

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TRANSPORTES

FATORES DE GERAÇÃO E DE PROPAGAÇÃO DE ATRASO NO
TRANSPORTE AÉREO DE PASSAGEIROS

RODRIGO RIBEIRO ALENCAR

ORIENTADOR: JOAQUIM JOSÉ GUILHERME DE ARAGÃO, PhD

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO DA AVIAÇÃO CIVIL

PUBLICAÇÃO: E-TA-018A/2009
BRASÍLIA/DF: DEZEMBRO/2009

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TRANSPORTES

FATORES DE GERAÇÃO E DE PROPAGAÇÃO DE ATRASO NO
TRANSPORTE AÉREO DE PASSAGEIROS

RODRIGO RIBEIRO ALENCAR

MONOGRAFIA DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO SUBMETIDA AO CENTRO DE
FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TRANSPORTES DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ESPECIALISTA EM GESTÃO
DA AVIAÇÃO CIVIL.

APROVADA POR:

JOAQUIM JOSÉ GUILHERME DE ARAGÃO, PhD (UnB)
(Orientador)

ADYR DA SILVA, PhD (UnB)
(Examinador)

JOSÉ ALEX SANT'ANNA, PhD (UnB)
(Examinador)

BRASÍLIA/DF, 01 DE DEZEMBRO DE 2009

FICHA CATALOGRÁFICA

ALENCAR, RODRIGO RIBEIRO

Fatores de Geração e de Propagação de Atraso no Transporte Aéreo de Passageiros

xii, 55p., 210x297mm (CEFTRU/UnB, Especialista, Gestão da Aviação Civil, 2009)

Monografia de Especialização – Universidade de Brasília, Centro e Formação de Recursos Humanos em Transportes, 2009

1 – Atrasos

3 – Aviação Civil

I – CEFTRU/UnB

2 – Propagação de Atrasos

4 – Gerenciamento de Malhas Aéreas

II – Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALENCAR, R. R. (2009). Fatores de Geração e de Propagação de Atraso no Transporte Aéreo de Passageiros, Monografia de Especialização, Publicação E-TA-018A/2009, Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 67p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Rodrigo Ribeiro Alencar

TÍTULO DA MONOGRAFIA: Fatores de Geração e de Propagação de Atraso no Transporte Aéreo de Passageiros

GRAU/ANO: Especialista/2009

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de especialização e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de especialização pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Rodrigo Ribeiro Alencar

DEDICATÓRIA

Dedico esta pesquisa a todos os eventos sociais e a todas as horas de sono e de lazer que perdi durante a sua confecção.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, por sempre me apoiarem nas decisões que tenho tomado; aos amigos do curso de especialização, que contribuíram significativamente para o aprendizado; à Silvia, por sempre procurar entender as dificuldades dos alunos e propor acordos à coordenação do curso; ao meu orientador, pelo auxílio na estruturação da pesquisa; e à minha namorada, Laís, pelo companheirismo, pelo apoio e por não me deixar desistir de concluir este trabalho.

RESUMO

O elevado número de atrasos no transporte aéreo de passageiros é um dos grandes problemas atuais da aviação civil mundial. Um dos maiores custos na indústria do transporte aéreo é aquele associado ao baixo desempenho de pontualidade das companhias aéreas. Por esse motivo, é essencial identificar os fatores de geração e de propagação de atraso de voos.

Nesta pesquisa são relacionados alguns desses principais fatores: condições meteorológicas adversas, deficiência do controle de tráfego aéreo, problemas operacionais das companhias aéreas e capacidade dos aeroportos.

Também são apresentadas práticas e ferramentas que propiciam um melhor gerenciamento das malhas aéreas, com a finalidade de evitar ou de reduzir os efeitos dos fatores de geração e de propagação de atraso na programação das companhias aéreas.

ABSTRACT

The high number of flight delays verified on air transportation of passengers is one of the worldwide civil aviation main problems. One of the highest costs in the airline industry is that related to the low airlines on-time performance. Thus, it's crucial to identify the main factors which start and propagate flight delays.

On this research some of these main factors are listed: severe weather conditions, air traffic control issues, technical and operational problems of airliners, and airport capacity.

Also some practices and tools that provide better airline schedule management are presented, in order to avoid or to minimize the effects of factors that start or propagate flight delays.

