para desenvolver o estudo, foi utilizado o *software* Visual SIMMOD e a metodologia apresentada foi aplicada ao Aeroporto de São Paulo – Congonhas. Os resultados das simulações mostram que o aeroporto está saturado, com um volume de tráfego que leva a um nível de serviço inadequado. Para atingir um nível de serviço adequado, uma redução de tráfego é necessária. Outros cenários de simulação mostram que o nível de serviço pode ser melhorado com mudanças em procedimentos de controle de tráfego aéreo, envolvendo separações nas decolagens e aproximações, e também com a substituição de aeronaves turbo hélices por jatos.

Palavras Chave: Simulação. Aeroporto. Nível de Serviço. Visual SIMMOD.

ABSTRACT

The Brazilian air traffic has increased significantly in recent years and is expected to increase above the world average for the next two decades, reaching 7,3% per year. Furthermore, major Brazilian airports are already showing signs of congestion and restriction policies are necessary to keep the level of service (LOS) offered to passengers and aircraft above a minimum acceptable. This work presents a methodology based on simulation models to analyze the capacity of the airside of airports. Its purpose is to determine the maximum flow of traffic while keeping LOS above a minimum level, leading to acceptable delays for aircraft waiting in line for takeoff. To develop the study, Visual SIMMOD software was used and the proposed methodology was applied to Sao Paulo – Congonhas Airport. The simulation results show that the airport is saturated with a volume of air traffic that leads to an inadequate LOS. To achieve an adequate LOS, a reduction in traffic is needed. Other simulation scenarios show that the LOS can be improved with changes in ATC procedures involving separations in takeoffs and approaches, and also the replacement of turbo prop aircraft by jets.

Keywords: Simulation. Airport. Level of service. Visual SIMMOD.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes de um aeroporto	18
Figura 2 - Atrasos para decolagem em função do volume de tráfego	20
Figura 3 - Balanceamento de capacidade de componentes de um sistema	21
Figura 4 - Regiões de informação de voo do Brasil.....	34
Figura 5 - Classificação dos espaços aéreos ATS	36
Figura 6 - Separação mínima entre decolagens.....	39
Figura 7 - Separação mínima entre decolagens com cruzamento em altitude.....	39
Figura 8 - Esteira de turbulência	40
Figura 9 - Separação entre decolagens – 2 minutos.....	42
Figura 10 - Separação entre decolagens de pontos intermediários da pista – 3 minutos.....	42
Figura 11 - Localização do Aeroporto de Congonhas	50
Figura 12 - Comparativo de movimentos realizados e previstos	51
Figura 13 - Planta do Aeroporto de Congonhas	52
Figura 14 - Pátio de aeronaves comerciais	53
Figura 15 - Perfil lateral da TMA São Paulo	55
Figura 16 - Perfil vertical da TMA São Paulo.....	55
Figura 17 - Representação do Aeroporto de Congonhas no Visual SIMMOD	57
Figura 18 - Rotas de saída (SID) e chegadas (STAR) modeladas no SIMMOD	58
Figura 19 - Movimentos por hora em Congonhas	59
Figura 20 - Verificação de rotas de solo com a ferramenta <i>Animator</i>	60
Figura 21 - Comparação entre movimentos previstos e simulados.....	61
Figura 22 - Distribuição atual de <i>slots</i> e envelopes de capacidade de Congonhas...	63
Figura 23 - Atraso médio em função do volume de tráfego – separação de 7NM / 90 segundos.....	69
Figura 24 - Decomposição do atraso médio para decolagem – separação 7NM / 90 segundos.....	70
Figura 25 - Taxa de ocupação das posições de estacionamento - cenário 7NM / 90 segundos.....	71
Figura 26 - Comparação entre os cenários simulados	73

Figura 27 - Comparação entre os cenários com substituição de turbo-hélices por jatos.....	73
Figura 28 - Comparação entre os cenários com reorganização de <i>slots</i>	74
Figura 29 - Diferenças entre movimentos previstos e realizados no cenário de validação	88
Figura 30 - Saídas APIT, AVEX e KING.....	89
Figura 31 - Saída DIADEMA	90
Figura 32 - Saída DUMO.....	91
Figura 33 - Chegada CELSO 17	92
Figura 34 - Chegada REDE 17.....	93
Figura 35 - <i>Turn around time</i> para aeronaves ATR 42-300.....	94
Figura 36 - <i>Turn around time</i> para aeronaves Airbus A319	95
Figura 37 - <i>Turn around time</i> para aeronaves Airbus A320	96
Figura 38 - <i>Turn around time</i> para aeronaves Boeing 737-100/200/300/400/500	97
Figura 39 - <i>Turn around time</i> para aeronaves Boeing 737-700.....	98
Figura 40 - <i>Turn around time</i> para aeronaves Boeing 737-800.....	99
Figura 41 - <i>Turn around time</i> para aeronaves Fokker 100	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Nível de serviço em função do atraso médio dos voos	20
Tabela 2 - Mínimos de separação de esteira de turbulência	41
Tabela 3 - Separação mínima entre aeronaves em aproximação para Congonhas..	56
Tabela 4 - Alocação de <i>slots</i> para voos comerciais	59
Tabela 5 - Quantidade de voos simulados por rota.....	61
Tabela 6 - Atraso médio - cenário simulado: 7NM / 90 seg.....	63
Tabela 7 - Atraso médio - cenário simulado: 7NM / 60 seg.....	64
Tabela 8 - Atraso médio - cenário simulado: 5NM / 90 seg.....	65
Tabela 9 - Atraso médio - cenário simulado: 5NM / 60 seg.....	66
Tabela 10 - Atraso médio - cenário simulado: aeronaves a jato.....	66
Tabela 11 - Exemplo de decolagens sucessivas usando a mesma SID	67
Tabela 12 - Atraso médio por cenário simulado – reorganização de <i>slots</i>	67
Tabela 13 - Comparação entre os cenários simulados	72
Tabela 14 - Movimentos previstos e realizados no cenário de validação.....	87

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
APP	Approach Control (Controle de Aproximação)
ATM	Air Traffic Management (Gerenciamento de Tráfego Aéreo)
ATS	Air Traffic Service (Serviço de Tráfego Aéreo)
ATZ	Air Traffic Zone (Zona de Tráfego de Aeródromo)
AWY	Airway (Aerovia)
CAA	Civil Aviation Authority (Autoridade de Aviação Civil)
CASA	Civil Aviation Safety Authority (Autoridade de Segurança de Aviação Civil)
CGNA	Centro de Gerenciamento de Navegação Aérea
CTR	Control Zone (Zona de Controle)
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DEP	Departure (Decolagem)
DME	Distance Measurement Equipment (Equipamento Medidor de Distância)
EUROCONTROL	European Organization for the Safety of Air Navigation (Organização Europeia para Segurança da Navegação Aérea)
FAA	Federal Aviation Administration (Administração Federal de Aviação)
FIR	Flight Information Region (Região de Informação de Voo)
GNSS	Global Navigation Satellite System (Sistema de Navegação Global por Satélite)
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)

IATA	International Air Transportation Association (Associação Internacional de Transporte Aéreo)
ICA	Instrução do Comando da Aeronáutica
ICAO	International Civil Aviation Organization (Organização de Aviação Civil Internacional)
IFR	Instrument Flight Rules (Regras de Voo por Instrumentos)
ILS	Instrument Landing System (Sistema de Pouso por Instrumentos)
LDG	Landing (Pouso)
MTC	Metropolitan Transportation Commission
NATS	National Air Traffic Services (Serviços de Tráfego Aéreo Nacionais)
PBN	Performance Based Navigation (Navegação Baseada em Performance)
PRM	Precision Runway Monitor (Monitoramento Preciso de Pista)
REA	Rotas Especiais de Aeronaves em Voo Visual
REH	Rotas Especiais de Helicópteros
SID	Standard Instrument Departure (Subida Padrão por Instrumentos)
SOIA	Simultaneous Offset Instrument Approach (Aproximações por Instrumentos Simultâneas e Defasadas)
STAR	Standard Terminal Arrival Route
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infra-estrutura Aeroportuária
TMA	Terminal Control Area (Área de Controle Terminal)

UIR	Upper Flight Information Region (Região Superior de Informação de Voo)
VAL	Visual Approach Chart (Carta de Aproximação Visual)
VFR	Visual Flight Rules (Regras de Voo Visual)
VOR	VHF Omnidirectional Range

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVO	16
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
2. REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 ENFOQUE SISTÊMICO.....	18
2.2 CAPACIDADE E NÍVEL DE SERVIÇO	19
2.3 BALANCEAMENTO DE CAPACIDADE.....	21
2.4 CARACTERIZAÇÃO DE MODELOS	22
2.5 <i>SOFTWARE</i> DE SIMULAÇÃO.....	23
2.6 TRABALHOS RELACIONADOS.....	28
2.7 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	32
3. ESPAÇO AÉREO	33
3.1 ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO	33
3.2 CLASSIFICAÇÃO DO ESPAÇO AÉREO	35
3.3 REGRAS DE TRÁFEGO AÉREO.....	37
3.3.1 SEPARAÇÃO RADAR.....	37
3.3.2 SERVIÇOS ATS	39
3.4 ESTEIRA DE TURBULÊNCIA	40
3.4.1 CLASSIFICAÇÃO DAS AERONAVES	41
3.4.2 SEPARAÇÃO NA APROXIMAÇÃO.....	41
3.4.3 SEPARAÇÃO NA DECOLAGEM.....	42
3.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	43
4. METODOLOGIA	44
4.1 IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA	44
4.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	44
4.3 MEDIDAS DE RENDIMENTO CONSIDERADAS	45
4.4 CONSTRUÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO	46
4.4.1 REPLICAÇÕES	47
4.4.2 VALIDAÇÃO DO MODELO	47
4.5 GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA SOLUÇÃO DO PROBLEMA	47

4.5.1 VARIAÇÕES DE DEMANDA	48
4.6 AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DAS ALTERNATIVAS	48
4.7 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	48
5. APLICAÇÃO AO AEROPORTO DE CONGONHAS	50
5.1 CARACTERÍSTICAS DO AEROPORTO	51
5.2 ÁREA TERMINAL DE SÃO PAULO	54
5.2.1 REGRAS DE TRÁFEGO AÉREO ESPECÍFICAS	56
5.3 MODELO CONSTRUÍDO	56
5.4 DADOS DE DEMANDA.....	58
5.5 VALIDAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO	60
5.6 CENÁRIOS ALTERNATIVOS	62
5.6.1 CENÁRIO ATUAL.....	63
5.6.2 SEPARAÇÃO DE 60 SEGUNDOS ENTRE DECOLAGENS.....	64
5.6.3 SEPARAÇÃO DE 5NM ENTRE APROXIMAÇÕES.....	64
5.6.4 COMBINAÇÃO DOS CENÁRIOS DE 60 SEGUNDOS E 5NM	65
5.6.5 SUBSTITUIÇÃO DE AERONAVES TURBO-HÉLICES POR JATOS.....	65
5.6.6 REORGANIZAÇÃO DA TABELA DE ALOCAÇÃO DE <i>SLOTS</i>	66
5.7 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO.....	67
6. ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS.....	69
6.1 COMPARAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS	72
6.2 SUBSTITUIÇÃO DE AERONAVES TURBO-HÉLICES POR JATOS.....	72
6.3 REORGANIZAÇÃO DA TABELA DE <i>SLOTS</i>	74
6.4 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	74
7. CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS	76
REFERÊNCIAS.....	79
APÊNDICE A – FUNCIONAMENTO DO SOFTWARE SIMMOD	84
APÊNDICE B – VALIDAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO	87
ANEXO A – SAÍDAS (SID) E CHEGADAS (STAR) DE CONGONHAS.....	89
ANEXO B – DIAGRAMAS DE OCUPAÇÃO DO ESTACIONAMENTO	94
ANEXO C – TABELAS DE VOOS SIMULADOS	101

C.1 – INDICADORES DE LOCALIDADES	101
C.2 - ALOCAÇÃO DE <i>SLOTS</i> PARA VOOS COMERCIAIS EM CONGONHAS	102
C.3 – VOOS EXCLUÍDOS PARA REDUÇÃO DE 5% NO VOLUME DE TRÁFEGO.....	114
C.4 – VOOS EXCLUÍDOS PARA REDUÇÃO DE 10% NO VOLUME DE TRÁFEGO.....	115
C.5 – VOOS EXCLUÍDOS PARA REDUÇÃO DE 15% NO VOLUME DE TRÁFEGO.....	117
C.6 – VOOS COM HORÁRIOS REORGANIZADOS	119

1. INTRODUÇÃO

Estudos realizados pela indústria aeronáutica apontam que a crise econômica de 2009 foi superada, tendo causado uma redução de 2% no tráfego de passageiros nesse ano. Com a retomada do crescimento, a projeção de expansão da economia global é de 3,2% ao ano até 2029 e, nesse contexto, a América Latina tem uma projeção de crescimento acima da média mundial, chegando a 4% ao ano (BOEING, 2010).

Acompanhando as tendências de crescimento da economia, os maiores fabricantes de aeronaves comerciais (Boeing e Airbus) projetam um aumento de quase 100% na frota mundial em 20 anos, passando de 19.000 aeronaves em 2009 para mais de 36.000 em 2029, sendo que 77% desse aumento de frota é de jatos comerciais médios (*single aisle aircraft*).

No Brasil, o tráfego de passageiros apresenta um crescimento de 7,3% ao ano, com projeções de aumento no tráfego de aeronaves chegando a mais de 3.400.000 movimentos de decolagens e pousos em 2025 (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2005). Outros estudos, porém, apontam que os aeroportos brasileiros já apresentam sinais de congestionamento, não sendo capazes de absorver a demanda prevista para o futuro. Esta deficiência poderá levar a sérias restrições no tráfego aéreo e até mesmo a reduções no crescimento econômico, caso investimentos não sejam realizados para construção e ampliação de aeroportos (EMBRAER, 2010).

As previsões de aumento de demanda e congestionamentos podem levar a uma degradação do nível de serviço oferecido a aeronaves e passageiros. Nesse sentido, ferramentas de avaliação de capacidade e nível de serviço têm um papel importante, ajudando a determinar gargalos e apontando possíveis soluções para adequação da capacidade da infra-estrutura aeroportuária instalada.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia de avaliação de capacidade associada a nível de serviço do lado aéreo de aeroportos, incluindo pátios de estacionamento, pistas de táxi, pistas de pouso e espaço aéreo adjacente e, também, aplicar a metodologia descrita ao Aeroporto de São Paulo – Congonhas.

As análises de capacidade serão realizadas no cenário de operação atual, considerando a demanda presente e as regras de tráfego aéreo aplicadas, bem como em cenários com aumento e diminuição de demanda, variações nas regras de tráfego aéreo, especialmente em relação aos mínimos de separação aplicados às aeronaves e, também, impactos associados a trocas de modelos de aeronaves.

1.2 Estrutura do Trabalho

O capítulo 2 apresenta os conceitos necessários para o desenvolvimento do estudo, fruto de pesquisa na literatura existente, incluindo abordagem sistêmica, capacidade associada a nível de serviço, modelos de simulação, *software* de simulação, bem como uma revisão de diversos outros trabalhos que empregam simulação aeroportuária.

O capítulo 3 apresenta uma revisão a respeito de classificação do espaço aéreo e das regras de tráfego aéreo aplicáveis, com ênfase àquelas que afetam as aeronaves quando no entorno de aeroportos, durante as fases de saída ou aproximação.

O capítulo 4 apresenta a descrição da metodologia proposta com a aplicação do método científico e do enfoque sistêmico, incluindo a formulação do problema, a definição das medidas de desempenho utilizadas, a criação dos cenários de simulação, a geração, a análise e a escolha de alternativas.

O capítulo 5 inicia-se com a apresentação das características do Aeroporto de Congonhas, além de trazer a aplicação da metodologia proposta a esse aeroporto, com detalhes da construção e validação de um modelo base. Em seguida, são

apresentados cenários alternativos, com variações na demanda, modificações na separação entre decolagens, entre pousos, a combinação das mudanças de separação com os diferentes volumes de aeronaves e combinações de mudanças de separação, variações na demanda e substituição de aeronaves turbo-hélices por jatos.

O capítulo 6 apresenta a análise dos resultados obtidos nas simulações.

O capítulo 7 apresenta as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Enfoque Sistêmico

Sistema pode ser definido como uma coleção de componentes, conectados por algum tipo de interação ou relacionamento, sendo capaz de responder a estímulos ou demandas e de realizar algum propósito ou função (MEREDITH et al. apud GUALDA, 1995). Para realizar estudos acerca de um aeroporto é necessário, inicialmente, identificar seus subsistemas e componentes.

Um aeroporto pode ser considerado um sistema e dividido em subsistemas, onde destacam-se o lado terrestre e o lado aéreo. O lado aéreo, objeto de estudo deste trabalho, é composto pelas pistas de pouso, pistas de táxi, pátios de estacionamento, baías de espera e o espaço aéreo adjacente ao aeroporto. A figura 1 mostra a divisão de um aeroporto e seus principais componentes.

Figura 1 – Componentes de um aeroporto
Fonte: (MOSER, 2007)

2.2 Capacidade e Nível de Serviço

Para a realização de estudos de capacidade de um sistema é necessário definir quais os níveis de serviço que deverão ser oferecidos pelo sistema aos seus usuários. Existem na literatura diversas definições de nível de serviço. No estudo de terminais de passageiros, Müller (1987) define nível de serviço como a percepção dos passageiros em relação à experiência a que foram submetidos no terminal. Kazda e Caves (2008) e Alves (1981) apresentam uma escala adotada pela IATA que relaciona o nível de serviço oferecido aos passageiros com a área dos recintos do terminal destinados a cada atividade. De uma forma mais genérica, Gualda (1978 e 1995) considera nível de serviço como a qualidade do serviço oferecido pelo terminal e que pode ser medido, como exemplo, por comprimentos de filas a serem enfrentadas pelos passageiros, pelas cargas ou pelos veículos que os transportam, por tempos de espera em fila ou aguardando um serviço, por tempos de processamento ou de atendimento, e pelo conforto oferecido aos usuários do terminal.

Para cada componente de um sistema é necessário utilizar uma medida adequada de nível de serviço. Para componentes do terminal de passageiros, pode-se considerar medidas de filas de passageiros ou de percepção de conforto. Já para o lado aéreo, pode-se utilizar o comprimento de filas de aeronaves ou atrasos sofridos pelas aeronaves que pretendem decolar ou aguardam uma posição de estacionamento, após o pouso.

Capacidade de um terminal ou de seus subsistemas pode ser entendida como o nível máximo de um tipo de demanda que pode ser imposto ao terminal, em um dado período de tempo, sem violar nenhum dos critérios de níveis de serviço estipulados para o terminal como um todo ou para qualquer dos seus subsistemas ou componentes (GUALDA, 1995).

Para o lado aéreo de um aeroporto, pode-se definir sua capacidade como o número máximo de aeronaves que podem operar no aeroporto em um dado período, sem que o atraso imposto às aeronaves exceda um valor máximo estipulado. A ICAO recomenda que a capacidade seja definida em termos de quantidade de movimentos

por hora, podendo, depois, ser estendida a valores diários, mensais, anuais, etc. (ICAO, 2007).

Estudos mostram que os atrasos aumentam exponencialmente quando um sistema opera próximo ao limite de capacidade. A figura 2 mostra a relação teórica entre o aumento de atrasos de aeronaves aguardando para decolagem em função do número de movimentos na pista de pouso.

Figura 2 - Atrasos para decolagem em função do volume de tráfego
Fonte: Adaptado de HORONJEFF e MCKELVEY (1994)

Em estudos realizados para os aeroportos da área de São Francisco, Estados Unidos, a MTC (2000) adota a escala de nível de serviço apresentada na tabela 1.

Tabela 1 - Nível de serviço em função do atraso médio dos voos
Fonte: (MTC, 2000)

Tempo médio de atraso	Nível de Serviço
0 a 3 minutos	Fluxo livre com pequenos efeitos adversos no sistema
3 a 5 minutos	Aceitável
5 a 7 minutos	Congestionado
7 a 9 minutos	Seramente congestionado
Mais de 9 minutos	Saturado

Combinando-se as definições anteriores, pode-se afirmar que a capacidade do lado aéreo de um aeroporto é a quantidade máxima de aeronaves que podem operar em uma hora sem que o atraso médio sofrido pelas aeronaves ultrapasse cinco minutos.

2.3 Balanceamento de Capacidade

Uma vez que a capacidade de um terminal está limitada pelo componente mais restritivo, é importante que a capacidade dos diversos componentes esteja balanceada. No âmbito do lado aéreo de um aeroporto, deve-se, então, analisar o balanceamento entre as capacidades das pistas de pouso, das pistas de táxi, das posições de estacionamento e do espaço aéreo por onde chegam e saem aeronaves. A Figura 3 ilustra o conceito de capacidade associada a níveis de serviço e o balanceamento de capacidades necessário entre os diversos componentes de um sistema. A figura mostra que os componentes 1 e n estão operando com sobra de capacidade, com conseqüente folga de nível de serviço. Já o componente 2 está operando no limite de sua capacidade e, nessas condições, qualquer aumento de demanda no subsistema i implicará violação do nível de serviço deste componente. Sendo assim, pode-se afirmar que o terminal está operando no limite de sua capacidade, imposto pelo componente 2.