SUMÁRIO

Capítulo		Página
1	INTRODUÇÃO	1
1.1	PROBLEMA	1
1.2	HIPÓTESE	1
1.3	OBJETIVO	2
1.4	JUSTIFICATIVA	2
1.4.1	A Importância da Pontualidade Para as Companhias Aéreas	2
1.4.2	Danos aos Passageiros e Compensações Devidas Pelas Companhias Aéreas em Decorrência de Atrasos de Voo	3
1.5	METODOLOGIA	5
2	ESTATÍSTICAS SOBRE ATRASOS	6
2.1	ESTADOS UNIDOS	6
2.2	UNIÃO EUROPÉIA	10
2.3	BRASIL	14
3	CAUSAS TÍPICAS DE ATRASO	17
3.1	RELAÇÃO ENTRE AS FASES DO VOO E O ATRASO	17
3.2	ESTUDOS SOBRE FATORES DE GERAÇÃO E DE PROPAGAÇÃO DE ATRASO	18
3.3	CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS ADVERSAS	19
3.4	LIMITAÇÕES DO CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO	21
3.4.1	O Espaço Aéreo dos Estados Unidos	22
3.4.2	O Espaço Aéreo Europeu	22
3.4.3	O Espaço Aéreo Brasileiro	24
3.4.4	Congestionamento, Atrasos e Capacidade	25
3.5	CAPACIDADE AEROPORTUÁRIA	27
3.5.1	A Interferência do Clima na Capacidade Aeroportuária	27
3.5.2	A Interferência da Demanda na Capacidade Aeroportuária	28
3.6	PROBLEMAS OPERACIONAIS DAS COMPANHIA AÉREAS	29

3.6.1	Manutenção de Aeronaves	29
3.6.2	Limites de Jornada de Trabalho da Tripulação	30
3.6.3	Limite de Operação de Aeronaves Entre Manutenções e Tempo Mínimo de Serviço Entre Vôos	31
3.6.4	Tempo de Embarque de Passageiros	31
3.6.5	A Interdependência da Malha Aérea	34
4	TÉCNICAS E ESTUDOS PARA MELHORIA DO DESEMPENHO DE PONTUALIDADE NO TRANSPORTE AÉREO DE PASSAGEIROS	37
4.1	CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS ADVERSAS	37
4.1.1	Previsão do Tempo e Gerenciamento do Tráfego Aéreo em Condições Climáticas Incertas	37
4.2	PROBLEMAS OPERACIONAIS DAS COMPANHIAS AÉREAS	39
4.2.1	Motivação e Monitoramento Mútuo da Equipe de Trabalho	39
4.2.2	Chamada Coordenada de Passageiros	40
4.2.3	Manutenções Não Programadas: Análise Probabilística de Risco de Acidentes	44
4.2.4	Renovação das Frotas de Aeronaves e Atualização Tecnológica	47
4.2.5	Medidas Para Evitar ou Reduzir a Propagação de Atrasos	47
5	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
APÊNDICE A	Tabela de Atrasos IATA (Em Língua Inglesa)	53

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
Tabela 2.1	Distribuição percentual dos minutos de atraso de voo nos Estados Unidos em função do fator gerador ou propagador (junho de 2003 a dezembro de 2007)	9
Tabela 2.2	Estatísticas de atraso, geral e das principais companhias aéreas brasileiras, de janeiro a novembro de 2008	14
Tabela 2.3	Estatísticas de atraso, geral e das principais companhias aéreas brasileiras, de janeiro a setembro de 2009	14

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
Figura 2.1	Desempenho de pontualidade dos voos domésticos no mercado estadunidense em 2008	9
Figura 2.2	Número de voos e atrasos superiores a 15 minutos no transporte aéreo de passageiros na União Européia, de 2004 a 2008	11
Figura 2.3	Fatores geradores de atraso na União Européia em 2007	11
Figura 2.4	Fatores geradores de atraso na União Européia em 2008	12
Figura 2.5	Comparação entre os anos 2007 e 2008 quanto aos fatores geradores de atraso, agrupados de acordo com codificação padronizada da IATA	13
Figura 2.6	Percentual mensal de atrasos de janeiro a novembro de 2008	15
Figura 2.7	Percentual mensal de atrasos de janeiro a setembro de 2009	15
Figura 2.8	Percentual de atrasos no Brasil em função da causa	16
Figura 3.1	Distribuição do atraso em função da fase de voo	18
Figura 3.2	Fronteiras do espaço aéreo estadunidense	22
Figura 3.3	Fronteiras do espaço aéreo europeu	23
Figura 3.4	Divisão regional do espaço aéreo brasileiro	24
Figura 3.5	Exemplo de propagação de atraso de uma malha aérea	35
Figura 4.1	Modelo de embarque por blocos	41
Figura 4.2	Modelo de embarque por semiblocos	41
Figura 4.3	Modelo de embarque por filas	42
Figura 4.4	Modelo de embarque por semifilas	42
Figura 4.5	Modelo de embarque por grupo de assento	43

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AEA	<i>Association of European Airlines</i>
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
BTS	<i>Bureau of Transportation Statistics</i>
CFR	<i>Code of Federal Regulations</i>
CODA	<i>Central Office for Delay Analysis</i>
CTA	Controle de Tráfego Aéreo
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DFS	<i>Deutsche Flugsicherung</i>
DOT	<i>Department of Transportation</i>
EC	<i>European Parliament Regulation</i>
EUA	Estados Unidos da América
Eurocontrol	<i>European Organisation for the Safety of Air Navigation</i>
ECAC	<i>European Civil Aviation Conference</i>
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
GDP	<i>Ground Delay Program</i>
GFIS	Gerência de Fiscalização
IAC	Instrução de Aviação Civil
IMC	<i>Instrument Meteorological Conditions</i>
Infraero	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
IATA	<i>International Air Transport Association</i>
NAS	<i>National Aviation System</i>
NATS	<i>National Air Traffic Services</i>
PEDS	<i>Boeing Passenger Enplane/Deplane Simulation</i>
VMC	<i>Visual Meteorological Conditions</i>

1 INTRODUÇÃO

O elevado índice de atrasos no transporte aéreo de passageiros é um dos grandes problemas atuais da aviação civil mundial. Segundo McCrea *et al.* (2008, p. 410), um dos maiores custos na indústria do transporte aéreo é aquele associado aos atrasos de voo. Além dos usuais custos operacionais, tais como: tarifa de permanência em solo, e horas extras de tripulação e de funcionários de pátio; cada vez mais os órgãos de defesa do consumidor criam obrigações de compensação por danos sofridos pelos passageiros em função de atrasos de longa duração.

São vários os fatores responsáveis pela falta de pontualidade dos voos. Entre os mais comuns estão: condições meteorológicas adversas, tráfego aéreo intenso em rota e nos terminais dos principais aeroportos, capacidade aeroportuária insuficiente e falhas operacionais das companhias aéreas.

De acordo com Ahmadbegy *et al.* (2008, p. 221), os atrasos ocorridos por esses motivos, mesmo quando considerados isoladamente, representam um custo significativo e, em uma malha aérea estruturada os impactos podem ser ainda maiores. Sem um devido relaxamento na malha que possibilite a absorção de um atraso ocorrido no início da operação, os voos subsequentes também podem retardar a partida enquanto esperam por aeronaves e tripulações de voos já atrasados. É o que se chama de propagação de atraso.

1.1 PROBLEMA

Diante do cenário apresentado na introdução, percebe-se a necessidade de identificação dos fatores geradores e propagadores de atraso para que se resolva o seguinte problema: como evitar ou reduzir os efeitos dos distúrbios na programação de uma malha aérea de modo a melhorar o desempenho de pontualidade das companhias aéreas?

1.2 HIPÓTESE

Devido à escassez de produções científicas brasileiras sobre fatores geradores e propagadores de atraso nos transporte aéreo de passageiros, a presente pesquisa se propõe a realizar uma investigação exploratória sobre o tema. Conforme Vergara (1998, p. 45), esse tipo de

pesquisa, “por sua natureza de sondagem, não comporta hipóteses que, todavia, poderão surgir durante ou ao final da pesquisa.”

1.3 OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é fazer o levantamento dos principais fatores geradores e propagadores de atraso no transporte aéreo de passageiros, assim como de métodos e de ferramentas que possam evitá-los ou reduzir os seus efeitos nas programações das malhas das companhias aéreas.

Espera-se que, a partir do material pesquisado, surjam ideias para o desenvolvimento de outros estudos voltados para a resolução dos diversos problemas relacionados aos atrasos de voo no transporte aéreo de passageiros.

1.4 JUSTIFICATIVA

São vários os motivos que justificam a necessidade de maior compreensão sobre os fenômenos envolvidos com a geração e a propagação de atrasos no transporte aéreo de passageiros. Nas próximas seções será ilustrada a importância da pontualidade dos voos tanto para as companhias aéreas quanto para os passageiros.