Figura 3 - Balanceamento de capacidade de componentes de um sistema
Fonte: (GUALDA, 1978)

2.4 Caracterização de Modelos

Um modelo pode ser definido como uma representação explícita e simplificada de parte do mundo real - o sistema que se deseja estudar - concentrado em certos elementos considerados importantes para sua análise, por pessoas que desejam usá-lo para entender, modificar, administrar e controlar parte da realidade. (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2001 e PIDDA, 1999).

Gualda (1995) divide os modelos da seguinte forma:

- **Ícônicos:** Também conhecidos como modelos físicos, são representações de um sistema construídas em escala, como as maquetes;
- **Analógicos:** São representações esquemáticas, como desenhos ou plantas baixas;
- **Matemáticos:** Representações de problemas por meio de fórmulas matemáticas, onde enquadram-se os modelos oriundos da pesquisa operacional.

Santana (2002) e Barragan (2009) dividem os modelos de análise de aeroportos em três categorias:

- **Empíricos:** Modelos baseados em pesquisas de tráfego, a partir das quais são construídos gráficos e tabelas para a estimativa de capacidade;
- **Analíticos:** Modelos matemáticos, baseados na Teoria de Filas, que utilizam fórmulas para calcular a capacidade de componentes, como o conjunto de pistas de pousos ou o pátio de estacionamento. Um exemplo é o modelo chamado *Airport Capacity Model*, desenvolvido pela FAA. Trata-se de um *software* que calcula a taxa máxima de operações de pousos e decolagens em um sistema de pistas baseado em demanda contínua. A capacidade é estimada determinando-se o tempo mínimo de intervalo entre aproximações e invertendo-se esse tempo para encontrar o número máximo de aproximações por hora. A quantidade máxima de decolagens possíveis nos intervalos entre as aproximações é então, calculada (SWEDISH, 1981). Os modelos analíticos, em geral, são aplicados a componentes do sistema e não são tão precisos quanto os modelos de simulação, mas servem para obter resultados

preliminares de capacidade rapidamente e também para estabelecer comparações iniciais entre diferentes sistemas de pistas.

- **Simulações:** Imitações do funcionamento de um sistema real mostrando sua evolução ao longo do tempo (WINSTON, 2004). Normalmente constituem-se de um *software* baseado em fórmulas matemáticas e restrições lógicas para possibilitar a imitação do funcionamento do sistema real, geralmente em tempo acelerado (*fast time simulation*). Baseados em dados e restrições de entrada, como volume e regras de tráfego aéreo, por exemplo, mostram resultados do funcionamento do sistema em métricas desejadas, como tempos de voo, atrasos, etc.

Os modelos de simulação possuem ainda outras características que permitem sua classificação em diferentes tipos. Do ponto de vista da representação no tempo, um modelo pode ser discreto ou contínuo. Modelo discreto é aquele onde suas variáveis mudam de valor em posições discretas ou contáveis do tempo. Modelo contínuo é aquele onde suas variáveis mudam de valor continuamente no tempo. Podem ser ainda classificados em estáticos e dinâmicos: modelos estáticos representam o sistema num particular instante definido e fixo do tempo. Já modelos dinâmicos são capazes de mostrar as modificações e evoluções do sistema ao longo de um período de tempo.

Considerando os valores que podem ser assumidos por suas variáveis, um modelo pode ser classificado em determinístico ou estocástico: modelo determinístico é aquele que não contém variáveis aleatórias e suas variáveis assumem sempre o mesmo valor quando diversas iterações são repetidas. Os modelos estocásticos possuem variáveis aleatórias e seus valores podem-se modificar em diferentes iterações, geralmente associados a distribuições de probabilidades.

2.5 *Software* de Simulação

Diversos *software* têm sido utilizados para construir modelos de simulação de aeroportos e de tráfego aéreo. Alguns são especificamente desenvolvidos para esse tipo de simulação, com regras de tráfego aéreo já pré-definidas e com interfaces gráficas que facilitam a modelagem de procedimentos de saída e chegada de

aeronaves. Outros são *software* de simulação de uso geral, que permitem simulações de muitos tipos de sistemas, desde filas de pessoas até de aeronaves. A seguir são apresentadas as principais características de algumas dessas aplicações.

- **ARENA** - O ARENA é um *software* de simulação lançado em 1993 pela empresa *Systems Modeling*, tendo sido apresentado como sucessor de outras aplicações de simulação mais antigos da mesma empresa, o SIMAN e o CINEMA. A *System Modeling* foi posteriormente incorporada pela *Rockwell Software*, atual distribuidora do ARENA. O ARENA possui um conjunto de módulos que são utilizados para descrever um sistema real. Cada módulo possui comandos como os de uma linguagem de programação, adequados para a tarefa de simulação. Para simplificar a construção de modelos, o ARENA dispõe de uma interface gráfica. Além disso, fazem parte do *software* os módulos de *input* e *output analyser*. O *Input Analyser* permite analisar dados reais do funcionamento do sistema em estudo e escolher a melhor distribuição estatística que se aplica a eles. O *Output Analyser* permite analisar dados coletados durante a simulação de forma gráfica ou com comparações estatísticas (PRADO, 2003).
- **SIMMOD** - O SIMMOD, *Airport and Airspace Simulation Model*, foi desenvolvido pela FAA com o objetivo de ser uma ferramenta padrão de análise de cenários de tráfego aéreo. Trata-se de uma ferramenta capaz de simular operações de solo, bem como de espaços aéreos adjacentes aos aeroportos, onde se encontram os procedimentos de saída e chegada, ou espaços aéreos isolados. Trata-se de um modelo desenvolvido para responder a perguntas do tipo “*What... If...*” para diferentes configurações simuladas, auxiliando planejadores em tomadas de decisão. As principais medidas de desempenho apresentadas como resultado de simulação são tempos de voo e de atraso, consumo de combustível e capacidade de processamento de fluxo de tráfego em determinadas partes do espaço aéreo simulado. Inicialmente, tratava-se de uma ferramenta que operava somente em modo texto, obrigando os usuários a criar arquivos muito grandes com os parâmetros de entrada e a analisar inúmeros dados de saída para obter as respostas desejadas. Posteriormente, a empresa *Airport Tools* desenvolveu o

Visual SIMMOD, um pacote completo de interface gráfica para ser usado em conjunto com o SIMMOD. Esse pacote facilita imensamente o trabalho de modelagem dos cenários e produz relatórios em formatos mais amigáveis para análise dos resultados das simulações (FAA, 2003; MOSER, 2007).

- **RAMS Plus** - O *Reorganized ATC Mathematical Simulator* (RAMS) foi desenvolvido pela empresa *ISA Software* em 1991, em cooperação com o EUROCONTROL, baseado num modelo chamado EAM (*Eurocontrol Airspace Model*), para a realização de estudos relacionados a ATM (*Air Traffic Management*). Trata-se de uma ferramenta de simulação *fast time* dedicada, capaz de modelar aeroportos e espaço aéreo. Recebe como dados de entrada as características dos aeroportos envolvidos, procedimentos de saída e chegada e regras de tráfego aéreo, através de uma interface gráfica que facilita a construção dos modelos. É considerado um simulador microscópico, voltado a análises detalhadas e projetos preliminares de aeroportos, e a configurações de espaços aéreos. Baseia-se na geração de trajetórias de voos, detecção e resolução de conflitos e violações de separações mínimas de tráfego aéreo, de acordo com regras pré-estabelecidas no modelo. Produz como resultados diversos relatórios numéricos e gráficos com os tempos de voo e atrasos (MOSER, 2007; POGIANELO, 2008; ISA, 2009).
- **TAAM** - O *Total Airspace & Airport Modeller* (TAAM) é considerado uma das mais avançadas ferramentas de simulação aérea atualmente disponível. Foi desenvolvido pelo *The Preston Group* em cooperação com a Autoridade de Aviação Civil Australiana e, posteriormente, passou a pertencer à empresa *Jeppesen*, parte do grupo *Boeing*. Trata-se de um simulador dedicado a tráfego aéreo e aeroportos de larga escala, capaz de realizar modelagens *fast time* de sistemas complexos de tráfego aéreo e aeroportos, mostrando voos no formato conhecido como *gate-to-gate*, isto é, desde o estacionamento da aeronave antes da partida até o estacionamento após a chegada. É capaz de simular detalhadamente os diversos subsistemas aeroportuários, incluindo estacionamento, pistas de táxi, pistas de pouso, áreas de *de-icing*, baías de espera, etc. Pode também modelar procedimentos de saída e chegada, diferentes condições meteorológicas e regras de tráfego aéreo. O nível de

detalhe dos dados de entrada é variável e pode ser adaptado de acordo com o objetivo do estudo a ser realizado. Permite a análise de tempos de voo, atrasos, carga de trabalho de controladores de tráfego aéreo, detecção e resolução de conflitos, impactos de mudanças de regras, impacto de ruídos nas proximidades de aeroportos e estudos de relações custo-benefício. Além de ser utilizado por entidades gestoras de tráfego aéreo, como FAA dos Estados Unidos, EUROCONTROL da Europa e DECEA no Brasil, pode ser usado por companhias aéreas para avaliar impactos de mudanças de frotas, melhorias em procedimentos operacionais, políticas de economia de combustível e impactos de modificações na circulação aérea determinadas pelas autoridades (SUBRAMANIAN, 2002; JEPPESEN, 2010a).

- **REDIM** – O *Runway Exit Design Interactive Model* é uma ferramenta de simulação desenvolvida pela Universidade Virginia Tech para auxiliar em estudos de localização e avaliação de saídas de pistas de pouso. Utiliza equações cinéticas, programação dinâmica polinomial e simulação de Monte Carlo para determinar a posição ótima das saídas de pista, considerando o conjunto de aeronaves que nela operam, ou para determinar o tempo de ocupação de pista por aeronaves em função de saídas já existentes (VIRGINIATECH, 2010).

Odoni et al. (1997) apresentam diversas outras aplicações de simulação que podem ser utilizados para modelagem de aeroportos e espaço aéreo. A seguir são compiladas as principais características de alguns dessas aplicações.

- **The Airport Machine** - É uma ferramenta desenvolvida pela *Airport Simulation International* para simulação detalhada de todos os aspectos de um aeroporto, incluindo pistas de pouso, de táxi e áreas de estacionamento. Sua principal medida de desempenho é o fluxo de aeronaves no aeroporto por unidade de tempo. É baseada numa estrutura de nós e arcos similar ao SIMMOD e cobre todas as atividades das aeronaves, desde alguns minutos antes do pouso até a alguns minutos após a decolagem. Possui uma boa interface gráfica, útil para calibração e validação do modelo. O pós-processamento da simulação identifica fluxos e atrasos nos componentes,

bem como possíveis gargalos do sistema. Os dados de saída incluem número de pousos e decolagens num intervalo de tempo, tempos de ocupação de posições de estacionamento, estatísticas de operações de *push back*, número de posições de estacionamento ocupadas e de aeronaves na fila para decolagem em cada instante de tempo.

- **HERMES** - *HEuristic Runway Movement Event Simulation* é uma ferramenta de simulação desenvolvida pela *British Aviation Authority / National Air Traffic Services* para avaliação da capacidade de pistas paralelas e de carga de trabalho de controladores de tráfego aéreo. Pode ser utilizada para avaliar capacidade de pistas e tempos de operação sob condições atuais e futuras de demanda, com a adoção de melhorias no sistema e modificações de infraestrutura. Utiliza dados experimentais de trajetórias de aeronaves como entrada e as principais saídas são medidas de atraso e estatísticas correspondentes.
- **NASPAC** - *National Airspace System Performance Capability* é um modelo de simulação *fast time* e macroscópico, desenvolvido pela *MITRE Corporation* nos anos 80 e mantido pelo *Simulations and Analysis Group* da FAA, que engloba grandes regiões do espaço aéreo e um grande número de aeroportos. O programa computa cada voo inserido nos itinerários diários, incluindo sequências de pousos e decolagens em diferentes aeroportos e fornece relatórios estatísticos de atrasos e fluxos de aeronaves observados.
- **TMAC** - Ferramenta de simulação desenvolvida pela *MITRE Corporation*. Trata-se de vários módulos compilados em conjunto, que utiliza planos de voo de aeronaves, dados de desempenho e estratégias de gerenciamento de tráfego aéreo para determinar conflitos e atrasos em um nível de detalhe maior que o NASPAC. É uma ferramenta de uso interno da MITRE e não está disponível externamente.
- **FLOWSIM** - Protótipo de ferramenta de simulação *fast time* da FAA que utiliza dados de planos de voo, desempenho padrão das aeronaves e fluxos de aeronaves entre grandes aeroportos para determinar atrasos e “efeitos de

onda” induzidos por restrições de capacidade. A capacidade assumida dos aeroportos é fixa e baseada em sua configuração e meteorologia. Não é possível simular operações em rota. A simplicidade do modelo permite operação rápida (cerca de 5 minutos para simular um cenário), facilitando a avaliação de diversos cenários rapidamente, porém, de uma forma aproximada.

- **ASCENT** - *ATFM System Concept Evaluator for New Technologies* foi desenvolvido para avaliar o impacto global de novos procedimentos, tecnologias e melhorias de infra-estrutura sob condições existentes ou previstas de gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo. Os voos previstos (demanda) e a capacidade dos aeroportos (oferta) são os fatores mais significativos na definição dos cenários. O modelo assume que as áreas de controle terminais são os pontos principais de congestionamento e detalha mais a simulação da operação nessas áreas em relação às áreas de rotas. A simulação fornece os horários planejados e realizados de cada voo durante a simulação e respectivas estatísticas, que podem ser filtradas de diversas formas: por companhia aérea, aeroporto, tipo de aeronave, período de tempo, etc.

2.6 Trabalhos Relacionados

Simulações computacionais têm sido utilizadas em diversos estudos relacionados a aeroportos e capacidades operacionais. Possibilitam a validação de um modelo proposto baseado em dados conhecidos de um sistema e, após isso, a criação de novos cenários, considerando mudanças de regras e práticas operacionais no sistema ou intervenções físicas, como obras de melhorias e/ou ampliação. Com os resultados das simulações é possível determinar o custo-benefício de cada cenário simulado, podendo-se, então, escolher o mais vantajoso para ser adotado.

Na última década, diversos trabalhos foram realizados utilizando ferramentas de simulação para analisar capacidade de aeroportos, adoção de novas tecnologias, procedimentos operacionais e carga de trabalho imposta a controladores de tráfego aéreo.

Santana (2002) utilizou o *software* SIMMOD para desenvolver um modelo de operação do Aeroporto Internacional de São Paulo - Guarulhos, com ênfase na operação de solo - pátios de estacionamento, pistas de táxi e de pouso. Com o modelo desenvolvido, simulou os ganhos de capacidade com a construção de mais um terminal de passageiros - em função das posições de estacionamento correspondentes - e novas pistas de pouso e táxi, determinando a capacidade do aeroporto com essas intervenções, separadas e em conjunto.

Subramanian (2002) construiu um modelo de simulação do *Philadelphia International Airport* utilizando o *software* TAAM com vistas a determinar a capacidade operacional do aeroporto e consequentes níveis de atraso, bem como propor alternativas de melhorias, como a construção de uma nova pista de pouso paralela ou transversal às já existentes.

Hupalo (2003) criou um modelo da TMA de São Paulo/SP, utilizando o *software* SIMMOD, com o objetivo de analisar o fluxo de tráfego aéreo na TMA. Foram propostos cenários com a construção de uma nova pista de pouso de Guarulhos, a extinção de operação de aeronaves de pequeno porte (não comerciais) no Aeroporto de Congonhas e ainda a migração de uma parcela dos voos de Congonhas para Guarulhos.

Ribeiro (2003) desenvolveu um modelo no *software* ARENA para estudar a utilização do pátio do Aeroporto de Congonhas e o tempo *de turn around* das aeronaves que lá operam. O estudo visa a determinar a capacidade máxima do pátio, bem como oferecer subsídios para o balanceamento da oferta de serviços prestados às aeronaves estacionadas.

Gualda et al. (2005) utilizaram um modelo construído com o *software* ARENA para analisar a viabilidade de instalação de pontes de embarque no Aeroporto de Congonhas e o dimensionamento da frota de ônibus necessária ao atendimento das posições de estacionamento remotas, incluindo análise de custo-benefício das intervenções propostas.

Moser (2007) desenvolveu um modelo do Aeroporto Internacional de São Paulo - Guarulhos utilizando o *software Visual SIMMOD* para estudar os possíveis benefícios de obras de expansão no pátio de estacionamento e a construção de algumas pistas de táxi adicionais. Para isso, criou cenários de simulação capazes de determinar a capacidade horária de pousos e decolagens e os tempos de atraso para cada uma das configurações.

Oliveira (2007) construiu um modelo de simulação da TMA de Brasília/DF a fim de analisar a carga de trabalho dos controladores de tráfego aéreo, utilizando o *software RAMS Plus*. Tal análise visa a determinar a capacidade máxima de movimentos limitada pelo controle de tráfego aéreo, bem como sugerir a modificação da divisão de setores da TMA Brasília, para permitir maior capacidade de fluxo de aeronaves.

Bastos et al. (2008) desenvolveram um modelo utilizando o *software ARENA* para simular a ocupação das posições de estacionamento do Aeroporto de Congonhas pelas aeronaves, em vista de uma nova regulamentação criada pela ANAC. Os cenários simulados levaram em conta variações na separação entre as aeronaves em aproximação e o tempo de permanência no estacionamento, com o objetivo de determinar a capacidade real do pátio em cada situação.

Barragan e Alves (2008) utilizaram um modelo construído com o *software ARENA* para estudar a capacidade do Aeroporto Internacional de Campinas – Viracopos, bem como o impacto de modificações na proporção entre decolagens e pousos, na separação entre aeronaves em aproximação e da implantação de radar de aproximação na CTR (*Control Zone*) Campinas.

Müller e Santana (2008) utilizaram um modelo construído com o SIMMOD para analisar os atrasos dos voos na TMA de São Paulo e os custos decorrentes dos atrasos. Diversos cenários foram propostos, considerando a construção de mais um terminal de passageiros e mais uma pista de pouso no Aeroporto de Guarulhos, a remoção de aeronaves mais lentas de Congonhas e o remanejamento de parte do tráfego de Congonhas para Guarulhos, com vistas a reduzir os custos para as empresas aéreas.

Pogianelo (2008) utilizou o software *RAMS Plus* para criar um modelo de simulação da TMA de Recife/PE. Com o modelo desenvolvido, foram simulados cenários com saídas e chegadas baseadas no sistema GNSS (*Global Navigation Satellite System*). Com os cenários simulados, buscou determinar níveis de atraso, carga de trabalho dos controladores de tráfego aéreo, bem como estimativa de economia de combustível por parte das aeronaves que operam no aeroporto.

Barragan (2009) utilizou o *software* ARENA para construir um modelo de simulação dos aeroportos existentes na CTR de São Paulo. Com o modelo construído, foram simulados diferentes cenários de uso dos aeroportos de Congonhas e Guarulhos, obtendo como resultado a capacidade de movimentos e melhorias possíveis com alterações de regras de tráfego aéreo, especialmente redução da separação nas aproximações e decolagens consecutivas.

Bastos (2009) construiu um modelo de simulação da TMA de Salvador/BA com o software *RAMS Plus* a fim de analisar os impactos da adoção de PBN nos procedimentos de saída e chegada daquela localidade. A análise dos resultados permitiu a avaliação de melhorias no fluxo de tráfego aéreo, capacidade do aeroporto e economia de combustível por parte das aeronaves em operação.

Baum (2009) analisou a carga de trabalho imposta aos controladores de tráfego aéreo da TMA de São Paulo por meio de um modelo de simulação desenvolvido com o *software* *RAMS Plus*. Tal análise visa a determinar a carga máxima de trabalho que pode ser imposta ao controlador de cada setor da TMA, bem como indicar possíveis modificações na estrutura do espaço aéreo, a fim de permitir um aumento da capacidade dos aeroportos envolvidos.

Fraga (2009) desenvolveu um modelo de simulação do Aeroporto Internacional de São Paulo - Guarulhos, utilizando o *software* *RAMS Plus*, para estudar a viabilidade e os possíveis benefícios da implantação do sistema PRM/SOIA (*Precision Runway Monitor / Simultaneous Offset Instrument Approach*) para aproximação, verificando os consequentes níveis de atraso para decolagens e pousos com a utilização do novo sistema em relação ao atual.

2.7 Conclusões do Capítulo

Nesse capítulo foi apresentada uma revisão da literatura, que inclui os conceitos necessários para o desenvolvimento do trabalho e uma revisão de outros trabalhos existentes a esse respeito.

O presente trabalho difere dos acima apresentados, pois pretende avaliar a capacidade do lado aéreo de aeroportos sem intervenções físicas ou a criação de procedimentos baseados em novas tecnologias. As variações propostas baseiam-se na modificação de procedimentos utilizados por controladores de tráfego aéreo, respeitando-se critérios de nível de serviço e recomendações da ICAO. Tais modificações, por não envolverem obras ou aquisição de equipamentos, podem ser implementadas com baixo custo e em curto espaço de tempo.