1.4.1 A Importância da Pontualidade Para as Companhias Aéreas

De acordo com Coy (2006, p. 300), o desempenho de pontualidade na chegada é um dos indicadores mais importantes de confiabilidade de uma companhia aérea, sendo fator chave para manter a satisfação dos clientes frequentes e atrair novos passageiros.

Sim, Koh e Shetty (2006, p. 293) afirmam que se espera que a maior qualidade na prestação de um serviço propicie maior satisfação ao cliente e que, conseqüentemente, haja uma maior demanda de passageiros, o que implica no aumento de receita das companhias aéreas. Nesse sentido, os autores acreditam que a satisfação do cliente é fator importante para a medida de desempenho financeiro de uma empresa, pois captura elementos de valor não refletidos em outras medidas de contabilidade.

É esperado que clientes satisfeitos retornem e que a alta qualidade de serviço (o que inclui a pontualidade dos voos) afete positivamente a receita corrente e futura. Da mesma forma, uma baixa qualidade de serviço gera insatisfação do cliente (atrasos de voo, extravio de bagagem, etc.) e pode afetar negativamente as receitas correntes e futuras de uma companhia aérea.

No entanto, no mercado norte-americano, mesmo com a grande visibilidade proporcionada pela publicação mensal de estatísticas de pontualidade por parte do Departamento de Transporte dos Estados Unidos, e com os incentivos dados para que os voos cheguem no horário, a maioria das empresas aéreas americanas é incapaz de completar mais do que 80% de seus voos domésticos em até quinze minutos do horário previsto para a chegada (segundo estatísticas de 2005).

Coy (2006, p. 300) afirma que tais resultados não são indicativos de uma construção equivocada da malha aérea por parte das empresas aéreas ou de um mau gerenciamento de suas operações. Ele atribui os atrasos a fatores que interferem negativamente na chegada dos voos dentro dos horários previstos, com destaque para as condições meteorológicas adversas e o congestionamento do tráfego aéreo nos aeroportos de origem e de destino. Segundo Coy, não existe método confiável de predição desses fatores durante a construção dos horários dos voos, pois ela geralmente é realizada meses antes das partidas.

Ademais, a interdependência de uma malha aérea é um fator complicador da pontualidade do transporte de passageiros, visto que voos que chegam atrasados em uma etapa de uma combinação podem provocar atrasos nas etapas seguintes (Coy, 2006, p. 300). Um estudo identificou que mais de 25% dos atrasos de voos são provocados, pelo menos em parte, por um atraso na etapa anterior (Coy, 2005, p. 219).

1.4.2 Danos aos Passageiros e Compensações Devidas Pelas Companhias Aéreas em Decorrência de Atrasos de Voo

Qualquer usuário de transporte aéreo está sujeito a enfrentar um atraso de voo por uma série de razões, tais como condições climáticas adversas ou problemas mecânicos com a aeronave. Na maioria dos casos, o atraso não provoca grandes prejuízos. Contudo, há situações em que os atrasos podem resultar em conexões perdidas, pernoites inesperados nos aeroportos, ou outros

inconvenientes. Além disso, os atrasos nos voos podem gerar uma série de prejuízos materiais aos passageiros, entre eles: despesas com hospedagem e alimentações; e perdas de negócio, de cerimônias, de reuniões familiares, etc.

Por esses motivos, governos de alguns países optaram pela criação de regulamentos que visam a compensar os passageiros submetidos aos danos e inconvenientes provocados pelos longos atrasos de voo. No entanto, essa não é uma prática global.

De acordo com informações da página da internet *airsafe.com* – desenvolvida e mantida pelo especialista em segurança operacional, Dr. Todd Curtis –, as companhias aéreas que voam nos Estados Unidos não são legalmente obrigadas a fornecer qualquer compensação a um passageiro de voo atrasado.