No capítulo seguinte é apresentada uma revisão de conceitos de espaço aéreo e regras de tráfego aéreo.

3. ESPAÇO AÉREO

Neste capítulo é apresentado um resumo das regras de tráfego aéreo e separação de aeronaves que afetam as operações de decolagem, subida, aproximação e pouso. Tais regras são importantes por influenciar diretamente a capacidade de operação do lado aéreo dos aeroportos.

Após a Convenção de Aviação Civil ocorrida em Chicago, Estados Unidos, em 7 de dezembro de 1944 (conhecida como Convenção de Chicago), a ICAO passou a emitir recomendações para os países signatários a respeito de diversos assuntos relacionados à aviação civil, visando a promover o desenvolvimento seguro e ordenado do transporte aéreo internacional (ICAO, 2006).

No tocante a regras e serviços de tráfego aéreo, as recomendações são dadas pelo *Annex 2 – Rules of the Air* (ICAO, 2005), *Annex 11 – Air Traffic Services* (ICAO, 2001), *Doc 4444 – Air Traffic Management* (ICAO, 2007) e *Doc 7030 – Regional Supplementary Procedures* (ICAO, 2008). No Brasil, os procedimentos recomendados pela ICAO são adotados pelo Comando da Aeronáutica e publicados pelo DECEA. As regras estão, em sua maioria, contidas na ICA 100-12 - Regras do Ar e Serviços de Tráfego Aéreo (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2009) e devem ser do conhecimento de pilotos e controladores de tráfego aéreo.

3.1 Espaço Aéreo Brasileiro

O espaço aéreo sob jurisdição do Brasil, além daquele que superpõe o território brasileiro e as águas territoriais, estende-se até o meridiano 10W, conforme Acordo Regional de Navegação Aérea específico. Esse espaço aéreo é, então, dividido em áreas de informação de voo e de controle de tráfego aéreo, de acordo com a densidade de tráfego e serviços necessários.

Para um melhor entendimento do espaço aéreo brasileiro, faz-se necessário apresentar as seguintes definições (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2009b):

Espaço Aéreo Inferior - Espaço aéreo compreendido entre o solo ou água e o nível de voo 245 (24.500 pés), inclusive.

Espaço Aéreo Superior - Espaço aéreo que possui como limite inferior o nível de voo 245, exclusive, e não possui limite superior (ilimitado).

Região de Informação de Voo (FIR) - Espaço aéreo onde é prestado o serviço de informação de voo e alerta. Corresponde à maior parte do espaço aéreo brasileiro. Quando esta região de informação estiver no espaço aéreo superior, será denominada Região Superior de Informação de Voo (UIR), porém, quando os limites laterais da UIR coincidirem com os da FIR inferior, ambos serão chamados de FIR. Existem atualmente no Brasil 5 FIR, conforme ilustrado na figura 4.

Figura 4 - Regiões de Informação de Voo do Brasil

Fonte: (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2009a)

Aerovia (AWY) - Área de controle disposta em forma de corredor e provida de auxílios rádio a navegação. Sua finalidade é ordenar o tráfego aéreo, permitir a prestação de serviços de controle e o gerenciamento do fluxo deslocando-se em rota.

Regras de Voo Visual (VFR) – Quando operando em voo visual, o piloto deve manter referências visuais com o solo e distâncias mínimas de nuvens que variam de acordo com o tipo de espaço aéreo onde se encontra.

Regras de Voo por Instrumentos (IFR) – Quando operando em voo por instrumentos, o piloto não necessita de visibilidade externa, podendo operar dentro de nuvens e em condições de visibilidade reduzida, sem referências externas. A condução do voo é feita exclusivamente por meio das informações dos instrumentos de bordo.

Área de Controle Terminal (TMA) - Área geralmente situada na confluência de rotas ATS e nas imediações de um ou mais aeródromos importantes. Tem como objetivo controlar e proteger as aeronaves durante os procedimentos de subida (SID) e chegada (STAR). Os limites laterais e verticais variam de acordo com a área e são indicados nas cartas de navegação.

Zona de Controle (CTR) - Espaço aéreo controlado, cujo objetivo principal é proteger os procedimentos IFR de saída ou descida. A CTR tem configuração variável e estende-se do solo ou água até um limite vertical especificado nas cartas de navegação.

Zona de Tráfego de Aeródromo (ATZ) - É o espaço aéreo controlado cujo objetivo é proteger o circuito de tráfego do aeródromo, onde encontram-se as aeronaves saindo e chegando sob regras de voo VFR. A configuração da ATZ é variável e, nas localidades onde o circuito de tráfego difere do padrão estabelecido nas regras do ar, os limites da ATZ são representados na carta de aproximação visual.

3.2 Classificação do Espaço Aéreo

De acordo com o tipo de serviço prestado, os espaços aéreos são classificados alfabeticamente, com letras que vão de “A” até “G”. Para cada tipo de espaço aéreo são definidas as regras de operação, o tipo de serviço prestado pelos órgãos de controle, os mínimos de separação entre as aeronaves, os limites de velocidade, os equipamentos de comunicação necessários e a exigência ou não de autorização de

tráfego aéreo. A figura 5 ilustra a classificação dos espaços aéreos. São descritos os tipos de separação e serviços prestados pelos órgãos de controle de tráfego aéreo, as distâncias mínimas para as nuvens e visibilidade requerida (apenas para voos VFR), os limites de velocidade aplicáveis às aeronaves, a obrigatoriedade ou não de a aeronave possuir equipamento de rádio comunicação e a necessidade de autorização prévia de um órgão de controle de tráfego aéreo para a realização do voo.

CLASSIFICAÇÃO DOS ESPAÇOS AÉREOS ATS								
← ESPAÇOS AÉREOS CONTROLADOS →								
	A	B	C	D	E	F	G	
I	SEPARAÇÃO	TODAS AERONAVES		IFR e IFR IFR de VFR		IFR de IFR SEMPRE QUE FOR APLICÁVEL		NÃO PROPORCIONADA
F	SERVIÇOS	ATC			ATC e INFORMAÇÃO de TRAFEGO SOBRE VÔOS / VFR		SERVIÇOS de ASSESSORAM. e FIS	FIS
R	LIMITE DE VELOCID.	NÃO APLICÁVEL			FL 100 250 Kt IAS AMSL			
	RÁDIO COMUNIC.	OBRIGATÓRIO						
	AUTORIZ.	DE ORGÃO ATC					NÃO EXIGIDA	
	A	B	C	D	E	F	G	
V	SEPARAÇÃO	TODAS AERONAVES	VFR de IFR	NÃO PROPORCIONADA				
F	SERVIÇOS	ATC	ARC P/ SEPARAÇÃO COM O IFR E O FIS P/ VFR	FIS e AVISO PARA EVITAR TRAF. QUANDO REQUERIDO		FIS		
R	MÍNIMOS
	LIMITE DE VELOCID.	380 Kt IAS	380 Kt IAS	380 Kt IAS	250 Kt IAS	FL 100		
	RÁDIO COMUNIC.	OBRIGATÓRIO			NÃO OBRIGATÓRIO CASO A AERONAVE POSSUA RÁDIO DEVERÁ ESTABELECEER CONTATO COM ORGÃO ATS			
	AUTORIZ.	DE ORGÃO ATC			NÃO EXIGIDA			

Figura 5 - Classificação dos espaços aéreos ATS

Fonte: (SOARES, 1993)

Classe “A” é a classificação dada ao espaço aéreo superior, onde todos os voos recebem o serviço de controle de tráfego aéreo, devendo receber autorização de um órgão ATC, que é responsável pela separação entre as aeronaves.

Não existem espaços aéreos classe “B” no Brasil.

São classe “C” os espaços aéreos que constituem as áreas de controle terminal com cobertura radar. Nessas áreas, todos os voos IFR são controlados e separados dos VFR. Já os espaços aéreos classe “D” são as áreas de controle terminais que não dispõem de equipamento radar. O órgão de controle é, então, responsável apenas pela separação dos voos IFR e os VFR recebem serviços de informação de voo e avisos para evitar interferência com os voos IFR. Normalmente, são classe “D” as TMA de menor fluxo de tráfego.

Não existem espaços aéreos classe “E” e “F” no Brasil.

A classe “G” é reservada às regiões de informação de voo, que são grandes áreas onde não é prestado serviço de controle de tráfego aéreo e cada aeronave é responsável por prover sua separação em relação às demais. É prestado apenas o serviço de informação de voo, mas não é exigida autorização de órgão ATC.

3.3 Regras de Tráfego Aéreo

Os voos evoluindo numa área de controle terminal devem respeitar regras de separação entre as aeronaves, a fim de preservar a segurança. Num espaço aéreo classe C, como é o caso da TMA São Paulo, o controle é feito com cobertura de radar de aproximação e o controlador de tráfego aéreo é responsável pela separação das aeronaves, devendo emitir autorizações específicas para cada uma, de forma que a separação lateral e/ou vertical esteja assegurada.

3.3.1 Separação Radar

Quando sob cobertura radar, a separação vertical mínima é de 1000 pés (300 metros) e a lateral é de 5NM (milhas náuticas) para aeronaves operando segundo regras IFR. No espaço aéreo brasileiro, a separação lateral pode ser reduzida para até 3NM, desde que (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2007):

- As aeronaves envolvidas estejam a menos de 40NM da antena radar;

- As informações de posição das aeronaves sejam provenientes de radar primário, isto é, independente de equipamentos instalados a bordo das aeronaves;
- As informações sejam provenientes de uma única antena, não sendo permitido o uso de sistema multirradar;
- Os controladores de tráfego aéreo e os pilotos estejam familiarizados com esse procedimento.

Quando existir uma aeronave em aproximação e outra decolando, a separação deverá ser de pelo menos 3NM, considerando que a aeronave que decola deverá ter ultrapassado o final da pista.

Para separação entre decolagens, a ICAO (2007) recomenda um mínimo de:

- 1 minuto de intervalo se as aeronaves seguirem em rumos divergentes, pelo menos de 45 graus, como mostrado na figura 6;
- 2 minutos de intervalo se as aeronaves seguirem no mesmo rumo, desde que a aeronave precedente seja pelo menos 40 nós (74 km/h) mais rápida, como mostrado na figura 6;
- 5 minutos de separação se a aeronave posterior for cruzar em altitude com a aeronave precedente seguindo a mesma rota de saída, como mostrado na figura 7;

Além dos mínimos de separação apresentados, a separação mínima relacionada à esteira de turbulência deverá ser aplicada sempre que for superior aos valores aqui descritos e o controlador de tráfego aéreo julgar necessário. Os procedimentos relacionados à esteira de turbulência são descritos na seção 3.4.

Figura 6 - Separação mínima entre decolagens
Fonte: (ICAO, 2007)

Figura 7 - Separação mínima entre decolagens com cruzamento em altitude
Fonte: (ICAO, 2007)

3.3.2 Serviços ATS

Quando em espaço aéreo controlado com cobertura radar, as aeronaves em voo IFR poderão receber dois tipos de serviço de tráfego aéreo, a saber:

- **Vigilância radar:** Serviço onde a aeronave é identificada pelo radar de vigilância e passa a ter sua trajetória monitorada pelo controlador de tráfego aéreo. O piloto é o responsável pela navegação da aeronave.
- **Vetoração radar:** Serviço onde o controlador de tráfego aéreo é responsável pela navegação e separação da aeronave em relação a outras aeronaves e obstáculos, devendo emitir autorizações de proa e altitudes específicas que serão seguidas pelo piloto.

No Brasil, os procedimentos SID baseiam-se exclusivamente na utilização de auxílios rádio à navegação ou em informações provenientes de sistema GNSS. Nesses procedimentos, os pilotos devem seguir trajetórias pré-estabelecidas nas cartas, recebendo, quando disponível, o serviço de vigilância radar. Exemplos de

cartas SID encontram-se no Anexo A, figuras 30 a 32. Não existem procedimentos de subida baseados em vetoração radar no Brasil.

Já outros países com grande volume de tráfego aéreo, como os Estados Unidos, por exemplo, empregam procedimentos SID baseados em vetoração radar. Tais procedimentos visam agilizar o fluxo de tráfego aéreo e elevar a capacidade do sistema, porém, aumentam a carga de trabalho dos controladores de tráfego aéreo.

3.4 Esteira de Turbulência

Esteira de turbulência é um fenômeno que ocorre em função da sustentação da asa das aeronaves. As altas pressões existentes no intra-dorso fluem pelas pontas da asa em direção ao extradorso. Com o deslocamento longitudinal da aeronave, formam-se vórtices contrarrotativos atrás da aeronave. O tamanho e a intensidade dos vórtices estão relacionados ao peso e à envergadura da aeronave (FAA, 1995). A figura 8 ilustra a formação de vórtices por uma aeronave.

Os vórtices gerados por uma aeronave são potencialmente perigosos para outras aeronaves que vêm atrás, causando esforços estruturais, fortes tendências de rolamento, perdas de altitude e velocidade. Esse perigo é agravado quando as aeronaves estão a baixa altura, pois, nessa situação, sua manobrabilidade é limitada e há risco de colisão com o solo.

Figura 8 - Esteira de turbulência
Fonte: FAA (1995)

3.4.1 Classificação das Aeronaves

Para evitar-se os perigos oriundos da esteira de turbulência, faz-se necessário separar as aeronaves em função desse fenômeno. Para tanto, as aeronaves são divididas em três categorias, de acordo com o peso máximo de decolagem (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2009b):

- Categoria Leve: aeronaves até 7000kg;
- Categoria Média: aeronaves com mais de 7000 e menos de 136.000kg;
- Categoria Pesada: aeronaves com 136.000kg ou mais.

Com o surgimento das aeronaves Airbus A380-800, que têm peso máximo de decolagem de cerca de 560.000kg, um tratamento especial quanto à esteira de turbulência foi criado para esse modelo de aeronave (DECEA, 2008).

3.4.2 Separação na Aproximação

Sempre que o controlador de tráfego aéreo observar que existe um possível perigo devido à esteira de turbulência para aeronaves em aproximação, deverá aplicar a separação mostrada na tabela 2.

Tabela 2 - Mínimos de separação de esteira de turbulência
Fonte: (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2009b)

Categoria da aeronave que segue à frente	Categoria da aeronave que segue atrás	Mínimos
A380-800 ou outra aeronave pesada	A380-800	não requerido
A380-800	Pesada	6NM
	Média	7NM
	Leve	8NM
Pesada	Pesada / A380-800	4NM
	Média	5NM
	Leve	6NM
Média	Pesada / A380-800	3NM
	Média	3NM
	Leve	5NM
Leve	Pesada / A380-800	3NM
	Média	3NM
	Leve	3NM

3.4.3 Separação na Decolagem

A ICAO recomenda que seja empregada uma separação mínima de 2 minutos quando uma aeronave leve ou média decolar atrás de uma pesada, ou quando uma aeronave leve decolar atrás de uma média, sempre que as aeronaves utilizarem a mesma pista ou pistas paralelas separadas por menos de 760 metros. Quando a decolagem da segunda aeronave ocorrer a partir de um ponto intermediário da pista, essa separação deverá ser aumentada para 3 minutos. As figuras 9 e 10 mostram a separação recomendada na decolagem para esses casos (ICAO, 2007).

Figura 9 - Separação entre decolagens – 2 minutos
Fonte (ICAO, 2007)

Figura 10 - Separação entre decolagens de pontos intermediários da pista – 3 minutos
Fonte: (ICAO, 2007)

3.5 Conclusões do Capítulo

Nesse capítulo foi apresentada uma breve descrição das regras de tráfego aéreo que afetam a operação de aeronaves nas proximidades dos aeroportos, principalmente aquelas realizando procedimentos de saída e chegada. No capítulo seguinte é apresentada a metodologia proposta para análise de capacidade do lado aéreo de aeroportos, considerando as regras aqui apresentadas.

4. METODOLOGIA

A metodologia proposta nesse trabalho consiste na aplicação do método científico combinado ao enfoque sistêmico, já apresentado na seção 2.1. Gualda (1995) considera as seguintes etapas para a utilização desse método:

1. Identificação do sistema;
2. Formulação do problema e das medidas de rendimento;
3. Geração de alternativas para solução do problema;
4. Avaliação das alternativas;
5. Seleção da alternativa que melhor atende às premissas consideradas.

A seguir, são descritos os passos necessários para implementação dessas etapas.

4.1 Identificação do Sistema

Considerando as definições de enfoque sistêmico descritas na seção 2.1, o sistema que será analisado é o lado aéreo do aeroporto, composto pelas posições de estacionamento, pistas de táxi, pistas de pouso e espaço aéreo da área terminal ao redor do aeroporto.

4.2 Formulação do Problema

Na avaliação do lado aéreo de um aeroporto, deve-se, então, identificar e caracterizar cada um dos componentes que se deseja avaliar, para inserção no modelo. O levantamento de dados deve incluir os seguintes itens:

- **Pistas de pouso:** Deve-se realizar um levantamento das características físicas das pistas de pouso, incluindo dados como: comprimento, largura, distância entre pistas, posição e tipos das saídas, resistência do pavimento, etc. É importante também obter informações sobre os ventos predominantes no aeroporto, a fim de determinar qual a cabeceira mais utilizada.

- **Pistas de táxi:** As pistas de táxi devem ser igualmente caracterizadas, com atenção a eventuais restrições de operação de determinados modelos de aeronave.
- **Pátios de estacionamento:** Deve-se conhecer a quantidade de posições de parada, os tipos de aeronave que podem ocupar cada uma delas e os tempos médios de permanência de cada tipo de aeronave nas posições.
- **Espaço aéreo:** Com relação ao espaço aéreo adjacente ao aeroporto, é necessário conhecer os procedimentos de saída (SID) e chegada (STAR) utilizados, incluindo suas trajetórias e restrições operacionais. Regras de tráfego aéreo e procedimentos operacionais específicos do aeroporto, se houver, devem também ser considerados, com ênfase nas separações de saída e chegada utilizadas pelos controladores de tráfego aéreo.
- **Desempenho das aeronaves:** É necessário dispor de dados de desempenho dos modelos de aeronave envolvidos, tais como: velocidades de saída e de aproximação, altitudes em função da distância percorrida, tempos de ocupação de pista, velocidades de táxi, etc.
- **Conjunto de voos:** É necessário definir um conjunto de voos que será utilizado, com base num dia considerado de maior movimento na operação do aeroporto (dia pico), de acordo com o cenário que se deseja modelar.

4.3 Medidas de Rendimento Consideradas

A escala de nível de serviço apresentada na seção 2.2 considera que um aeroporto opera de forma aceitável quando o nível de atraso médio das aeronaves é igual ou inferior a cinco minutos. Para a determinação de capacidade, será encontrado o número máximo de movimentos que proporcione um atraso médio aceitável para aeronaves na fila de decolagem. Para a execução das simulações, os tempos de atraso para decolagem serão calculados como o tempo de atraso ainda na posição de estacionamento (tempo que a aeronave, quando já pronta para iniciar a partida,

fica estacionada, aguardando autorização do controle de tráfego aéreo), somado ao tempo dilatado de táxi (tempo de táxi que excede a média para operações em horários não congestionados) e ao tempo de espera na fila de decolagem.

4.4 Construção do Modelo de Simulação

Tendo sido realizado o levantamento de todos os dados necessários, apresentados em 4.2, cria-se um modelo do lado aéreo do aeroporto em estudo, utilizando um *software* de simulação. A escolha do *software* deve levar em consideração fatores como disponibilidade de licença de uso, documentação existente e existência de outros trabalhos na literatura já realizados com o *software*. Considerando esses fatores, foi escolhido o *software Visual SIMMOD* para a realização deste trabalho. O funcionamento do SIMMOD está descrito no apêndice A.

O SIMMOD requer definições de velocidade e altitude para cada segmento de rota criado. Para as rotas de chegada, são consideradas as altitudes mínimas e velocidades máximas apresentadas nas cartas. Para as altitudes nas rotas de saída, foram usados os dados da pesquisa de Hupalo (2003), que determinou as altitudes que as aeronaves atingem na subida, em função da distância desde o aeroporto de decolagem. Foram utilizadas as velocidades de subida características de cada tipo de aeronave, conforme a tabela de dados do SIMMOD.

Em relação à demanda, é recomendado que se utilizem dados de um dia pico para realizar as simulações, a fim de que seja possível observar os atrasos decorrentes da sobrecarga aplicada ao sistema. Para a escolha do dia pico, encontram-se na literatura algumas variações: Santana (2002) identificou o mês com maior número de movimentos dentro do período de estudo e, dentro deste, o dia com maior movimentação; Hupalo (2003) considerou, em seu trabalho, um dia com registro de movimentos acima do normal e para o qual havia um outro estudo que serviria como base de comparação; Moser (2007) escolheu um dia de movimento intenso para o qual também existia um outro trabalho de simulação que poderia ser comparado; Barragan (2009) selecionou o dia com maior número de movimentos no período estudado.