De forma contrária, as companhias aéreas que voam na União Européia devem compensar os passageiros que vivenciarem determinados tipos de atrasos e cancelamentos de voo. Na maioria dos casos, o passageiro tem direito a compensação segundo o estabelecido pela *European Parliament Regulation (EC) 261/2004*. Esta regulação se aplica a todos os voos partindo de um aeroporto da União Européia e para todas as companhias aéreas lá licenciadas que tenham voos partindo de fora dessa região com destino a qualquer país da União Européia. Existem três níveis de compensação:

- para atrasos superiores a duas horas, dependendo da distância do voo, os passageiros têm direito a refeições e bebidas, ligações telefônicas, fax e *e-mail*;
- quando o atraso é superior a cinco horas, os passageiros podem optar entre o reembolso do custo total da passagem, com direito a um voo de retorno ao primeiro ponto de partida, quando necessário;
- se a partida é prorrogada para o dia seguinte, os passageiros devem ser acomodados em hotel e deve ser fornecido transporte entre o aeroporto e o local de hospedagem.

No Brasil, a ANAC define regulamentos que indicam as providências a serem tomadas pelas companhias aéreas quando da ocorrência de atrasos de longa duração. Atualmente, a

compensação prevista engloba a provisão de alimentação, comunicação, hospedagem e transporte (Portaria nº 676/GC-5, de 13 de novembro de 2000).

No âmbito internacional, o tratado mais relevante é a Convenção de Montreal de 1999, um acordo assinado por diversos países, no qual são estipulados limites de reparação de dano aos passageiros submetidos a atrasos de voo. No entanto, a Convenção não especifica a obrigação de qualquer tipo de compensação imediata nos casos de atraso.

1.5 METODOLOGIA

Como já mencionado no primeiro capítulo, esta pesquisa consiste em uma investigação exploratória sobre os fatores geradores e propagadores de atraso no transporte aéreo de passageiros. A opção por este tipo de pesquisa é devido ao pouco conhecimento acumulado e sistematizado sobre o tema no Brasil, visto que uma das finalidades da investigação exploratória é justamente a coleta de dados e informações sobre um fenômeno de interesse, ainda sem grande teorização, inspirando ou sugerindo uma hipótese explicativa.

Quanto ao meio de investigação, será utilizada a pesquisa bibliográfica, que é o estudo sistematizado desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas e outros materiais acessíveis ao público geral. Em particular, esta monografia se fundamentou em artigos acadêmicos de pesquisadores ligados ao setor de transporte aéreo dos mercados estadunidense e europeu. Ademais, foram utilizados dados obtidos em páginas da *internet* de órgãos e entidades, brasileiros e internacionais, ligados ao setor da aviação civil.

No Capítulo 1 foi apresentado o tema desta pesquisa, bem como foi mostrada a sua relevância diante do grande prejuízo provocado pelos atrasos de voo tanto às companhias aéreas quanto aos usuários desse modo de transporte.

No Capítulo 3 são mostradas as estatísticas de atraso levantadas por entidades e órgãos dos sistemas de aviação civil estadunidense, europeu e brasileiro, com a finalidade de ilustrar os fatores de geração e de propagação de atrasos mais relevantes.

No Capítulo 4 são expostas diversas fontes de geração e de propagação de atraso no transporte aéreo de passageiros – identificadas por pesquisadores de outros mercados de aviação –, tais como: condições climáticas adversas, limitações do controle de tráfego aéreo, capacidade aeroportuária insuficiente e problemas operacionais das companhias aéreas.

No Capítulo 5 são relacionadas algumas técnicas desenvolvidas por esses mesmos pesquisadores que visam a evitar ou reduzir os atrasos de voo, bem como os seus impactos na operação de uma companhia aérea.

Por fim, no Capítulo 6, é realizada uma análise das informações apresentadas ao longo do trabalho e são dadas sugestões para próximos estudos relativos ao tema.

2 ESTATÍSTICAS SOBRE ATRASOS

Neste capítulo são mostradas as estatísticas de atraso levantadas por entidades e órgãos dos sistemas de aviação civil estadunidense, europeu e brasileiro, com a finalidade de ilustrar os fatores de geração e de propagação de atrasos mais relevantes no transporte aéreo de passageiros. Tal informação serve como base para o próximo capítulo, no qual esses fatores serão analisados individualmente.

2.1 ESTADOS UNIDOS

Desde junho de 2003, o *Bureau of Transportation Statistics* (BTS) do Departamento de Transporte dos Estados Unidos – *Department of Transportation*, DOT – passou a rastrear o desempenho de pontualidade de voos domésticos operados pelos grandes transportadores. Informações condensadas relativas ao número de voos pontuais, atrasados, cancelados e desviados do destino original são mostradas mensalmente em relatórios chamados de *Air Travel Consumer Report*, publicados cerca de trinta dias após o término do mês analisado. Essas informações, além da base de dados, são colocadas à disposição do público no endereço eletrônico do BTS (<http://www.bts.gov/>), assim que o relatório mensal é liberado. O BTS considera um voo como atrasado se a sua chegada ocorreu a partir de quinze minutos do horário planejado.