4.4.1 Replicações

Em função da natureza estocástica do modelo de simulação, é necessário utilizar uma quantidade suficiente de iterações para obter resultados confiáveis. Seguindo as recomendações da literatura, serão realizadas 10 iterações de cada cenário, valor considerado adequado para utilização do SIMMOD (SANTANA, 2002 e MOSER, 2007).

4.4.2 Validação do modelo

Antes de utilizar um modelo para simular condições diferentes da realidade, é necessário certificar-se de que este retrata, de forma fiel, as condições reais de operação do sistema. Uma forma de validar um modelo é analisar seu comportamento em relação à operação real do sistema, comparando-se os resultados da simulação com dados obtidos na operação real num dia de referência, a fim de identificar erros de modelagem e/ou de funcionamento do *software* de simulação. A validação do modelo conta com os seguintes passos:

- Utilização da ferramenta *Animator* para verificação gráfica e visual da operação das aeronaves, com vistas a detectar erros de modelagem de procedimentos, conflitos de tráfego e *gridlocks*¹;
- Análise dos dados quantitativos, onde são comparados os movimentos previstos e os efetivamente realizados pela simulação a cada hora, no período de funcionamento do aeroporto.

4.5 Geração de Alternativas para Solução do Problema

Com o modelo testado e considerado confiável, pode-se partir para a simulação dos diferentes cenários que se deseja avaliar. Não serão simulados cenários que envolvam modificações físicas no aeroporto, como a construção de novas pistas de pouso e de táxi, ou de novas posições de estacionamento, pois o objetivo do

¹ *Gridlocks* são conflitos entre aeronaves disputando um mesmo recurso do modelo, causando a interrupção da simulação.

trabalho concentra-se em determinar a capacidade da infra-estrutura já instalada do aeroporto.

Para tanto, serão construídos os seguintes cenários:

- Operação atual do aeroporto;
- Variação na separação entre decolagens;
- Variação na separação entre aproximações;
- Combinação das variações nas separações entre decolagens e aproximações;
- Substituição de aeronaves mais lentas por outras mais velozes;
- Combinação da substituição de aeronaves com as variações de separações;
- Redistribuição dos voos ao longo do tempo.

4.5.1 Variações de demanda

Para todos os cenários simulados, serão aplicadas variações de demanda que vão desde 15% de redução até 15% de acréscimo no volume de voos regulares, em intervalos de 5%. Tais variações têm o objetivo de permitir a análise do comportamento do sistema nos cenários simulados, bem como possibilitar a comparação dos resultados com a estimativa dos modelos teóricos.

4.6 Avaliação e Seleção das Alternativas

De posse dos resultados das simulações dos diferentes cenários, é possível discutir quais as alternativas mais viáveis para que o aeroporto possa oferecer o máximo de capacidade sem, no entanto, violar os níveis de serviço pré-estabelecidos para a operação.

4.7 Conclusões do Capítulo

Esse capítulo descreve a metodologia proposta para análise de capacidade do lado aéreo de aeroportos, que associa conceitos do método científico, de abordagem sistêmica e de capacidade associada a nível de serviço para determinar a

capacidade e o nível de serviço oferecido às aeronaves. No próximo capítulo é mostrada a aplicação dessa metodologia ao Aeroporto de Congonhas.

5. APLICAÇÃO AO AEROPORTO DE CONGONHAS

O Aeroporto de Congonhas fica localizado na região central da cidade de São Paulo, ocupando uma área de 1.647.000 m². Inaugurado oficialmente em 1936, em 1957 figurava como o terceiro aeroporto do mundo em volume de carga aérea. A partir de 1981, passou a ser administrado pela INFRAERO. (INFRAERO, 2010a). A figura 11 mostra a localização do aeroporto na cidade.

Figura 11 - Localização do Aeroporto de Congonhas
Fonte: (JEPPESEN, 2010b)

Atualmente, Congonhas é um dos aeroportos mais movimentados do Brasil, tendo registrado em 2009 um total de 193.308 movimentos de decolagem e pouso, que transportaram cerca de 13.700.000 passageiros. Segundo estudos realizados, a demanda em Congonhas cresce 5,6% ao ano e poderia chegar a 727.000 movimentos e quase 56 milhões de passageiros transportados em 2025, caso existisse capacidade instalada para suportá-la (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2005).

Em contrapartida, a ANAC vem adotando medidas de restrição de tráfego cada vez mais severas em Congonhas, tais como: alocação de *slots* para operações, proibição de operação de aeronaves comerciais na pista auxiliar e determinação de tempo máximo de permanência de aeronaves nos boxes de estacionamento, entre outras (ANAC, 2006). Com isso, o número de movimentos nos últimos anos encontra-se muito abaixo do previsto, como pode ser visto na figura 12.

Figura 12 - Comparativo de movimentos realizados e previstos
Fonte: (INFRAERO, 2010b)

A diferença crescente entre a demanda prevista e o número de operações efetivamente realizadas impõe aos usuários restrições de oferta de voos pelas companhias aéreas que, impedidas de aumentar suas frequências em Congonhas, são obrigadas a criar novos voos partindo de outros aeroportos, como Guarulhos e Campinas.

Por outro lado, o Aeroporto de Congonhas opera próximo ao limite de sua capacidade. Nessas condições, as medidas restritivas são a única forma de manter os atrasos dos voos dentro de valores razoáveis, sem diminuir exageradamente a qualidade dos serviços oferecidos aos usuários. Os fatores que podem limitar a quantidade de tráfego são: capacidade das pistas de pouso, capacidade das pistas de rolamento, quantidade de boxes de estacionamento disponíveis, capacidade das salas de embarque / desembarque e tráfego aéreo nas proximidades do aeroporto, entre outros.

5.1 Características do aeroporto

Congonhas possui duas pistas de pouso, sendo a principal (17R / 35L) de 1940m de comprimento, e a auxiliar (17L / 35R) de 1435m. A pista principal conta com ILS

Para o estacionamento de aeronaves comerciais existem doze pontes de embarque e dezessete posições de estacionamento remotas. Devido a restrições operacionais, aeronaves tipo Fokker 100, ATR 42 e similares não podem utilizar as pontes de embarque, devendo utilizar somente as posições remotas. As aeronaves modelos Boeing 737-300 / 700 / 800 e Airbus A319 / A320 podem utilizar todas as posições de estacionamento, sem restrições. Para estacionamento de aeronaves de pequeno porte, existem dois pátios denominados pátios de aviação geral, situados do lado leste do aeroporto, além de diversos hangares particulares e de empresas de táxi aéreo. A figura 14 mostra o pátio de estacionamento para aeronaves comerciais, com as posições de estacionamento numeradas de 01 a 29.

Figura 14 - Pátio de Aeronaves Comerciais
Fonte: (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2010)

Atualmente, diversas restrições são aplicadas à operação do aeroporto, o que, de alguma forma, contribui para a diminuição da sua capacidade. As restrições impostas são:

- O aeroporto é considerado coordenado pelo CGNA do Comando da Aeronáutica; assim, somente podem operar em Congonhas voos que receberam previamente um *slot* para decolagem ou pouso designado por esse órgão (ANAC, 2006).
- Horário de funcionamento: não são permitidos voos entre 23:00h e 06:00h (ANAC, 2008a).
- Voos *charter* são permitidos apenas aos sábados, entre 14:00h e 22:45h e aos domingos, entre 06:00h e 14:00h, ainda assim, sujeitos à disponibilidade de *slots* (ANAC, 2008a).
- Aeronaves comerciais, quando transportando passageiros, não podem operar na pista auxiliar (ANAC, 2008b).
- Apesar das pistas principal e auxiliar possuírem 1940m e 1435m, respectivamente, as aeronaves devem operar com pesos ajustados para 1790m para decolagem e 1646m para pouso na pista principal, e 1345m para decolagem e 1195m para pouso na pista auxiliar (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2010).
- Aeronaves não podem cruzar a pista principal quando o aeroporto estiver operando por instrumentos e existir uma aeronave que já tenha passado o marcador externo na aproximação, pois os cruzamentos interferem nos sinais de rádiofrequência do sistema ILS.

5.2 Área Terminal de São Paulo

A TMA de São Paulo engloba os aeroportos de Congonhas, Guarulhos, Campinas, Marte e Jundiaí, entre outros. É uma área de confluência de muitas aerovias com tráfego aéreo intenso. O órgão responsável pelo controle de tráfego na terminal é o APP São Paulo, que responde ainda pelas CTRs existentes dentro da terminal. As figuras 15 e 16 mostram os perfis lateral e vertical da TMA São Paulo.

Figura 15 - Perfil lateral da TMA São Paulo
Fonte: (FRAGA, 2009)

Figura 16 - Perfil vertical da TMA São Paulo
Fonte: (DECEA, 2010)

5.2.1 Regras de tráfego aéreo específicas

Não obstante as regras de tráfego aéreo descritas na seção 3.3, no Aeroporto de Congonhas existem regras específicas de separação que levam em consideração as condições meteorológicas reinantes (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2009a). Os mínimos de separação aplicáveis nessas condições estão descritos na tabela 3.

Tabela 3 - Separação mínima entre aeronaves em aproximação para Congonhas

Fonte: (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2009a)

Teto	Visibilidade	Separação mínima
Igual ou superior a 1000 pés (300 metros)	Igual ou superior a 5km	3NM
Entre 600 e 1000 pés (180 a 300 metros)	Entre 2800 e 5000 metros	4NM
Entre 200 e 600 pés (60 a 180 metros)	Entre 1200 e 2800 metros	5NM

É importante observar que, na TMA São Paulo, aviões operando segundo regras VFR e helicópteros devem seguir corredores específicos pré-estabelecidos (REA e REH), de forma a não interferir com os tráfegos operando IFR (DECEA, 2010).

5.3 Modelo construído

No modelo criado para este estudo foram definidas as pistas de pouso, as pistas de rolamento e as posições de estacionamento para aeronaves comerciais. Para o estacionamento de aeronaves privadas, foram definidos os pátios de aviação geral 1 e 2, no lado leste do aeroporto, e dois pátios adicionais em posições onde existem hangares com grande movimento de aeronaves. A figura 17 mostra a representação do aeroporto utilizada no modelo do sítio aeroportuário construído. Para os tempos de parada de cada tipo de aeronave nas posições de estacionamento, foram utilizados os valores recomendados pelos fabricantes, por meio dos gráficos mostrados no anexo B.

De acordo com Perrella et al (2000), os ventos predominantes sopram entre sudoeste e sudeste, ocasionando maior utilização das pistas 17R e 17L. Sendo assim, para o espaço aéreo da Área Terminal de São Paulo, foram modeladas todas

as SID e STAR para as pistas 17L e 17R, apresentadas no Anexo A. A figura 18 mostra as rotas modeladas.

Figura 17 – Representação do Aeroporto de Congonhas no Visual SIMMOD

Foram inseridas, ainda, as regras de tráfego aéreo brasileiras, descritas na seção 3.3. Não obstante os mínimos de separação descritos nas regras, em entrevistas realizadas com controladores de tráfego aéreo da torre de controle do Aeroporto de Congonhas verificou-se que a separação de saída empregada depende de vários fatores, tais como: experiência do controlador, procedimentos de saída que serão usados, desempenho das aeronaves e contingência para falhas de comunicação, entre outros. Dessa forma, para o modelo desenvolvido neste trabalho foi proposta uma separação de noventa segundos entre decolagens, considerada adequada pelos controladores e condizente com o atualmente praticado.

Os controladores informaram também que uma instrução de trabalho específica determina que uma aeronave só poderá ser autorizada a ingressar na pista para decolagem caso uma aeronave em aproximação esteja a 7NM, pelo menos, da cabeceira da pista. Tal restrição tem por objetivo evitar aproximações perdidas causadas pela eventual demora em iniciar a corrida de decolagem, após a autorização de ingresso na pista. Essa separação mínima também foi considerada no modelo.

Figura 18 – Rotas de saída (SID) e chegadas (STAR) modeladas no SIMMOD

5.4 Dados de demanda

Uma vez que Congonhas é um aeroporto coordenado pelo CGNA, todos os voos devem receber previamente um *slot* para operação. A tabela do anexo C.2 apresenta os *slots* alocados para voos comerciais e sua análise mostra que não há dia pico de operação. De fato, os mesmos voos são realizados diariamente, de segunda a sexta-feira, havendo apenas uma diminuição aos sábados e domingos. Sendo assim, foram inseridos no *software* todos os voos regulares que possuem *slots* designados pelo CGNA para dias úteis. A tabela 4 apresenta a quantidade de voos alocados por hora de operação do aeroporto. Analisando a tabela, é possível notar pequenas variações entre o total de movimentos nas 17 horas de operação do aeroporto, e também variações no balanceamento entre decolagens e pousos alocados para cada hora, conforme mostrado na figura 19.

Além dos *slots* para voos comerciais, o CGNA aloca quatro *slots* por hora, sendo um a cada 15 minutos, para a aviação geral, que opera aeronaves de menor porte.

Tabela 4 - Alocação de *slots* para voos comerciais

Fonte: (CGNA, 2009)

Horários	Decolagens	Pousos	Total
06:00 – 06:59	17	11	28
07:00 – 07:59	12	17	29
08:00 – 08:59	19	12	31
09:00 – 09:59	11	19	30
10:00 – 10:59	18	13	31
11:00 – 11:59	14	16	30
12:00 – 12:59	14	15	29
13:00 – 13:59	17	13	30
14:00 – 14:59	11	21	32
15:00 – 15:59	17	10	27
16:00 – 16:59	12	18	30
17:00 – 17:59	16	15	31
18:00 – 18:59	16	14	30
19:00 – 19:59	15	16	31
20:00 – 20:59	14	17	31
21:00 – 21:59	14	18	32
22:00 – 22:59	11	6	17
Total	248	251	499

Figura 19 – Movimentos por hora em Congonhas

Fonte: (CGNA, 2009)

5.5 Validação do modelo de simulação

Após a inserção dos voos, inicialmente foi feita uma análise visual do funcionamento do modelo com a ferramenta *Animator*, a fim de identificar possíveis erros em procedimentos, conflitos e *gridlocks*. Ao final desse passo, o modelo encontrou-se com todas as rotas, tanto aéreas como de táxi, corretas e sem conflitos. A figura 20 mostra um exemplo de análise com o *Animator*.

Figura 20 – Verificação de rotas de solo com a ferramenta *Animator*

Em seguida, passou-se à análise dos dados quantitativos, comparando-se o total de voos simulados e sua distribuição pelas rotas de saída e chegada com a tabela do Anexo C.2. O objetivo dessa fase é verificar se todos os voos foram criados com origem e destino corretos. A tabela 5 mostra a quantidade de voos simulada por rota de saída e chegada. Por tratar-se de uma quantidade de movimentos relativamente pequena e distribuída de forma diferente a cada dia, os *slots* da aviação geral não foram incluídos no modelo durante a fase de validação, mas estão presentes em todos os outros cenários simulados.

A última parte da validação consistiu em verificar o funcionamento do modelo ao longo do tempo, comparando a quantidade de decolagens e pousos ocorridos em

cada hora da simulação com os dados da tabela 4. Nessa fase, foram validadas as regras de separação inseridas no modelo, analisando-se as possíveis ondas de atraso e sua propagação em relação ao previsto.

Tabela 5 – Quantidade de voos simulados por rota

Tipo	Rota	Transição	Quantidade	Total
Saída	APIT	NIBGA	61	248
	DIADEMA	PERES	23	
		COSME	69	
	DUMO	TEXAS	29	
		BGC	40	
	KING	SCB	26	
Chegada	CELSO 17	GRADE	70	251
		PCL	28	
	REDE 17	PNG	15	
		OSAMU	43	
		LITRE	95	
		Total		

Os cálculos de validação são detalhados no apêndice B. Ao final do processo de análise e ajuste foi obtido o gráfico da figura 21, que mostra as diferenças entre movimentos previstos e simulados por hora.

Figura 21 – Comparação entre movimentos previstos e simulados

Observando o gráfico, é possível notar que os pousos (LDG) sofrem variações menores que as decolagens (DEP). Essa diferença corresponde à realidade, pois, de acordo com as regras de tráfego aéreo, as aeronaves pousando têm prioridade sobre as que vão decolar (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2009b). Outra característica do modelo é diluir os voos que não puderam operar na hora prevista, na hora subsequente. Isto também corresponde ao que ocorre na realidade, já que o espaçamento entre as aproximações é aumentado quando existe acúmulo de tráfego para decolagem, para permitir um fluxo maior de decolagens.

5.6 Cenários alternativos

Tendo sido concluída a fase de validação, o modelo encontrou-se pronto para a simulação dos cenários alternativos de operação do aeroporto. Foram, então, criados diversos cenários a fim de verificar o comportamento do sistema sob variações de demanda e com alterações de procedimentos.

Para a definição dos cenários que seriam simulados, foram calculadas capacidades teóricas com o *FAA Airport Capacity Model* e esses dados foram confrontados com a distribuição diária de *slots*. A figura 22 apresenta os envelopes de capacidade para o cenário com separação de 7NM entre aproximações e 90 segundos entre decolagens (operação atual) e um outro, com separações de 5NM / 60 segundos. Os envelopes mostram que o volume de operações excede a capacidade no cenário atual e que as reduções de separação têm potencial para aumento da capacidade do aeroporto. Com isso, foram definidos os seguintes cenários para serem simulados:

- Separação de 90 segundos entre decolagens e 7NM entre aproximações;
- Separação de 60 segundos entre decolagens e 7NM entre aproximações;
- Separação de 90 segundos entre decolagens e 5NM entre aproximações;
- Separação de 60 segundos entre decolagens e 5NM entre aproximações;
- Substituição de aeronaves turbo-hélices por jatos;
- Reorganização da tabela de alocação de *slots*.

Figura 22 – Distribuição atual de *slots* e envelopes de capacidade de Congonhas

5.6.1 Cenário atual

No modo atual de operação, os controladores de tráfego aéreo empregam separação de 90 segundos entre decolagens consecutivas e 7NM de separação entre aeronaves em aproximação, a fim de permitir uma decolagem intercalada entre duas aproximações. A tabela 6 apresenta os resultados obtidos com a separação atual e as variações de demanda propostas em 4.5.1. Note-se que o aeroporto encontra-se saturado, sendo necessária uma redução de tráfego da ordem de 9.9% para que o atraso médio chegue a um nível aceitável.

Tabela 6 - Atraso médio - cenário simulado: 7NM / 90 seg

Demanda	Número de voos diários	Atraso médio para decolagem (minutos)
Redução de 15%	492	3.07
Redução de 10%	517	5.07
Redução de 5%	542	7.51
Atual	567	9.52
Aumento de 5%	593	12.42
Aumento de 10%	617	15.28
Aumento de 15%	642	23.49

5.6.2 Separação de 60 segundos entre decolagens

Considerando a recomendação da ICAO de uma separação mínima de 60 segundos entre decolagens consecutivas, foi criado outro cenário, combinando separações de 60 segundos entre decolagens e 7NM entre aproximações, com as variações de demanda propostas. A tabela 7 apresenta do resultados obtidos nessas condições. Neste cenário, note-se que o aeroporto opera em condição seriamente congestionado, sendo necessária uma redução de 9% no volume de tráfego para que o atraso médio seja considerado aceitável.

Tabela 7 - Atraso médio - cenário simulado: 7NM / 60 seg

Demanda	Atraso médio para decolagem (minutos)
Redução de 15%	3.03
Redução de 10%	5.21
Redução de 5%	5.86
Atual	7.58
Aumento de 5%	11.98
Aumento de 10%	13.95
Aumento de 15%	22.57

5.6.3 Separação de 5NM entre aproximações

De acordo com as regras apresentadas em 3.3.1 e as regras específicas de operação do Aeroporto de Congonhas (5.2.1), a separação entre aeronaves em aproximação poderia ser reduzida para até 3NM quando operando sob boas condições meteorológicas. No entanto, além de não ser possível operar com essa separação sob condições adversas, também não é possível intercalar uma decolagem entre duas aproximações separadas em 3NM.

Já uma separação de 5NM pode ser utilizada mesmo em condições meteorológicas de operação por instrumentos e permite uma decolagem entre duas aproximações consecutivas. Por isso, optou-se por criar um cenário de simulação combinando a separação de 5NM com as variações de demanda consideradas anteriormente. É importante destacar que a separação entre decolagens foi novamente ajustada para

90 segundos. O objetivo desse retorno é avaliar o impacto de cada modificação separadamente. A tabela 8 apresenta os resultados dessa simulação. Note-se, neste cenário, que o aeroporto encontra-se congestionado, sendo necessária uma redução do volume de tráfego da ordem de 7% no volume de tráfego para que o atraso médio torne-se aceitável.

Tabela 8 - Atraso médio - cenário simulado: 5NM / 90 seg

Demanda	Atraso médio para decolagem (minutos)
Redução de 15%	2.79
Redução de 10%	4.71
Redução de 5%	5.53
Atual	6.49
Aumento de 5%	10.94
Aumento de 10%	14.36
Aumento de 15%	19.47

5.6.4 Combinação dos cenários de 60 segundos e 5NM

Visando a verificar a capacidade do sistema num cenário otimizado e dentro das normas recomendadas, foi criado um cenário de simulação combinando-se os anteriores, ou seja, separação entre decolagens de 60 segundos e 5NM entre aproximações. A tabela 9 apresenta os resultados desse cenário com a aplicação das demandas estipuladas. Note-se que com a combinação de separações utilizada, o aeroporto é considerado congestionado com o volume de tráfego atual e uma redução da ordem de 3.5% é necessária para que os atraso médio fique aceitável.