Nesse relatório, os atrasos são apresentados em categorias de acordo com os fatores que os originaram. Essas categorias de causas de atraso foram criadas pelo *Air Carrier On-Time Reporting Advisory Committee* e são definidas da seguinte forma:

- Transportador – a causa do cancelamento ou atraso foi devida a circunstâncias dentro do controle da companhia aérea, por exemplo: problemas com manutenção não-programada ou tripulação, limpeza de aeronave, carregamento de bagagens, abastecimento, etc.;
- Clima – condições meteorológicas adversas (reais ou previstas) que, pelo julgamento do transportador, atrasam ou impedem a operação de um voo, tais como: tornado, tempestade de neve ou furacão;

- Sistema Nacional de Aviação (*National Aviation System*, NAS) – atrasos e cancelamentos que podem ser atribuídos ao sistema nacional de aviação, no que se referem a diversas condições, tais como: condições climáticas não extremas; capacidade aeroportuária limitada, alto volume de tráfego e controle de tráfego aéreo deficiente.
- Atraso de voo anterior – voo que chega com atraso e que provoca distúrbios em um voo seguinte a ser realizado com a mesma aeronave ou com a mesma tripulação;
- Segurança – atrasos ou cancelamentos causados pela evacuação de um terminal, pelo reembarque de passageiros devido a violações de segurança, equipamentos de inspeção inoperantes, ou longas filas nas áreas de inspeção.

A Tabela 2.1 apresenta os percentuais de minutos de atraso decorrentes de cada uma das causas definidas pelo *Air Carrier On-Time Reporting Advisory Committee* para o período compreendido entre junho de 2003 (início do rastreamento do desempenho de pontualidade) e dezembro de 2007. De acordo com os dados da tabela, observa-se a crescente contribuição dos atrasos de voos anteriores para a geração de novos atrasos, o que indica o aumento do problema de propagação provavelmente devido a malha aéreas mais complexas e sem a previsão de tempo de acomodação ao longo da operação.

Tabela 2.1 - Distribuição percentual dos minutos de atraso de voo nos Estados Unidos em função do fator gerador ou propagador (junho de 2003 a dezembro de 2007)

	Percentual do total de minutos de atraso				
	2003 (Jun-Dez)	2004	2005	2006	2007
Transportador	26.3%	25.8%	28.0%	27.8%	28.5%
Atraso de voo anterior	30.9%	33.6%	34.2%	37.0%	37.7%
Segurança	0.3%	0.3%	0.2%	0.3%	0.2%
NAS	36.5%	33.5%	31.4%	29.4%	27.9%
Clima	6.1%	6.9%	6.2%	5.6%	5.7%

Fonte: BTS

A Figura 2.1 mostra o desempenho de pontualidade dos voos domésticos realizados nos Estados Unidos no ano de 2008. Do gráfico observa-se que aproximadamente 22% dos voos realizados naquele ano sofreram atraso, sendo que o fator gerador mais relevante foi o NAS. Contudo, não é possível inferir qual o fator de dentro do sistema nacional de aviação que mais contribui para os atrasos.

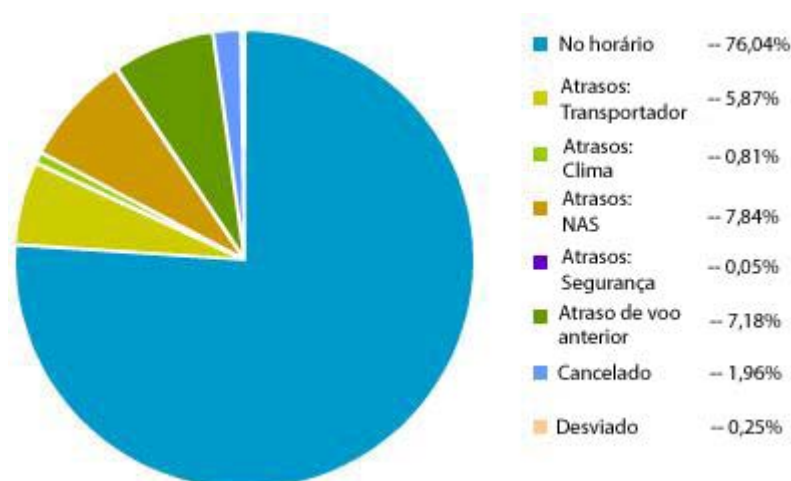


Figura 2.1 - Desempenho de pontualidade dos voos domésticos no mercado estadunidense em 2008