5.6.5 Substituição de aeronaves turbo-hélices por jatos

As aeronaves com propulsão por motores turbo-hélices têm desempenho inferior às aeronaves a jato e, com isso, utilizam velocidades menores durante a aproximação, podendo causar uma diminuição do fluxo de aeronaves e consequente aumento dos atrasos. Para verificar o impacto da operação dessas aeronaves, foi criado um cenário onde as aeronaves ATR 42 foram substituídas por Airbus A320. O cenário com essa substituição foi combinado com as separações de 7NM / 90 segundos e

5NM / 60 segundos, além das variações de demanda. A tabela 10 mostra os resultados obtidos. Note-se que no cenário com 7NM e 90 segundos de separação, o aeroporto apresenta-se seriamente congestionado e uma redução de cerca de 8% no volume de tráfego é necessária para que o atraso médio fique aceitável. Já no cenário que utiliza separações de 5NM e 60 segundos, o atraso médio é considerado aceitável com o volume de tráfego atual.

Tabela 9 - Atraso médio - cenário simulado: 5NM / 60 seg

Demanda	Atraso médio para decolagem (minutos)
Redução de 15%	2.12
Redução de 10%	3.93
Redução de 5%	4.36
Atual	5.65
Aumento de 5%	8.61
Aumento de 10%	10.97
Aumento de 15%	18.35

Tabela 10 - Atraso médio - cenário simulado: aeronaves a jato

Demanda	Atraso médio para decolagem (minutos)	
	Separação 7NM / 90 seg	Separação 5NM / 60 seg
Redução de 15%	3.21	2.34
Redução de 10%	4.48	3.35
Redução de 5%	6.46	3.74
Atual	8.19	4.91
Aumento de 5%	12.33	8.21
Aumento de 10%	14.68	11.23
Aumento de 15%	24.58	22.57

5.6.6 Reorganização da tabela de alocação de *slots*

Observando a tabela de alocação de slots do CGNA, apresentada no anexo C.2, verifica-se que alguns *slots* sequenciais são alocados a voos que decolam para o mesmo destino ou, em outros casos, usando a mesma subida. A tabela 11 mostra um exemplo dessas ocorrências.

Tabela 11 - Exemplo de decolagens sucessivas usando a mesma SID

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
6:17	TAM3900		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
6:19	GLO1500		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
6:21	GLO1346		SBVT	B737	DEP	DIADEMA	PERES

Essa sucessão de voos seguindo a mesma trajetória pode levar a atrasos para decolagem e ainda a restrições impostas às aeronaves em voo, durante a subida, para que a separação mínima seja mantida. Para verificar se é possível reduzir os níveis de atraso modificando a tabela de *slots*, foi criado um cenário com trocas de *slots* entre voos, de forma a evitar ao máximo decolagens sucessivas na mesma rota. Os voos modificados encontram-se no anexo C.6. A tabela 12 mostra os resultados da simulação do cenário, combinado com as separações de 7NM / 90 seg e com as variações de demanda. Note-se que os atrasos com a modificação da tabela de *slots* são maiores que na condição atual de operação, com o aeroporto permanecendo saturado para a demanda atual. Uma redução da ordem de 16% é necessária para que o nível de serviço oferecido às aeronaves passe a ser adequado.

Tabela 12 - Atraso médio - cenário simulado: reorganização de *slots*

Demanda	Atraso médio para decolagem (minutos)
Redução de 15%	5.42
Redução de 10%	6.57
Redução de 5%	7.28
Atual	11.22
Aumento de 5%	16.22
Aumento de 10%	29.88
Aumento de 15%	109.57

5.7 Conclusões do capítulo

Nesse capítulo foram apresentadas as principais características do Aeroporto de Congonhas e da Área Terminal de São Paulo, bem como descritas a criação e validação de um modelo de simulação para o Aeroporto, de acordo com a metodologia proposta. A partir do modelo inicial validado, foram considerados

diversos cenários de operação e apresentados os resultados obtidos em cada um, segundo as métricas propostas. No próximo capítulo é feita uma análise comparativa desses resultados, assim como comparações entre cenários diferentes.

6. ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS

Em uma primeira análise da simulação do cenário atual de operação (separações de 7NM e 90 segundos), pode-se obter o gráfico da figura 23, a partir dos dados apresentados na tabela 6.

Figura 23 – Atraso médio em função do volume de tráfego – separação de 7NM / 90 segundos

O gráfico mostra que os atrasos obtidos com os sete níveis de volume de tráfego são consistentes com o encontrado na literatura, que afirma que os atrasos aumentam de forma exponencial quando o aeroporto está operando próximo ao limite de capacidade (DE NEUFVILLE, 1976 e HORONJEFF e MCKELVEY, 1994). Essa consistência assegura a confiabilidade do modelo para uso nos próximos cenários. Também é possível inferir que o Aeroporto de Congonhas encontra-se saturado, de acordo com a escala de nível de serviço adotada, mostrada na tabela 1.

Como descrito na metodologia (seção 4.3), o atraso para decolagem é calculado por meio da soma do atraso na posição de estacionamento, do tempo de atraso no táxi e do tempo de espera na fila de decolagem. Decompondo-se essa soma, foi obtido o

gráfico da figura 24, que mostra a variação de cada uma dessas parcelas de atraso em função do volume de tráfego.

Figura 24 – Decomposição do atraso médio para decolagem – separação 7NM / 90 segundos

O gráfico mostra que, com baixas demandas, a fila de decolagem ainda não opera na capacidade máxima, o que passa a ocorrer com demanda entre -5% e a atual. A partir desse ponto, o tempo de atraso na fila é praticamente constante, pois, como a fila tem um tamanho definido, as aeronaves esperam o mesmo tempo para percorrer toda a fila. Com isso, passam a existir atrasos na posição de estacionamento, já que as aeronaves aguardam estacionadas até que exista uma posição livre na fila de decolagem.

Já o atraso durante o táxi aumenta de forma praticamente linear com a demanda, até cerca de 10% acima do volume atual e, acima disso, o aumento torna-se exponencial. O aumento de atraso no táxi deve-se principalmente às pistas de táxi “X” e “W”, que comportam, cada uma, apenas uma aeronave, visto que possuem apenas uma entrada / saída. Com o aumento do volume de tráfego, aumenta também a quantidade de aeronaves que utilizam as posições 17 a 23, servidas pela pista de táxi “W”, e 24 a 29, servidas pela pista de táxi “X”, levando a maiores esperas no táxi.

Outra análise que pode ser feita é do tempo de ocupação das posições de estacionamento das aeronaves comerciais. O gráfico da figura 25 mostra a taxa de ocupação dos *gates* em função do volume de tráfego. A taxa de ocupação para cada nível de demanda é calculada por meio da razão entre a soma dos tempos de permanência das aeronaves nos *gates* pelo tempo total disponível (17 horas de operação do aeroporto multiplicado por 29 *gates*).

Figura 25 - Taxa de ocupação das posições de estacionamento - Cenário 7NM / 90seg

O gráfico indica que a ocupação das posições de estacionamento aumenta de forma consistente com o aumento de demanda e que esse subsistema tem capacidade para absorver aumento de demanda, já que a taxa de ocupação média é de pouco mais de 50%, mesmo considerando uma demanda 15% superior à atual.

É importante notar que a análise de ocupação das posições de estacionamento foi realizada com base nos tempos ótimos de trânsito (*turn around time*) informados pelos fabricantes e apresentados no Anexo B. No entanto, na operação diária, as empresas frequentemente deixam as aeronaves estacionadas por tempos maiores, aguardando a conexão entre voos. Não foi possível simular esses tempos, pois isso depende de dados restritos às empresas que variam diariamente em função dos

trilhos alocados à cada aeronave. Com isso, é possível que a ocupação real dos *gates* seja superior aos resultados aqui apresentados.

6.1 Comparação entre os cenários

Com os resultados dos cenários de simulação, apresentados nas tabelas 6 a 12, foram construídos a tabela 13 e o gráfico da figura 26. A comparação entre os cenários mostra que a redução de separação é eficaz para redução de atrasos e melhora do nível de serviço do aeroporto. A redução de 90 para 60 segundos entre decolagens permite uma redução de 20,4% nos atrasos para a demanda atual. A redução de separação de 7NM para 5NM, diminui os atrasos em 31,8%. Já a combinação das reduções de separação entre decolagens e aproximações permite uma redução de atrasos da ordem de 40,6% para a demanda atual.

Tabela 13: Comparação entre os cenários simulados

Cenário	Número de voos diários	Cenário atual	60seg / 7NM	90seg / 5NM	60seg / 5NM	Subst. de turbo-hélices por jatos		Reorg. tabela de <i>slots</i> 90seg / 7NM
						90seg / 7NM	60seg / 5NM	
Redução de 15%	492	3.07	3.03	2.79	2.12	3.21	2.34	5.42
Redução de 10%	517	5.07	5.21	4.71	3.93	4.48	3.35	6.57
Redução de 5%	542	7.51	5.86	5.53	4.36	6.46	3.74	7.28
Atual	567	9.52	7.58	6.49	5.65	8.19	4.91	11.22
Aumento de 5%	593	12.42	11.98	10.94	8.61	12.33	8.21	16.22
Aumento de 10%	617	15.28	13.95	14.36	10.97	14.68	11.23	29.88
Aumento de 15%	642	23.49	22.57	19.47	18.35	24.58	22.57	109.57

6.2 Substituição de aeronaves turbo-hélices por jatos

Comparando-se os resultados das simulações do cenário atual com um cenário onde apenas aeronaves a jato são operadas (tabelas 6, 9 e 10), foi construído o gráfico da figura 27. Esse gráfico mostra que a substituição de aeronaves reduz os atrasos em cerca de 13%, tanto no cenário com separação de 7NM / 90 segundos quanto com 5NM / 60 segundos. Com isso, no cenário com 7NM / 90 segundos, o aeroporto passa de saturado para seriamente congestionado e, no cenário com 5NM

/ 60 segundos, passa de congestionado para aceitável, de acordo com a escala de nível de serviço adotada.

Figura 26 – Comparação entre os cenários simulados

Figura 27 – Comparação entre os cenários com substituição de turbo-hélices por jatos

6.3 Reorganização da tabela de *slots*

A figura 28 mostra a comparação entre o cenário atual e o cenário com os *slots* reordenados, ambos com separação de 7NM / 90 segundos.

A modificação da tabela de *slots*, de forma a separar as decolagens consecutivas, gerou um aumento dos atrasos médios. Tal aumento pode ser explicado pela característica de operação de aeródromos com uma única pista, onde a maior capacidade horária é atingida quando há apenas decolagens. Dessa forma, quando há, na tabela de *slots*, vários voos decolando sem nenhuma aproximação intercalada, o aeroporto está, ainda que momentaneamente, operando em sua capacidade máxima. A figura 23, apresentada na seção 5.5, mostra os envelopes de capacidade do Aeroporto de Congonhas, onde essa característica de capacidade máxima de decolagens pode ser observada.

Figura 28 – Comparação entre os cenários com reorganização de *slots*

6.4 Conclusões do Capítulo

Nesse capítulo foi apresentada uma análise dos diversos cenários simulados para o Aeroporto de Congonhas, bem como uma comparação entre eles. A comparação

mostra que alguns cenários apresentam-se eficazes para a redução do atraso médio para decolagem das aeronaves, como as reduções de separação entre aeronaves na aproximação, por exemplo. Já outros cenários apresentaram-se ineficazes, como a modificação da tabela de *slots*. No próximo capítulo são apresentadas as conclusões finais do trabalho.

7. CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

O objetivo deste trabalho foi apresentar uma metodologia de avaliação da capacidade do lado aéreo de aeroportos associada ao nível de serviço oferecido às aeronaves. Para tanto, foram reunidos conceitos de abordagem sistêmica, capacidade associada a nível de serviço e ferramentas de simulação, úteis para esse tipo de abordagem. A metodologia foi aplicada ao Aeroporto de Congonhas.

A metodologia descrita mostrou-se eficaz para avaliação de capacidade do lado aéreo de aeroportos, bem como para propor cenários capazes de melhorar o nível de serviço oferecido pelo aeroporto analisado.

De acordo com os resultados obtidos, o Aeroporto de Congonhas encontra-se saturado nas condições atuais de operação, levando as aeronaves a esperas excessivas no solo, com nível de serviço abaixo do aceitável. Também é possível concluir que há um desbalanceamento entre os componentes analisados: enquanto a limitação operacional é imposta pelo subsistemas pistas de pouso e de táxi, as posições de estacionamento apresentam capacidade ociosa.

A partir de uma regressão linear com dados obtidos no cenário de operação atual, conclui-se que uma redução do volume de tráfego da ordem de 9,9% é necessária para que o aeroporto passe a operar com um nível de serviço aceitável. Isso equivale à redução de 49 voos por dia.

Os cenários alternativos mostram que é possível melhorar sensivelmente o nível de serviço oferecido às aeronaves sem necessidade de investimentos em infraestrutura, apenas com modificações nos procedimentos operacionais de controle de tráfego aéreo.

Assim, num cenário com redução da separação entre decolagens para 60 segundos e mantendo-se a separação entre aproximações em 7NM, há uma redução de quase 2 minutos no atraso médio das aeronaves, mas uma redução de tráfego da ordem de 9% ainda se faz necessária para que o atraso seja aceitável.

Num cenário com modificação da separação entre aproximações para 5NM, mas mantendo-se o intervalo entre decolagens em 90 segundos, o aeroporto passa de saturado para congestionado e uma redução de volume de tráfego de 7% é necessária para que o atraso seja aceitável.

Num cenário que combina as modificações da separação entre aproximações de 7NM para 5NM, e entre decolagens de 90 para 60 segundos, o nível de serviço passa de saturado para congestionado. É necessária, então, uma redução de 3,7% no volume de operações para atingir-se um nível de serviço aceitável, o que representa a redução de 19 voos por dia. A adoção de saídas por instrumentos baseadas em vetoração radar é uma alternativa viável para a efetivação das mudanças nas separações entre decolagens. Essas modificações exigem, no entanto, redimensionamento e capacitação do pessoal dos órgãos ATC envolvidos (torre e controle de aproximação), bem como a familiarização dos pilotos das empresas que operam em Congonhas com os novos procedimentos.

Um cenário que alia as modificações nas regras de tráfego aéreo com a substituição de aeronaves turbo-hélices por jatos apresenta-se como a melhor opção de operação do aeroporto, levando a que o nível de serviço seja aceitável sem necessidade de redução na quantidade de operações. No entanto, a implantação desse cenário depende de uma análise de viabilidade econômica e financeira por parte da empresa que opera as aeronaves turbo-hélices, o que pode dificultar ou mesmo inviabilizar esse cenário, em função dos investimentos envolvidos na substituição.

A reordenação da tabela de *slots* intercalando-se pousos e decolagens mostrou-se ineficaz, levando a um aumento do atraso médio. Nesse aspecto, pode-se concluir que a ordenação atual dos voos é mais eficaz para a operação do aeroporto.

Entre as várias possibilidades que se apresentam para ampliação e aprofundamento do trabalho, destacam-se as seguintes:

- Estudos que determinem o nível de risco associado ao aumento da capacidade do aeroporto a partir da utilização da pista auxiliar por aeronaves comerciais;
- Modificação do modelo para inclusão de operações de aeronaves comerciais a partir da pista auxiliar, com o objetivo de determinar a nova capacidade do aeroporto nessa condição de operação;
- Elaboração de modelos mais abrangentes, capazes de verificar se o tráfego aéreo induzido pelos outros aeroportos localizados na TMA São Paulo (Guarulhos e Campinas) tem impacto negativo sobre a capacidade do Aeroporto de Congonhas.

REFERÊNCIAS

AIRBUS - Société par Actions Simplifiée. A319 Airplane Characteristics for Airport Planning. Toulouse, France, 1995.

AIRBUS - Société par Actions Simplifiée. A320 Airplane Characteristics for Airport Planning. Toulouse, France, 1995b.

Alves, C. J. P. Uma Metodologia para Avaliação e Dimensionamento de Terminais de Passageiros em Aeroportos Brasileiros. 1981. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981.

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil. Ato Resolução 2, Diretoria, Brasília, 2006.

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil. Resolução 55, Diretoria, Brasília, 2008a.

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil. Instrução de Aviação Civil IAC 121-1013. Procedimentos e Requisitos Técnico-Operacionais Complementares para Operação no Aeroporto de Congonhas (Empresa Aérea RBHA 121), Superintendência de Segurança Operacional, Rio de Janeiro, 2008b.

ATR – Avions de Transport Régional. ATR 42 Airplane Characteristics. Toulouse, France, 1999.

BARRAGAN, G. A. D.; ALVES, C. J. P. Utilização de um Modelo de Simulação para a Análise da Capacidade do SBKP. In: Anais do VII SITRAER - Simpósio de Transporte Aéreo, Rio de Janeiro, 2008. v. 1, p. 925-936.

BARRAGAN, G. A. D. Uma Análise de Capacidade das Pistas dos Aeroportos da CTR São Paulo Através de Simulação. 2009. Dissertação (Mestrado), Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2009.

BASTOS, A. D.; BAUM, D. M.; CORREIA, A. R. Análise de Capacidade de Operação dos Boxes do Aeroporto de São Paulo - Congonhas por Meio de Simulação Computacional. In: Anais do VII SITRAER - Simpósio de Transporte Aéreo, Rio de Janeiro, 2008. v. 1, p. 193-208.

BASTOS, A. L. D. Uma Aplicação do Conceito de Navegação Baseado em Performance: Análise das Rotas ATS de Salvador. 2009. Dissertação (Mestrado), Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2009.

BAUM, D. M. Uma Análise da Carga de Trabalho do APP-SP por Meio de Simulação Computacional. 2009. Dissertação (Mestrado), Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2009.

BOEING Commercial Airplanes. 737 Airplane Characteristics for Airport Planning. Seattle, USA, 2005.

BOEING Commercial Airplanes. Current Market Outlook 2010-2029. Seattle, USA, 2010.

CGNA - Centro de Gerenciamento de Navegação Aérea. Tabela de Alocação de Slots, , Rio de Janeiro, 2009. Disponível em http://www.cgna.gov.br/full_web_slot/. Último acesso: 25 de abril de 2009.

COMANDO DA AERONÁUTICA. Demanda Detalhada dos Aeroportos Brasileiros. Instituto de Aviação Civil, Rio de Janeiro, 2005.

COMANDO DA AERONÁUTICA. Circular de Tráfego Aéreo 100-6, Separação Radar Mínima de 3NM entre Aeronaves. Departamento de Controle do Espaço Aéreo, Rio de Janeiro, 2007.

COMANDO DA AERONÁUTICA. AIP-Brasil. Departamento de Controle do Espaço Aéreo, Rio de Janeiro, 2009a.

COMANDO DA AERONÁUTICA. ICA 100-12, Regras do Ar e Serviços de Tráfego Aéreo. Departamento de Controle do Espaço Aéreo, Rio de Janeiro, 2009b.

COMANDO DA AERONÁUTICA. NOTAM D0349/2009 e D0350/2009, 2009d. Disponível em <http://www.aisweb.aer.mil.br/aisweb/>. Último acesso: 10 de abril de 2009.

COMANDO DA AERONÁUTICA. AIP-MAP. Departamento de Controle do Espaço Aéreo, Rio de Janeiro, 2010.

DE NEUFVILLE, R. Airport Systems Planning – A Critical Look at the Methods and Experience. Center for Transportation Studies, Massachusetts Institute of Technology, The MacMillan Press, London, 1976.

DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo. AIC N 25/08 - Diretrizes Operacionais Relativas às Características do Vórtice da Esteira de Turbulência do Airbus A380-800, 2008. Disponível em <http://publicacoes.decea.gov.br>. Último acesso de 10 de setembro de 2010.

FAA – Federal Aviation Administration. Wake Turbulence Training Aid, 1995. Disponível em http://www.faa.gov/training_testing/training/media/wake/01wake.pdf. Último acesso em 07 de setembro de 2010.

FAA – Federal Aviation Administration. SIMMOD Manual How SIMMOD Works, 2003. Disponível em http://www.tc.faa.gov/acb300/how_AASW_works.pdf. Último acesso em 10 de abril de 2010.

FOKKER Aircraft B. V. Airplane Characteristics for Airport Planning. Schiphol, The Netherlands, 1990.

FRAGA, R. Analysis of Criteria for Closely-Spaced Parallel Runway Approaches Applied to a Multiple Airport System, 2009. Dissertação (Mestrado), Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2009.

GUALDA, N. D. F. Modeling the Airport Terminal Building for Capacity Evaluation under Level-of-Service Criteria, 1978. PhD Dissertation, The University of Texas at Austin, Austin, TX, USA, 1978.

GUALDA, N. D. F. Terminais de Transportes: Contribuição ao Planejamento e ao Dimensionamento Operacional, 1995. Tese (Livre Docência), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

GUALDA, N. D. F.; BOTTER, R. C.; RODRIGUES FILHO, O. S. Simulation-Based Analyses of Aircraft Passenger Bridges Installation at Sao Paulo Congonhas Airport. In: IX Air Transport Research Society World Conference ATRS, Rio de Janeiro, 2005. p. 1-9.

HORONJEFF, R. Planning and Design of Airports. McGraw Hill, 2nd ed., New York, USA, 1975.

HORONJEFF, R.; MCKELVEY, F. X. Planning & Design of Airports. McGraw Hill, 4th ed, Boston, USA, 1994.

HUPALO, M. F. Análise da Área de Controle Terminal São Paulo (TMA-SP) por Meio de Simulação (Fast Time Simulation). 2003. Dissertação (Mestrado), Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2003.

ICAO – International Civil Aviation Organization. Annex 11 to the Convention on International Civil Aviation - Air Traffic Services. International Civil Aviation Organization, 13th ed., Montreal, Canadá, 2001.

ICAO – International Civil Aviation Organization. Annex 2 to the Convention on International Civil Aviation - Rules of the Air. International Civil Aviation Organization, 10th ed., Montreal, Canadá, 2005.

ICAO – International Civil Aviation Organization. Doc 7300/9 - Convention on International Civil Aviation. International Civil Aviation Organization, 9th ed., Montreal, Canadá, 2006.

ICAO – International Civil Aviation Organization. Doc 4444 ATM/501 - Procedures for Air Navigation Services - Air Traffic Management. International Civil Aviation Organization, 15th ed., Montreal, Canadá, 2007.

ICAO – International Civil Aviation Organization. Doc 7030 - Regional Supplementary Procedures. International Civil Aviation Organization, 5th ed., Montreal, Canadá, 2008.

INFRAERO - Empresa Brasileira de Infra-estrutura Aeroportuária. Histórico do Aeroporto de Congonhas, 2010a. Disponível em <http://www.infraero.gov.br/index.php/br/aeroportos/sao-paulo/aeroporto-de-sao-paulo--congonhas/historico.html>. Último acesso de 27 de setembro de 2010.

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infra-estrutura Aeroportuária. Movimento Operacional Acumulado, 2010b. Disponível em <http://www.infraero.gov.br/movi.php>. Último acesso em 27 de setembro de 2010.

ISA Software. RAMS Plus Simulation Solutions. 2009. Disponível em <http://www.ramsplus.com/files/What%20Is%20RAMS%20Plus.pdf>. Último acesso em 18 de setembro de 2010.

JEPPESEN A Boeing Company. TAAM Solutions. Jeppesen, 2010a. Disponível em <http://www.jeppesen.com/industry-solutions/aviation/government/total-airspace-airport-modeler.jsp>. Último acesso em 18 de setembro de 2010.

JEPPESEN A Boeing Company. South America Airway Manual. 2010b, Englewood, CO, USA.

JEPPESEN A Boeing Company. United States Airway Manual. 2010c, Englewood, CO, USA.

KAZDA, A., CAVES, R. E. Airport Design and Operation. Emerald Group Publishing Limited, 2nd ed, Howard House, Wagon Lane, Bingley, UK, 2008.

MEREDITH, D. D.; WONG, K. W.; WORTMAN, R. H. Design and Planning of Engineering Systems. Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA, 1973.

METROPOLITAN TRANSPORTATION COMMISSION (MTC). Regional Airport System Plan Update 2000 Final Report, San Francisco, CA, USA, 2000.

MOSER, R. F. Simulação e Análises de Configurações Aeroportuárias Utilizando Visual SIMMOD: Aplicação ao Aeroporto Internacional de São Paulo / Guarulhos. 2007. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MÜLLER, C. A Framework for Quality of Service Evaluation at Airport Terminals. 1987. Tese (Doutorado), University of California, Berkeley, CA, USA, 1987.

MÜLLER, C; SANTANA, E. S. M. Analysis of flight-operating costs and delays: The Sao Paulo terminal maneuvering area. Journal of Air Transport Management, 2008. v. 14, n. 6, p. 293-296.

ODONI, A. R. et al. Existing and Required Modeling Capabilities for Evaluating ATM Systems and Concepts. International Center for Air Transportation, Massachusetts Institute of Technology, 1997. Disponível em <http://web.mit.edu/aeroastro/www/labs/AATT/aatt.html>. Último acesso de 18 de setembro de 2010.

OLIVEIRA, M. Carga de Trabalho dos Controladores de Tráfego Aéreo - Análise da Área de Controle Terminal Brasília por Meio de Simulação. 2007. Dissertação (Mestrado), Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2007.

ORTÚZAR, J. D.; WILLUMSEN, L. G. Modeling Transport. John Willey & Sons, 3rd ed., New York, USA, 2001.

PIDD, M. Just Modeling Through: A Rough Guide to Modeling. Interfaces, 1999. v. 29, n. 2, p. 118-132.

PERRELLA, A. C. F. et al. Comparação dos Elementos Climáticos Observados nas Estações dos Aeroportos de Guarulhos, Congonhas, Campinas e São José dos Campos. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro, 2000, v. 1, p. 804 – 811.

POGIANELO, M. Análise do Espaço Aéreo Brasileiro por Meio de Simulação “Fast Time” - Estudo de Caso na Área de Controle Terminal Recife. 2008. Dissertação (Mestrado), Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2008.

PRADO, D. Usando o Arena em Simulação. INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 1^a ed., Belo Horizonte, 2003.

RIBEIRO, F. R. Modelo de Simulação para Análise Operacional de Pátios de Aeroportos. 2003. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SANTANA, E. S. M. Análise de Novos Cenários Operacionais para o Aeroporto Internacional de São Paulo / Guarulhos. 2002. Dissertação (Mestrado), Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2002.

SOARES, A. C. F. Regulamento de Tráfego Aéreo para Piloto Privado de Avião e Helicóptero, Manual Didático para o Voo Visual (VFR). Espaço Aéreo, 7^a ed., São Paulo, 1993.

SUBRAMANIAN, P. A. Simulation Study to Investigate Runway Capacity Using TAAM. 2002. Dissertação (Master Business Administration), Embry-Riddle Aeronautical University, Daytona Beach, Florida, USA, 2002.

SWEDISH, W. J. Upgraded FAA Airfield Capacity Model Volume I: Supplemental User's Guide. The MITRE Corporation, Virginia, USA, 1981.

WINSTON L. W. Operations Research Applications and Algorithms. Thompson Brooks / Cole, 4th ed, Belmont, CA, USA, 2004.

APÊNDICE A – FUNCIONAMENTO DO SOFTWARE SIMMOD

O SIMMOD é um modelo de simulação de eventos discretos e representa um sistema evoluindo no tempo, por meio de um modelo matemático e variáveis, cujo estado varia em pontos discretos do tempo. Esses pontos, conhecidos como eventos, são momentos onde ocorrem mudanças nas variáveis de estado. Por exemplo: considerando uma fila simples de aeronaves aguardando para decolagem, a chegada de uma nova aeronave na fila é um evento. O SIMMOD, então, calcula o efeito desse evento no comportamento do sistema e modifica o estado das variáveis afetadas antes de processar o próximo evento. Trata-se, também, de um modelo estocástico que utiliza variáveis aleatórias para produzir resultados únicos a cada iteração, representando as variações diárias do tráfego aéreo.

O escalonador de eventos e o relógio de simulação trabalham juntos para processar os eventos na sequência apropriada. O relógio avança de um evento para outro e o modelo ignora os intervalos de tempo onde não ocorrem eventos. Os eventos são processados na ordem estrita em que aparecem no escalonador. Se dois ou mais eventos são programados para ocorrer no mesmo instante de tempo, o relógio de simulação não avança até que todos tenham sido processados. No início da simulação, o SIMMOD inicializa o relógio com 00:00 e ordena os eventos externos. O relógio, então, avança para o primeiro evento e atualiza o estado das variáveis do sistema. Em seguida, o relógio avança para o segundo evento e o processo se repete até o final da simulação.

Para representar aeroportos e espaço aéreo o SIMMOD utiliza nós conectados por arcos. Um nó é um ponto do sistema onde o SIMMOD avalia a posição de uma aeronave com relação às demais aeronaves do sistema. Um arco define o caminho entre dois nós, por onde as aeronaves se movem. Existem dois grupos diferentes de nós: terrestres (*ground nodes*) e aéreos (*airspace nodes*). Nós terrestres representam posições no aeroporto, como *gates*, filas de decolagem e intersecções de pistas de pouso e de táxi. Nós aéreos representam locais como auxílios rádio à navegação, fixos, órbitas de espera, junções de rotas e interfaces com aeroportos. Os arcos terrestres e aéreos também formam dois grupos separados: os arcos terrestres representam pistas de pouso e táxi, enquanto os arcos aéreos

representam rotas, incluindo subidas, chegadas e aerovias. Grandes estruturas, como rotas e pistas, são geralmente compostas por vários arcos.

Cada voo criado na simulação corresponde a um certo tipo de aeronave. Os dados da aeronave permitem ao sistema distinguir diferentes aeronaves e atribuir regras apropriadas de separação, sequenciamento, velocidades, características de decolagem e pouso e limitações baseadas em tamanho da aeronave para cada um dos voos simulados.

O espaço aéreo simulado no SIMMOD é composto de uma malha de rotas das aeronaves. As rotas são definidas como uma série de nós e arcos e, quando duas ou mais rotas convergem, alguns nós e arcos serão comuns, ou seja, poderão aparecer nas definições de mais de uma rota. Todas as aeronaves movem-se no espaço ao longo dessas rotas e todos os voos simulados devem ter uma rota pré definida nos dados de entrada.

A cada movimento de uma aeronave no espaço aéreo simulado, os requisitos de separação são checados em relação a outras aeronaves na mesma rota e em rotas que se juntam ou que se cruzam. Ao contrário de voos reais, as aeronaves na simulação não podem desviar-se das rotas previamente definidas. Se isso ocorresse, os mínimos de separação não poderiam ser checados a cada iteração. A separação lateral é mantida, considerando-se que as rotas de entrada foram corretamente definidas.

Cada nó em uma rota tem uma altitude pré-definida, que é usada para calcular o consumo de combustível e a velocidade verdadeira. As altitudes são checadas e, caso necessário, ajustadas para manter as separações verticais mínimas e resolver conflitos.

Uma vez que o SIMMOD foi projetado para fornecer resultados realistas a partir de qualquer iteração de um conjunto de dados de entrada, é necessário rodar diversas iterações com um conjunto único de dados de entrada para estabelecer tendências estatisticamente significativas. Para uma série de iterações, os relatórios de saída agregam valores, além de calcular médias e desvios padrão, quando apropriado.

Outros trabalhos existentes na literatura mostram que dez iterações são suficientes para produzir resultados confiáveis com um conjunto de dados de entrada (SANTANA, 2002 e MOSER, 2007).

APÊNDICE B – VALIDAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

A validação do modelo de simulação foi feita comparando-se os movimentos previstos com os realizados em cada hora de funcionamento do aeroporto, no período escolhido. Para o modelo de Congonhas, a tabela 14 apresenta o comparativo.

Tabela 14 – Movimentos previstos e realizados no cenário de validação

Hora	DEP Prev	DEP Simul	Dif DEP	ARR Prev	ARR Simul	Dif ARR	Total Prev	Total Simul	Dif Total
06-07	17	16	1	11	11	0	28	27	1
07-08	12	11	1	17	17	0	29	28	1
08-09	19	21	-2	12	12	0	31	33	-2
09-10	11	12	-1	19	20	-1	30	32	-2
10-11	18	17	1	13	13	0	31	30	1
11-12	14	13	1	16	15	1	30	28	2
12-13	14	14	0	15	14	1	29	28	1
13-14	17	16	1	13	14	-1	30	30	0
14-15	11	13	-2	21	20	1	32	33	-1
15-16	17	16	1	10	11	-1	27	27	0
16-17	12	14	-2	18	17	1	30	31	-1
17-18	16	16	0	15	16	-1	31	32	-1
18-19	16	17	-1	14	14	0	30	31	-1
19-20	15	11	4	16	16	0	31	27	4
20-21	14	16	-2	17	15	2	31	31	0
21-22	14	15	-1	18	20	-2	32	35	-3
22-23	11	10	1	6	6	0	17	16	1
Total	248	248	0	251	251	0	499	499	0

Com os dados da tabela 13, pode-se obter o gráfico da figura 29, onde são mostradas as diferenças entre os movimentos de decolagem e pouso previstos e realizados por hora. A partir dessas diferenças, pode-se calcular a aderência média do modelo, por meio da equação 6.

Figura 29 – Diferenças entre movimentos previstos e realizados no cenário de validação

$$A = 1 - \frac{\sum_{h=1}^h \frac{|Dif\ Total|}{Total\ Prev}}{h} \quad (1)$$

onde:

A – aderência média do modelo

$Dif\ Total$ – diferença entre movimentos previstos e realizados

$Tot\ Prev$ – total de movimentos por hora

h – horas de operação do aeroporto

Aplicando-se os dados da tabela 13 na equação 6, obtém-se o valor de 95,6% de aderência do modelo criado à operação real do Aeroporto de Congonhas.

Anexo A – Saídas (SID) e Chegadas (STAR) de Congonhas

Figura 30 – Saídas APIT, AVEX e KING
Fonte: (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2009)

Figura 31 – Saída DIADEMA
Fonte: (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2010)

Figura 32 – Saída DUMO
Fonte: (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2010)

Figura 33 – Chegada CELSO 17
Fonte: (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2010)

26 OCT 06 MODIFICAÇÕES/CHANGES: COORD.

Figura 34 – Chegada REDE 17
Fonte: (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2010)

Anexo B – Diagramas de Ocupação do Estacionamento

Figura 35 – *Turn Around Time* para aeronaves ATR 42-300
Fonte: (ATR, 1999)

Figura 36 – Turn Around Time para aeronaves Airbus A319
 Fonte: (AIRBUS, 1995)

Figura 37 – Turn Around Time para aeronaves Airbus A320
 Fonte: (AIRBUS, 1995b)

NOTES:

1. ESTIMATES BASED ON MIXED-CLASS CONFIGURATION, 65% LOAD FACTOR
2. IT IS ASSUMED THAT ALL EQUIPMENT FUNCTION PROPERLY AND THAT NO ABNORMAL WEATHER CONDITIONS EXIST.
3. TOTAL TIME ON THE RAMP IS 25 MINUTES
4. BOTH FORWARD AND AFT DOORS ARE USED
5. 75% PASSENGER EXCHANGE
6. THIS DATA IS PROVIDED TO ILLUSTRATE THE GENERAL SCOPE AND TYPES OF TASKS INVOLVED IN TERMINAL OPERATIONS. VARYING AIRLINE PRACTICES AND OPERATING CIRCUMSTANCES THROUGHOUT THE WORLD WILL RESULT IN DIFFERENT SEQUENCES AND TIME INTERVALS TO ACCOMPLISH THE TASKS SHOWN.
7. GROUND OPERATIONS REQUIREMENTS SHOULD BE COORDINATED WITH USING AIRLINES PRIOR TO RAMP PLANNING

Figura 38 – Turn Around Time para aeronaves Boeing 737-100/200/300/400/500
Fonte: (BOEING, 2005)

Figura 39 – Turn Around Time para aeronaves Boeing 737-700
Fonte: (BOEING, 2005)

NOTES:

■ POSITION/REMOVE EQUIPMENT

- 100% EXCHANGE OF PASSENGERS AND CARGO
- 160 PASSENGERS BOARD AND DEPLANE VIA FWD LH ENTRY DOOR
- FUEL = 2,700 GALLONS AT 300 GPM
1 NOZZLE AT 50 PSIG
1,000 GALLONS FUEL RESERVE

- PASSENGER LOADING RATES:
UNLOADING - 18 PAX PER MINUTE
LOADING - 12 PAX PER MINUTE
- BAGGAGE LOADING RATES:
UNLOADING - 15.0 BAGS PER MINUTE
LOADING - 10.0 BAGS PER MINUTE

- 1.0 BAGS PER PAX (3.0 CU FT)
- 69 BAGS FWD/91 BAGS AFT
- 83% STACKING EFFICIENCY
- 1 GALLEY TRUCK USED
- 100% LOAD FACTOR

THIS DATA IS PROVIDED TO ILLUSTRATE THE GENERAL SCOPE AND TYPES OF TASKS INVOLVED IN TERMINAL OPERATIONS. VARYING AIRLINE PRACTICES AND OPERATING CIRCUMSTANCES THROUGHOUT THE WORLD WILL RESULT IN DIFFERENT SEQUENCES AND TIME INTERVALS TO ACCOMPLISH THE TASKS SHOWN.

Figura 40 – Turn Around Time para aeronaves Boeing 737-800
Fonte: (BOEING, 2005)

Figura 41 – *Turn Around Time* para aeronaves Fokker 100
 Fonte: (FOKKER, 1990)

ANEXO C – Tabelas de Voos Simulados

C.1 – Indicadores de Localidades

Código	Aeroporto
SBAU	Araçatuba / SP
SBBR	Brasília / DF
SBCF	Belo Horizonte / MG
SBCG	Campo Grande / MS
SBCT	Curitiba / PR
SBCX	Caxias do Sul / RS
SBCY	Cuiabá / MT
SBDN	Presidente Prudente / SP
SBFL	Florianópolis / SC
SBGL	Rio de Janeiro / RJ (Antônio Carlos Jobim)
SBGO	Goiânia / GO
SBIL	Ilhéus / BA
SBJF	Juiz de Fora / MG
SBJV	Joinville / SC
SBLO	Londrina / PR
SBMG	Maringá / PR
SBML	Marília / SP
SBNF	Navegantes / SC
SBPA	Porto Alegre / RS
SBRJ	Rio de Janeiro / RJ (Santos Dumont)
SBRP	Ribeirão Preto / SP
SBSR	São José do Rio Preto / SP
SBSV	Salvador / BA
SBUL	Uberlândia / MG
SBVT	Vitória / ES
SJTC	Bauru / SP

C.2 - Alocação de slots para voos comerciais em Congonhas

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
6:00	TAM3775	SBCG		A319	ARR	CELSO 17	GRADE
6:03	GLO1563	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
6:05	GLO1383	SBGL		B737	ARR	REDE 17	LITRE
6:07	TAM3801	SBCY		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
6:12	TAM3130		SBVT	A320	DEP	DIADEMA	PERES
6:14	GLO1293	SJTC		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
6:15	GLO1375	SBDN		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
6:17	TAM3900		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
6:19	GLO1500		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
6:21	GLO1346		SBVT	B737	DEP	DIADEMA	PERES
6:23	TAM3605	SBSV		A320	ARR	CELSO 17	PCL
6:25	VRN2331	SBSV		B737	ARR	CELSO 17	PCL
6:29	GLO1240		SBPA	B738	DEP	APIT	CURSE
6:33	PTN4780		SBJF	AT42	DEP	DIADEMA	PERES
6:35	TAM3763		SBLO	A319	DEP	KING	SCB
6:37	TAM3902		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
6:39	VRN2500		SBBR	B737	DEP	DUMO	BGC
6:41	TAM3737	SBSR		A319	ARR	CELSO 17	GRADE
6:43	TAM3242		SBUL	A320	DEP	DUMO	BGC
6:44	GLO1300		SBNF	B737	DEP	APIT	NIBGA
6:48	TAM3270		SBRP	A320	DEP	DUMO	BGC
6:49	TAM3035		SBJV	A319	DEP	APIT	NIBGA
6:50	TAM3471	SBGO		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
6:52	GLO1502		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
6:54	GLO1347	SBVT		B737	ARR	REDE 17	LITRE
6:56	ONE6000		SBRJ	F100	DEP	DIADEMA	COSME
6:58	TAM3702		SBBR	A319	DEP	DUMO	BGC
6:59	TAM3001		SBCT	A320	DEP	APIT	NIBGA
7:00	TAM3719	SBBR		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
7:01	TAM3252		SBGL	A320	DEP	DIADEMA	PERES
7:04	GLO1501	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
7:06	TAM3901	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
7:08	TAM3904		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
7:10	TAM3100	SBFL		A319	ARR	REDE 17	OSAMU
7:12	VRN2151	SBCT		B737	ARR	REDE 17	PNG
7:17	VRN2130		SBFL	B737	DEP	APIT	NIBGA
7:19	GLO1504		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
7:21	GLO1261	SBCF		B737	ARR	CELSO 17	PCL
7:23	TAM3601	SBSV		A319	ARR	CELSO 17	PCL
7:25	TAM3129	SBVT		A319	ARR	REDE 17	LITRE
7:27	PTN4767	SBAU		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
7:30	GLO1503	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
7:32	TAM3210		SBCF	A320	DEP	DUMO	TEXAS
7:34	PTN4731	SBDN		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
7:36	TAM3251	SBGL		A320	ARR	REDE 17	LITRE
7:38	GLO1260		SBCF	B738	DEP	DUMO	TEXAS
7:41	TAM3906		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
7:43	TAM3903	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
7:45	TAM3211	SBCF		A320	ARR	CELSO 17	PCL
7:46	ONE6001	SBRJ		F100	ARR	REDE 17	LITRE
7:47	TAM3059		SBPA	A320	DEP	APIT	CURSE
7:49	GLO1506		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
7:50	ONE6150		SBCF	F100	DEP	DUMO	TEXAS
7:52	TAM3002	SBCT		A320	ARR	REDE 17	PNG
7:56	PTN4749	SJTC		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
7:58	TAM3716		SBBR	A320	DEP	DUMO	BGC
7:59	GLO1200		SBBR	B738	DEP	DUMO	BGC
8:02	TAM3740		SBSR	A319	DEP	KING	SCB
8:04	GLO1281	SBFL		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
8:06	PTN4762		SJTC	AT42	DEP	KING	SCB
8:08	GLO1505	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
8:10	TAM3908		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
8:12	TAM3048	SBPA		A320	ARR	REDE 17	OSAMU
8:14	TAM3905	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
8:15	GLO1311	SBUL		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
8:17	PTN4738		SBML	AT42	DEP	KING	SCB
8:19	TAM3119		SBNF	A319	DEP	APIT	NIBGA
8:21	GLO1508		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
8:23	VRN2150		SBCT	B737	DEP	APIT	NIBGA
8:25	TAM3101		SBFL	A319	DEP	APIT	NIBGA
8:27	TAM3460		SBGO	A320	DEP	DUMO	BGC
8:29	GLO1376		SBJV	B737	DEP	APIT	NIBGA
8:30	VRN2101	SBPA		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
8:31	ONE6002		SBRJ	F100	DEP	DIADEMA	COSME
8:33	VRN2051	SBCF		B733	ARR	CELSO 17	PCL
8:35	GLO1202		SBBR	B737	DEP	DUMO	BGC
8:37	GLO1507	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
8:39	TAM3718		SBBR	A320	DEP	DUMO	BGC
8:41	TAM3910		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
8:44	PTN4782		SBJF	AT42	DEP	DIADEMA	PERES
8:45	GLO1382		SBGL	B738	DEP	DIADEMA	PERES
8:46	ONE6173	SBFL		F100	ARR	REDE 17	OSAMU
8:48	GLO1242		SBPA	B737	DEP	APIT	CURSE
8:50	TAM3907	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
8:52	GLO1510		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
8:54	GLO1201	SBBR		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
8:55	TAM3711	SBBR		A320	ARR	CELSO 17	GRADE

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
8:59	TAM3003		SBCT	A320	DEP	APIT	NIBGA
9:02	GLO1509	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
9:06	TAM3216		SBCF	A320	DEP	DUMO	TEXAS
9:08	TAM3912		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
9:10	TAM3201	SBCF		A319	ARR	CELSO 17	PCL
9:12	TAM3762	SBLO		A319	ARR	CELSO 17	GRADE
9:14	GLO1342		SBCX	B737	DEP	APIT	CURSE
9:15	ONE6003	SBRJ		F100	ARR	REDE 17	LITRE
9:17	TAM3909	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
9:18	TAM3277	SBRP		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
9:21	TAM3239	SBUL		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
9:22	GLO1512		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
9:24	TAM3004	SBCT		A320	ARR	REDE 17	PNG
9:26	GLO1289	SBLO		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
9:28	GLO1221	SBCT		B738	ARR	REDE 17	PNG
9:30	VRN2152		SBCT	B737	DEP	APIT	NIBGA
9:31	ONE6173		SBBR	F100	DEP	DUMO	BGC
9:32	PTN4781	SBJF		AT42	ARR	REDE 17	LITRE
9:34	TAM3032	SBJV		A319	ARR	REDE 17	OSAMU
9:36	VRN2050		SBCF	B733	DEP	DUMO	TEXAS
9:38	GLO1511	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
9:40	TAM3914		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
9:44	PTN4761	SBAU		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
9:45	GLO1263	SBCF		B737	ARR	CELSO 17	PCL
9:47	TAM3911	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
9:49	VRN2131	SBFL		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
9:51	GLO1514		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
9:53	GLO1241	SBPA		B738	ARR	REDE 17	OSAMU
9:55	VRN2501	SBBR		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
9:57	GLO1280		SBFL	B737	DEP	APIT	NIBGA
9:59	TAM3772		SBCG	A320	DEP	KING	SCB
10:00	GLO1301	SBNF		B733	ARR	REDE 17	OSAMU
10:01	ONE6004		SBRJ	F100	DEP	DIADEMA	COSME
10:02	GLO1265	SBCF		B738	ARR	CELSO 17	PCL
10:04	GLO1513	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
10:06	TAM3660		SBIL	A319	DEP	DUMO	TEXAS
10:08	TAM3212		SBCF	A319	DEP	DUMO	TEXAS
10:12	TAM3916		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
10:17	TAM3913	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
10:18	GLO1516		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
10:19	TAM3053		SBPA	A320	DEP	APIT	CURSE
10:21	TAM3720		SBBR	A320	DEP	DUMO	BGC
10:23	PTN4712		SBML	AT42	DEP	KING	SCB
10:24	VRN2153	SBCT		B737	ARR	REDE 17	PNG
10:25	VRN2503	SBBR		B737	ARR	CELSO 17	GRADE

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
10:26	GLO1771	SBGO		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
10:29	PTN4772	SJTC		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
10:30	TAM3254		SBGL	A320	DEP	DIADEMA	PERES
10:31	GLO1384		SBGL	B738	DEP	DIADEMA	PERES
10:35	GLO1244		SBPA	B737	DEP	APIT	CURSE
10:36	GLO1378		SBJV	B737	DEP	APIT	NIBGA
10:38	GLO1515	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
10:40	TAM3007		SBCT	A319	DEP	APIT	NIBGA
10:43	TAM3918		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
10:45	GLO1302		SBCG	B738	DEP	KING	SCB
10:47	TAM3213	SBCF		A320	ARR	CELSO 17	PCL
10:48	GLO1770		SBGO	B737	DEP	DUMO	BGC
10:50	GLO1518		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
10:52	TAM3915	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
10:54	TAM3701	SBBR		A319	ARR	CELSO 17	GRADE
10:56	GLO1377	SBJV		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
10:58	VRN2154		SBCT	B737	DEP	APIT	NIBGA
11:00	GLO1391	SBGL		B737	ARR	REDE 17	LITRE
11:04	TAM3118	SBNF		A319	ARR	REDE 17	OSAMU
11:06	GLO1290		SBMG	B738	DEP	KING	SCB
11:08	VRN2502		SBBR	B737	DEP	DUMO	BGC
11:11	TAM3920		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
11:12	TAM3014	SBCT		A320	ARR	REDE 17	PNG
11:13	TAM3917	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
11:15	GLO1517	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
11:17	VRN2330		SBSV	B737	DEP	DUMO	TEXAS
11:21	VRN2103	SBPA		B733	ARR	REDE 17	OSAMU
11:23	GLO1520		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
11:24	TAM3058	SBPA		A320	ARR	REDE 17	OSAMU
11:26	VRN2220		SBVT	B737	DEP	DIADEMA	PERES
11:28	GLO1203	SBBR		B738	ARR	CELSO 17	GRADE
11:30	GLO1386		SBGL	B738	DEP	DIADEMA	PERES
11:32	TAM3102	SBFL		A319	ARR	REDE 17	OSAMU
11:34	GLO1367	SBVT		B737	ARR	REDE 17	LITRE
11:36	GLO1519	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
11:38	VRN2053	SBCF		B733	ARR	CELSO 17	PCL
11:40	GLO1310		SBUL	B737	DEP	DUMO	BGC
11:42	TAM3922		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
11:44	TAM3138		SBVT	A320	DEP	DIADEMA	PERES
11:46	VRN2100		SBPA	B738	DEP	APIT	CURSE
11:48	GLO1522		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
11:50	TAM3919	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
11:52	TAM3462		SBGO	A319	DEP	DUMO	BGC
11:54	VRN2155	SBCT		B737	ARR	REDE 17	PNG
11:55	VRN2052		SBCF	B733	DEP	DUMO	TEXAS

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
11:57	GLO1205	SBBR		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
11:59	PTN4783	SBJF		AT42	ARR	REDE 17	LITRE
12:00	TAM3039		SBJV	A319	DEP	APIT	NIBGA
12:02	PTN4763	SJTC		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
12:04	GLO1521	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
12:06	GLO1220		SBCT	B737	DEP	APIT	NIBGA
12:08	GLO1282		SBFL	B737	DEP	APIT	NIBGA
12:09	TAM3274		SBRP	A320	DEP	DUMO	BGC
12:10	TAM3461	SBGO		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
12:12	TAM3924		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
12:16	TAM3706		SBBR	A320	DEP	DUMO	BGC
12:18	ONE6007	SBRJ		F100	ARR	REDE 17	LITRE
12:20	TAM3921	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
12:22	GLO1524		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
12:27	TAM3703	SBBR		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
12:29	TAM3121		SBNF	A319	DEP	APIT	NIBGA
12:32	GLO1343	SBCX		B737	ARR	REDE 17	PNG
12:34	TAM3131	SBVT		A319	ARR	REDE 17	LITRE
12:35	GLO1523	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
12:36	PTN4733	SBML		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
12:41	VRN2156		SBCT	B733	DEP	APIT	NIBGA
12:43	TAM3926		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
12:44	PTN4784		SBJF	AT42	DEP	DIADEMA	PERES
12:45	GLO1283	SBFL		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
12:47	TAM3923	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
12:49	GLO1526		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
12:51	GLO1385	SBGL		B738	ARR	REDE 17	LITRE
12:53	TAM3008	SBCT		A319	ARR	REDE 17	PNG
12:55	VRN2504		SBBR	B737	DEP	DUMO	BGC
12:57	TAM3215	SBCF		A319	ARR	CELSO 17	PCL
13:01	GLO1379	SBJV		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
13:04	TAM3132		SBVT	A320	DEP	DIADEMA	PERES
13:05	ONE6008		SBRJ	F100	DEP	DIADEMA	COSME
13:06	TAM3925	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
13:08	TAM3771	SBCG		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
13:10	GLO1525	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
13:13	TAM3928		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
13:16	GLO1291	SBMG		B738	ARR	CELSO 17	GRADE
13:18	GLO1360		SBNF	B737	DEP	APIT	NIBGA
13:20	GLO1397	SBSV		B737	ARR	CELSO 17	PCL
13:21	GLO1528		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
13:24	GLO1204		SBBR	B737	DEP	DUMO	BGC
13:27	GLO1207	SBBR		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
13:28	GLO1395		SBGL	B738	DEP	DIADEMA	PERES
13:29	TAM3061		SBPA	A320	DEP	APIT	CURSE

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
13:30	PTN4716		SBML	AT42	DEP	KING	SCB
13:32	TAM3009		SBCT	A319	DEP	APIT	NIBGA
13:33	GLO1527	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
13:35	TAM3927	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
13:37	TAM3930		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
13:39	GLO1358		SBDN	B737	DEP	KING	SCB
13:42	GLO1303	SBCG		B738	ARR	CELSO 17	GRADE
13:45	TAM3052	SBPA		A320	ARR	REDE 17	OSAMU
13:46	GLO1243	SBPA		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
13:47	TAM3244		SBUL	A319	DEP	DUMO	BGC
13:50	GLO1530		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
13:52	TAM3708		SBBR	A319	DEP	DUMO	BGC
13:54	GLO1262		SBCF	B738	DEP	DUMO	TEXAS
13:56	GLO1371	SBCY		B738	ARR	CELSO 17	GRADE
13:59	TAM3220		SBCF	A320	DEP	DUMO	TEXAS
14:00	GLO1396		SBSV	B737	DEP	DUMO	TEXAS
14:02	GLO1529	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
14:04	GLO1350		SBGO	B737	DEP	DUMO	BGC
14:07	TAM3929	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
14:08	TAM3932		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
14:10	GLO1773	SBGO		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
14:12	GLO1366		SBVT	B737	DEP	DIADEMA	PERES
14:18	GLO1532		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
14:20	VRN2055	SBCF		B733	ARR	CELSO 17	PCL
14:22	GLO1223	SBCT		B737	ARR	REDE 17	PNG
14:24	GLO1389		SBGL	B737	DEP	DIADEMA	PERES
14:25	TAM3271	SBRP		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
14:26	GLO1313	SBUL		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
14:28	TAM3038	SBJV		A319	ARR	REDE 17	OSAMU
14:29	GLO1531	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
14:32	TAM3931	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
14:36	PTN4717	SBML		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
14:38	TAM3934		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
14:40	TAM3709	SBBR		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
14:42	VRN2105	SBPA		B738	ARR	REDE 17	OSAMU
14:43	TAM3011		SBCT	A319	DEP	APIT	NIBGA
14:44	VRN2221	SBVT		B737	ARR	REDE 17	LITRE
14:46	GLO1390	SBGL		B737	ARR	REDE 17	LITRE
14:47	TAM3010	SBCT		A320	ARR	REDE 17	PNG
14:48	GLO1222		SBCT	B738	DEP	APIT	NIBGA
14:49	VRN2157	SBCT		B733	ARR	REDE 17	PNG
14:51	GLO1534		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
14:52	TAM3745	SBSR		A319	ARR	CELSO 17	GRADE
14:54	VRN2102		SBPA	B737	DEP	APIT	CURSE
14:56	GLO1533	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
14:58	TAM3120	SBNF		A319	ARR	REDE 17	OSAMU
15:00	GLO1370		SBCY	B738	DEP	KING	SCB
15:02	GLO1206		SBBR	B738	DEP	DUMO	BGC
15:04	TAM3463	SBGO		A319	ARR	CELSO 17	GRADE
15:05	VRN2505	SBBR		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
15:06	TAM3203	SBCF		A320	ARR	CELSO 17	PCL
15:08	TAM3933	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
15:12	TAM3936		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
15:15	VRN2054		SBCF	B733	DEP	DUMO	TEXAS
15:18	GLO1536		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
15:22	TAM3222		SBCF	A320	DEP	DUMO	TEXAS
15:24	GLO1353	SBGO		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
15:25	ONE6009	SBRJ		F100	ARR	REDE 17	LITRE
15:26	TAM3107		SBFL	A319	DEP	APIT	NIBGA
15:28	GLO1535	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
15:29	VRN2158		SBCT	B733	DEP	APIT	NIBGA
15:32	PTN4770		SJTC	AT42	DEP	KING	SCB
15:33	TAM3935	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
15:35	TAM3055		SBPA	A320	DEP	APIT	CURSE
15:37	TAM3938		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
15:39	GLO1538		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
15:41	TAM3770		SBCG	A320	DEP	KING	SCB
15:46	TAM3013		SBCT	A319	DEP	APIT	NIBGA
15:49	GLO1267	SBCF		B737	ARR	CELSO 17	PCL
15:53	TAM3744		SBSR	A319	DEP	KING	SCB
15:54	VRN2107	SBPA		B738	ARR	REDE 17	OSAMU
15:56	TAM3202		SBCF	A320	DEP	DUMO	TEXAS
15:58	TAM3710		SBBR	A319	DEP	DUMO	BGC
16:02	TAM3937	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
16:04	GLO1537	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
16:07	TAM3940		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
16:09	VRN2159	SBCT		B737	ARR	REDE 17	PNG
16:11	GLO1392		SBGL	B737	DEP	DIADEMA	PERES
16:13	GLO1540		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
16:14	TAM3060	SBPA		A320	ARR	REDE 17	OSAMU
16:16	PTN4785	SBJF		AT42	ARR	REDE 17	LITRE
16:18	GLO1344		SBCX	B737	DEP	APIT	CURSE
16:20	VRN2132		SBFL	B737	DEP	APIT	NIBGA
16:22	VRN2333	SBSV		B737	ARR	CELSO 17	PCL
16:24	TAM3133	SBVT		A320	ARR	REDE 17	LITRE
16:25	VRN2056		SBCF	B738	DEP	DUMO	TEXAS
16:27	TAM3241	SBUL		A319	ARR	CELSO 17	GRADE
16:29	VRN2506		SBBR	B737	DEP	DUMO	BGC
16:30	GLO1224		SBCT	B737	DEP	APIT	NIBGA
16:31	VRN2104		SBPA	B738	DEP	APIT	CURSE

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
16:33	GLO1539	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
16:35	TAM3939	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
16:37	TAM3942		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
16:39	GLO1359	SBDN		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
16:42	TAM3257	SBGL		A320	ARR	REDE 17	LITRE
16:44	GLO1361	SBNF		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
16:45	GLO1354		SBGO	B737	DEP	DUMO	BGC
16:48	GLO1542		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
16:50	VRN2507	SBBR		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
16:54	GLO1541	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
16:56	TAM3000	SBCT		A319	ARR	REDE 17	PNG
16:57	ONE6011	SBRJ		F100	ARR	REDE 17	LITRE
16:59	VRN2057	SBCF		B738	ARR	CELSO 17	PCL
17:01	TAM3223	SBCF		A320	ARR	CELSO 17	PCL
17:03	PTN4764		SJTC	AT42	DEP	KING	SCB
17:05	TAM3722		SBBR	A320	DEP	DUMO	BGC
17:07	TAM3944		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
17:09	GLO1994		SBNF	B737	DEP	APIT	NIBGA
17:10	PTN4769	SJTC		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
17:12	TAM3941	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
17:14	TAM3661	SBIL		A319	ARR	CELSO 17	PCL
17:16	GLO1380		SBJV	B737	DEP	APIT	NIBGA
17:18	TAM3134		SBVT	A320	DEP	DIADEMA	PERES
17:20	TAM3123		SBNF	A319	DEP	APIT	NIBGA
17:22	GLO1544		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
17:24	GLO1369	SBVT		B737	ARR	REDE 17	LITRE
17:26	GLO1543	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
17:28	GLO1246		SBPA	B737	DEP	APIT	CURSE
17:29	GLO1209	SBBR		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
17:30	GLO1264		SBCF	B737	DEP	DUMO	TEXAS
17:32	GLO1285	SBFL		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
17:35	TAM3943	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
17:37	TAM3946		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
17:39	TAM3057		SBPA	A320	DEP	APIT	CURSE
17:40	ONE6012		SBRJ	F100	DEP	DIADEMA	COSME
17:41	TAM3723	SBBR		A319	ARR	CELSO 17	GRADE
17:43	GLO1546		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
17:48	GLO1394	SBGL		B738	ARR	REDE 17	LITRE
17:52	TAM3015		SBCT	A319	DEP	APIT	NIBGA
17:54	TAM3012	SBCT		A319	ARR	REDE 17	PNG
17:56	GLO1545	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
17:58	TAM3468		SBGO	A320	DEP	DUMO	BGC
17:59	TAM3104	SBFL		A319	ARR	REDE 17	OSAMU
18:00	PTN4732		SBML	AT42	DEP	KING	SCB
18:02	VRN2059	SBCF		B733	ARR	CELSO 17	PCL

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
18:04	TAM3945	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
18:06	TAM3109		SBFL	A319	DEP	APIT	NIBGA
18:07	TAM3225	SBCF		A320	ARR	CELSO 17	PCL
18:08	TAM3948		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
18:10	GLO1398		SBSV	B737	DEP	DUMO	TEXAS
18:12	VRN2134		SBFL	B737	DEP	APIT	NIBGA
18:17	VRN2161	SBCT		B733	ARR	REDE 17	PNG
18:19	TAM3743	SBSR		A319	ARR	CELSO 17	GRADE
18:20	GLO1548		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
18:21	ONE6013	SBRJ		F100	ARR	REDE 17	LITRE
18:22	VRN2109	SBPA		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
18:24	GLO1547	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
18:26	TAM3137	SBVT		A320	ARR	REDE 17	LITRE
18:28	GLO1208		SBBR	B737	DEP	DUMO	BGC
18:30	PTN4788		SBJF	AT42	DEP	DIADEMA	PERES
18:31	TAM3767		SBLO	A319	DEP	KING	SCB
18:33	GLO1226		SBCT	B738	DEP	APIT	NIBGA
18:35	TAM3947	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
18:37	TAM3950		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
18:40	GLO1355	SBGO		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
18:42	GLO1312		SBUL	B738	DEP	DUMO	BGC
18:44	VRN2058		SBCF	B738	DEP	DUMO	TEXAS
18:45	GLO1550		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
18:47	TAM3224		SBCF	A319	DEP	DUMO	TEXAS
18:50	TAM3046	SBPA		A320	ARR	REDE 17	OSAMU
18:52	TAM3717	SBBR		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
18:56	TAM3033		SBJV	A319	DEP	APIT	NIBGA
18:58	GLO1549	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
19:00	TAM3021		SBCT	A320	DEP	APIT	NIBGA
19:01	VRN2106		SBPA	B733	DEP	APIT	CURSE
19:03	TAM3773	SBCG		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
19:05	GLO1772		SBGO	B737	DEP	DUMO	BGC
19:07	TAM3952		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
19:09	TAM3949	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
19:10	ONE6014		SBRJ	F100	DEP	DIADEMA	COSME
19:12	GLO1552		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
19:15	TAM3238		SBUL	A319	DEP	DUMO	BGC
19:19	VRN2061	SBCF		B738	ARR	CELSO 17	PCL
19:21	GLO1210		SBBR	B738	DEP	DUMO	BGC
19:23	TAM3712		SBBR	A320	DEP	DUMO	BGC
19:25	GLO1381	SBJV		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
19:27	GLO1551	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
19:29	TAM3721	SBBR		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
19:30	PTN4771	SJTC		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
19:32	GLO1399	SBSV		B737	ARR	CELSO 17	PCL

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
19:34	GLO1211	SBBR		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
19:36	TAM3951	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
19:38	TAM3954		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
19:40	GLO1388		SBGL	B737	DEP	DIADEMA	PERES
19:44	GLO1393	SBGL		B738	ARR	REDE 17	LITRE
19:45	GLO1225	SBCT		B738	ARR	REDE 17	PNG
19:47	TAM3276		SBRP	A320	DEP	DUMO	BGC
19:49	TAM3122	SBNF		A319	ARR	REDE 17	OSAMU
19:51	PTN4773	SJTC		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
19:52	TAM3724		SBBR	A320	DEP	DUMO	BGC
19:54	GLO1554		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
19:55	VRN2111	SBPA		B738	ARR	REDE 17	OSAMU
19:57	TAM3727	SBBR		A319	ARR	CELSO 17	GRADE
19:59	TAM3250		SBGL	A320	DEP	DIADEMA	PERES
20:00	TAM3016	SBCT		A319	ARR	REDE 17	PNG
20:01	ONE6015	SBRJ		F100	ARR	REDE 17	LITRE
20:02	GLO1995	SBNF		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
20:05	GLO1553	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
20:07	TAM3956		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
20:10	VRN2060		SBCF	B738	DEP	DUMO	TEXAS
20:11	GLO1345	SBCX		B737	ARR	REDE 17	PNG
20:12	TAM3953	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
20:14	PTN4734		SBDN	AT42	DEP	KING	SCB
20:15	GLO1212		SBBR	B737	DEP	DUMO	BGC
20:16	GLO1288		SBLO	B737	DEP	KING	SCB
20:20	GLO1556		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
20:22	TAM3217	SBCF		A320	ARR	CELSO 17	PCL
20:24	GLO1213	SBBR		B738	ARR	CELSO 17	GRADE
20:25	TAM3725	SBBR		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
20:27	TAM3604		SBSV	A320	DEP	DUMO	TEXAS
20:29	TAM3259	SBGL		A320	ARR	REDE 17	LITRE
20:32	TAM3955	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
20:34	TAM3226		SBCF	A319	DEP	DUMO	TEXAS
20:36	GLO1555	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
20:40	VRN2062		SBCF	B733	DEP	DUMO	TEXAS
20:42	TAM3135	SBVT		A320	ARR	REDE 17	LITRE
20:44	VRN2160		SBCT	B737	DEP	APIT	NIBGA
20:45	ONE6016		SBRJ	F100	DEP	DIADEMA	COSME
20:48	TAM3105		SBFL	A319	DEP	APIT	NIBGA
20:50	GLO1558		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
20:52	VRN2108		SBPA	B738	DEP	APIT	CURSE
20:54	VRN2133	SBFL		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
20:55	ONE6172	SBBR		F100	ARR	CELSO 17	GRADE
20:57	GLO1557	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
20:59	TAM3110	SBFL		A319	ARR	REDE 17	OSAMU

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
21:01	TAM3715	SBBR		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
21:02	TAM3128		SBVT	A319	DEP	DIADEMA	PERES
21:03	TAM3800		SBCY	A320	DEP	KING	SCB
21:07	TAM3764	SBLO		A319	ARR	CELSO 17	GRADE
21:09	TAM3958		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
21:11	TAM3957	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
21:12	TAM3020	SBCT		A320	ARR	REDE 17	PNG
21:13	TAM3714		SBBR	A320	DEP	DUMO	BGC
21:14	PTN4747	SJTC		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
21:16	TAM3034	SBJV		A319	ARR	REDE 17	OSAMU
21:18	TAM3228		SBCF	A320	DEP	DUMO	TEXAS
21:22	TAM3019		SBCT	A320	DEP	APIT	NIBGA
21:24	PTN4789	SBJF		AT42	ARR	REDE 17	LITRE
21:25	GLO1560		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
21:27	TAM3469	SBGO		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
21:29	TAM3056	SBPA		A320	ARR	REDE 17	OSAMU
21:30	ONE6017	SBRJ		F100	ARR	REDE 17	LITRE
21:31	GLO1214		SBBR	B738	DEP	DUMO	BGC
21:35	GLO1559	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
21:38	TAM3470		SBGO	A320	DEP	DUMO	BGC
21:40	TAM3959	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
21:42	GLO1266		SBCF	B737	DEP	DUMO	TEXAS
21:44	GLO1245	SBPA		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
21:45	ONE6172		SBFL	F100	DEP	APIT	NIBGA
21:47	GLO1227	SBCT		B738	ARR	REDE 17	PNG
21:49	PTN4719	SBML		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
21:50	TAM3600		SBSV	A319	DEP	DUMO	TEXAS
21:52	TAM3227	SBCF		A319	ARR	CELSO 17	PCL
21:54	TAM3245	SBUL		A319	ARR	CELSO 17	GRADE
21:55	GLO1273	SBCF		B738	ARR	CELSO 17	PCL
21:57	PTN4760		SBAU	AT42	DEP	KING	SCB
21:58	TAM3736		SBSR	A319	DEP	KING	SCB
22:00	GLO1562		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
22:01	GLO1561	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
22:03	TAM3275	SBRP		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
22:05	TAM3049		SBPA	A320	DEP	APIT	CURSE
22:07	TAM3960		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
22:09	TAM3774		SBCG	A319	DEP	KING	SCB
22:10	PTN4748		SJTC	AT42	DEP	KING	SCB
22:12	GLO1215	SBBR		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
22:14	TAM3961	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
22:15	GLO1292		SJTC	B737	DEP	KING	SCB
22:17	VRN2135	SBFL		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
22:19	GLO1374		SBDN	B737	DEP	KING	SCB
22:20	PTN4766		SBAU	AT42	DEP	KING	SCB

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
22:22	VRN2332	SBCF	SBSV	B737	DEP	DUMO	TEXAS
22:24	GLO1368		SBVT	B737	DEP	DIADEMA	PERES
22:25	ONE6151			F100	ARR	CELSO 17	PCL
22:27	GLO1286		SBFL	B737	DEP	APIT	NIBGA

C.3 – Voos excluídos para redução de 5% no volume de tráfego

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
7:06	TAM3901	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
8:15	GLO1311	SBUL		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
8:55	TAM3711	SBBR		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
9:17	TAM3909	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
10:21	TAM3720		SBBR	A320	DEP	DUMO	BGC
11:36	GLO1519	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
12:20	TAM3921	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
13:05	ONE6008		SBRJ	F100	DEP	DIADEMA	COSME
13:08	TAM3771	SBCG		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
14:28	TAM3038	SBJV		A319	ARR	REDE 17	OSAMU
14:48	GLO1222		SBCT	B738	DEP	APIT	NIBGA
16:22	VRN2333	SBSV		B737	ARR	CELSO 17	PCL
16:31	VRN2104		SBPA	B738	DEP	APIT	CURSE
17:10	PTN4769	SJTC		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
17:16	GLO1380		SBJV	B737	DEP	APIT	NIBGA
17:32	GLO1285	SBFL		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
18:02	VRN2059	SBCF		B733	ARR	CELSO 17	PCL
18:42	GLO1312		SBUL	B738	DEP	DUMO	BGC
19:05	GLO1772		SBGO	B737	DEP	DUMO	BGC
19:29	TAM3721	SBBR		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
19:57	TAM3727	SBBR		A319	ARR	CELSO 17	GRADE
20:11	GLO1345	SBCX		B737	ARR	REDE 17	PNG
20:16	GLO1288		SBLO	B737	DEP	KING	SCB
21:11	TAM3957	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
21:22	TAM3019		SBCT	A320	DEP	APIT	NIBGA

C.4 – Voos excluídos para redução de 10% no volume de tráfego

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
7:06	TAM3901	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
8:15	GLO1311	SBUL		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
8:55	TAM3711	SBBR		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
9:17	TAM3909	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
9:31	ONE6173		SBBR	F100	DEP	DUMO	BGC
9:57	GLO1280		SBFL	B737	DEP	APIT	NIBGA
10:21	TAM3720		SBBR	A320	DEP	DUMO	BGC
10:24	VRN2153	SBCT		B737	ARR	REDE 17	PNG
10:26	GLO1771	SBGO		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
10:31	GLO1384		SBGL	B738	DEP	DIADEMA	PERES
11:06	GLO1290		SBMG	B738	DEP	KING	SCB
11:36	GLO1519	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
11:44	TAM3138		SBVT	A320	DEP	DIADEMA	PERES
11:46	VRN2100		SBPA	B738	DEP	APIT	CURSE
12:20	TAM3921	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
12:36	PTN4733	SBML		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
13:05	ONE6008		SBRJ	F100	DEP	DIADEMA	COSME
13:08	TAM3771	SBCG		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
13:29	TAM3061		SBPA	A320	DEP	APIT	CURSE
14:12	GLO1366		SBVT	B737	DEP	DIADEMA	PERES
14:25	TAM3271	SBRP		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
14:28	TAM3038	SBJV		A319	ARR	REDE 17	OSAMU
14:47	TAM3010	SBCT		A320	ARR	REDE 17	PNG
14:48	GLO1222		SBCT	B738	DEP	APIT	NIBGA
14:51	GLO1534		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
16:11	GLO1392		SBGL	B737	DEP	DIADEMA	PERES
16:18	GLO1344		SBCX	B737	DEP	APIT	CURSE
16:22	VRN2333	SBSV		B737	ARR	CELSO 17	PCL
16:31	VRN2104		SBPA	B738	DEP	APIT	CURSE
17:10	PTN4769	SJTC		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
17:16	GLO1380		SBJV	B737	DEP	APIT	NIBGA
17:32	GLO1285	SBFL		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
17:40	ONE6012		SBRJ	F100	DEP	DIADEMA	COSME
18:02	VRN2059	SBCF		B733	ARR	CELSO 17	PCL
18:30	PTN4788		SBJF	AT42	DEP	DIADEMA	PERES
18:42	GLO1312		SBUL	B738	DEP	DUMO	BGC
19:05	GLO1772		SBGO	B737	DEP	DUMO	BGC
19:23	TAM3712		SBBR	A320	DEP	DUMO	BGC
19:29	TAM3721	SBBR		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
19:57	TAM3727	SBBR		A319	ARR	CELSO 17	GRADE
20:01	ONE6015	SBRJ		F100	ARR	REDE 17	LITRE
20:07	TAM3956		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
20:11	GLO1345	SBCX		B737	ARR	REDE 17	PNG
20:16	GLO1288		SBLO	B737	DEP	KING	SCB
21:07	TAM3764	SBLO		A319	ARR	CELSO 17	GRADE
21:11	TAM3957	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
21:22	TAM3019		SBCT	A320	DEP	APIT	NIBGA
21:24	PTN4789	SBJF		AT42	ARR	REDE 17	LITRE
21:42	GLO1266		SBCF	B737	DEP	DUMO	TEXAS
21:58	TAM3736		SBSR	A319	DEP	KING	SCB

C.5 – Voos excluídos para redução de 15% no volume de tráfego

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
6:07	TAM3801	SBCY		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
6:19	GLO1500		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
7:06	TAM3901	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
7:23	TAM3601	SBSV		A319	ARR	CELSO 17	PCL
7:38	GLO1260		SBCF	B738	DEP	DUMO	TEXAS
8:12	TAM3048	SBPA		A320	ARR	REDE 17	OSAMU
8:15	GLO1311	SBUL		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
8:17	PTN4738		SBML	AT42	DEP	KING	SCB
8:33	VRN2051	SBCF		B733	ARR	CELSO 17	PCL
8:55	TAM3711	SBBR		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
9:10	TAM3201	SBCF		A319	ARR	CELSO 17	PCL
9:17	TAM3909	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
9:30	VRN2152		SBCT	B737	DEP	APIT	NIBGA
9:31	ONE6173		SBBR	F100	DEP	DUMO	BGC
9:57	GLO1280		SBFL	B737	DEP	APIT	NIBGA
10:21	TAM3720		SBBR	A320	DEP	DUMO	BGC
10:24	VRN2153	SBCT		B737	ARR	REDE 17	PNG
10:26	GLO1771	SBGO		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
10:31	GLO1384		SBGL	B738	DEP	DIADEMA	PERES
10:56	GLO1377	SBJV		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
11:06	GLO1290		SBMG	B738	DEP	KING	SCB
11:11	TAM3920		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
11:13	TAM3917	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
11:36	GLO1519	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
11:44	TAM3138		SBVT	A320	DEP	DIADEMA	PERES
11:46	VRN2100		SBPA	B738	DEP	APIT	CURSE
12:08	GLO1282		SBFL	B737	DEP	APIT	NIBGA
12:20	TAM3921	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
12:35	GLO1523	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
12:36	PTN4733	SBML		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
13:05	ONE6008		SBRJ	F100	DEP	DIADEMA	COSME
13:08	TAM3771	SBCG		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
13:29	TAM3061		SBPA	A320	DEP	APIT	CURSE
13:39	GLO1358		SBDN	B737	DEP	KING	SCB
13:46	GLO1243	SBPA		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
14:12	GLO1366		SBVT	B737	DEP	DIADEMA	PERES
14:22	GLO1223	SBCT		B737	ARR	REDE 17	PNG
14:25	TAM3271	SBRP		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
14:28	TAM3038	SBJV		A319	ARR	REDE 17	OSAMU
14:47	TAM3010	SBCT		A320	ARR	REDE 17	PNG
14:48	GLO1222		SBCT	B738	DEP	APIT	NIBGA
14:51	GLO1534		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
15:06	TAM3203	SBCF		A320	ARR	CELSO 17	PCL
16:11	GLO1392		SBGL	B737	DEP	DIADEMA	PERES
16:18	GLO1344		SBCX	B737	DEP	APIT	CURSE
16:22	VRN2333	SBSV		B737	ARR	CELSO 17	PCL
16:31	VRN2104		SBPA	B738	DEP	APIT	CURSE
16:35	TAM3939	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
17:10	PTN4769	SJTC		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
17:16	GLO1380		SBJV	B737	DEP	APIT	NIBGA
17:24	GLO1369	SBVT		B737	ARR	REDE 17	LITRE
17:32	GLO1285	SBFL		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
17:40	ONE6012		SBRJ	F100	DEP	DIADEMA	COSME
18:02	VRN2059	SBCF		B733	ARR	CELSO 17	PCL
18:30	PTN4788		SBJF	AT42	DEP	DIADEMA	PERES
18:33	GLO1226		SBCT	B738	DEP	APIT	NIBGA
18:42	GLO1312		SBUL	B738	DEP	DUMO	BGC
19:01	VRN2106		SBPA	B733	DEP	APIT	CURSE
19:05	GLO1772		SBGO	B737	DEP	DUMO	BGC
19:23	TAM3712		SBBR	A320	DEP	DUMO	BGC
19:25	GLO1381	SBJV		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
19:29	TAM3721	SBBR		A320	ARR	CELSO 17	GRADE
19:57	TAM3727	SBBR		A319	ARR	CELSO 17	GRADE
20:01	ONE6015	SBRJ		F100	ARR	REDE 17	LITRE
20:07	TAM3956		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
20:11	GLO1345	SBCX		B737	ARR	REDE 17	PNG
20:16	GLO1288		SBLO	B737	DEP	KING	SCB
20:24	GLO1213	SBBR		B738	ARR	CELSO 17	GRADE
21:03	TAM3800		SBCY	A320	DEP	KING	SCB
21:07	TAM3764	SBLO		A319	ARR	CELSO 17	GRADE
21:11	TAM3957	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
21:22	TAM3019		SBCT	A320	DEP	APIT	NIBGA
21:24	PTN4789	SBJF		AT42	ARR	REDE 17	LITRE
21:42	GLO1266		SBCF	B737	DEP	DUMO	TEXAS
21:58	TAM3736		SBSR	A319	DEP	KING	SCB

C.6 – Voos com horários reorganizados

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
6:15	TAM3900		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
6:17	GLO1375	SBDN		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
6:21	TAM3605	SBSV		A320	ARR	CELSO 17	PCL
6:23	GLO1346		SBVT	B737	DEP	DIADEMA	PERES
7:56	TAM3716		SBBR	A320	DEP	DUMO	BGC
7:58	PTN4749	SJTC		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
8:25	TAM3460		SBGO	A320	DEP	DUMO	BGC
8:27	TAM3101		SBFL	A319	DEP	APIT	NIBGA
8:44	ONE6173	SBFL		F100	ARR	REDE 17	OSAMU
8:46	GLO1242		SBPA	B737	DEP	APIT	CURSE
8:48	PTN4782		SBJF	AT42	DEP	DIADEMA	PERES
10:04	TAM3660		SBIL	A319	DEP	DUMO	TEXAS
10:06	GLO1513	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
10:23	VRN2153	SBCT		B737	ARR	REDE 17	PNG
10:24	PTN4712		SBML	AT42	DEP	KING	SCB
10:29	TAM3254		SBGL	A320	DEP	DIADEMA	PERES
10:30	PTN4772	SJTC		AT42	ARR	CELSO 17	GRADE
10:36	GLO1515	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
10:38	GLO1378		SBJV	B737	DEP	APIT	NIBGA
10:44	TAM3918		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
10:43	TAM3007		SBCT	A319	DEP	APIT	NIBGA
11:38	GLO1310		SBUL	B737	DEP	DUMO	BGC
11:40	TAM3922		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
11:42	VRN2053	SBCF		B733	ARR	CELSO 17	PCL
12:04	GLO1220		SBCT	B737	DEP	APIT	NIBGA
12:06	GLO1521	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
13:05	TAM3925	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
13:06	ONE6008		SBRJ	F100	DEP	DIADEMA	COSME
13:54	GLO1371	SBCY		B738	ARR	CELSO 17	GRADE
13:56	GLO1262		SBCF	B738	DEP	DUMO	TEXAS
14:00	GLO1529	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
14:02	GLO1396		SBSV	B737	DEP	DUMO	TEXAS
14:18	VRN2055	SBCF		B733	ARR	CELSO 17	PCL
14:20	GLO1532		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
15:08	TAM3936		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
15:12	VRN2054		SBCF	B733	DEP	DUMO	TEXAS
15:15	TAM3933	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
15:22	GLO1353	SBGO		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
15:24	TAM3222		SBCF	A320	DEP	DUMO	TEXAS
15:35	GLO1538		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
15:37	TAM3055		SBPA	A320	DEP	APIT	CURSE
15:54	TAM3202		SBCF	A320	DEP	DUMO	TEXAS

Slot ATC	Voo	Origem	Destino	Eqpto	Tipo	Procedimento	Transição
15:56	VRN2107	SBPA		B738	ARR	REDE 17	OSAMU
16:13	TAM3060	SBPA		A320	ARR	REDE 17	OSAMU
16:14	GLO1540		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
16:20	VRN2333	SBSV		B737	ARR	CELSO 17	PCL
16:22	VRN2132		SBFL	B737	DEP	APIT	NIBGA
17:14	GLO1380		SBJV	B737	DEP	APIT	NIBGA
17:16	TAM3134		SBVT	A320	DEP	DIADEMA	PERES
17:18	TAM3661	SBIL		A319	ARR	CELSO 17	PCL
17:22	GLO1369	SBVT		B737	ARR	REDE 17	LITRE
17:24	GLO1544		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
17:35	TAM3946		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
17:37	TAM3943	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
18:40	GLO1312		SBUL	B738	DEP	DUMO	BGC
18:42	GLO1355	SBGO		B737	ARR	CELSO 17	GRADE
19:12	VRN2061	SBCF		B738	ARR	CELSO 17	PCL
19:15	GLO1552		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
19:19	TAM3238		SBUL	A319	DEP	DUMO	BGC
19:21	GLO1381	SBJV		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
19:23	GLO1210		SBBR	B738	DEP	DUMO	BGC
19:25	GLO1551	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
19:27	TAM3712		SBBR	A320	DEP	DUMO	BGC
19:36	TAM3954		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME
19:38	TAM3951	SBRJ		A319	ARR	REDE 17	LITRE
20:45	VRN2133	SBFL		B737	ARR	REDE 17	OSAMU
20:48	ONE6016		SBRJ	F100	DEP	DIADEMA	COSME
20:50	ONE6172	SBBR		F100	ARR	CELSO 17	GRADE
20:52	TAM3105		SBFL	A319	DEP	APIT	NIBGA
20:54	GLO1557	SBRJ		B737	ARR	REDE 17	LITRE
20:55	GLO1558		SBRJ	B737	DEP	DIADEMA	COSME
20:57	VRN2108		SBPA	B738	DEP	APIT	CURSE
21:55	PTN4760		SBAU	AT42	DEP	KING	SCB
21:57	GLO1273	SBCF		B738	ARR	CELSO 17	PCL
22:07	TAM3774		SBCG	A319	DEP	KING	SCB
22:09	TAM3960		SBRJ	A319	DEP	DIADEMA	COSME