Fonte: BTS

Os dados utilizados para a elaboração dos relatórios são fornecidos pelas próprias companhias aéreas, de acordo com a regulação estabelecida pelo DOT (14 CFR, *Code of Federal Regulations*, Part 234). O envio de dados é obrigatório para as companhias aéreas responsáveis por pelo menos um por cento do total de voos domésticos programados. Existem também companhias que enviam esses dados voluntariamente. O regulamento requer informações sobre as operações realizadas nos 32 aeroportos dos Estados Unidos que representam pelo menos um por cento do total dos voos domésticos agendados, no entanto, todas as companhias têm enviado de forma voluntária os dados de toda a malha doméstica.

2.2 UNIÃO EUROPEIA

A Eurocontrol – *European Organisation for the Safety of Air Navigation* – possui um departamento, chamado de *Central Office for Delay Analysis* (CODA), que é responsável por fornecer aos gerentes do ECAC – *European Civil Aviation Conference* – dados atualizados e consistentes, além de informação detalhada, sobre a situação dos atrasos de voo na União Européia. Além disso, cabe ao CODA deixar disponível todas essas informações a qualquer pessoa interessada no desempenho de pontualidade do transporte aéreo de passageiros. Tal trabalho é feito por meio da elaboração de relatórios mensais e anuais que podem ser consultados no endereço eletrônico do departamento – https://extranet.eurocontrol.int/http://prisme-web.hq.corp.eurocontrol.int/ecoda/coda/public/standard_page/public_application.html.

Os dados utilizados pelo CODA são provenientes diretamente das companhias aéreas e da *Central Flow Management Unit* (CFMU), unidade operacional da Eurocontrol responsável por melhorar a segurança do tráfego aéreo e por garantir a utilização do espaço aéreo de forma eficiente, sem a ocorrência de congestionamentos. Segundo o relatório anual de 2008, a duração média dos atrasos, para todas as causas, foi de 12,6 minutos para as partidas – queda de 2% em relação a 2007 – e 12,4 minutos para as chegadas – 1 % a menos que no ano anterior. O número total de voos no ano de 2008 foi 0,4% maior do que em 2007 e os atrasos relativos ao controle de tráfego aéreo cresceu em 11%. A Figura 2.2 apresenta uma comparação de 2004 a 2008 do total de voos realizados por ano, e do total de atrasos superiores a 15 minutos observado nos respectivos períodos.

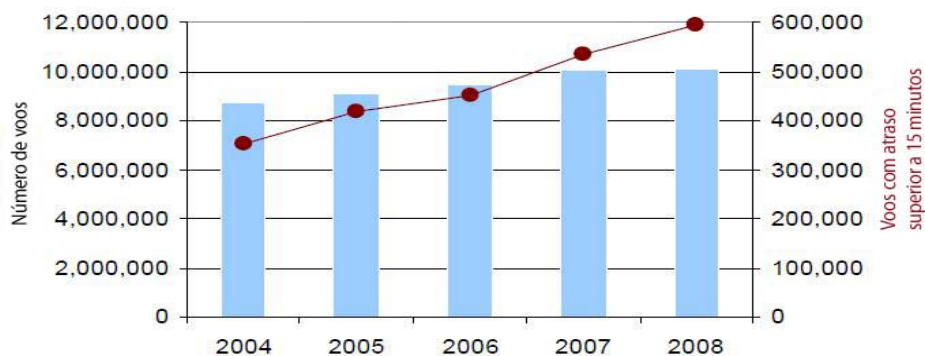


Figura 2.2 - Número de voos e de atrasos superiores a 15 minutos no transporte aéreo de passageiros na União Europeia, de 2004 a 2008

Fonte: Eurocontrol CODA

A Figura 2.3 ilustra a distribuição dos fatores geradores de atraso na União Europeia em 2007, enquanto a Figura 2.4 mostra os resultados verificados em 2008. Para esses gráficos foram considerados atrasos superiores a 1 minuto.

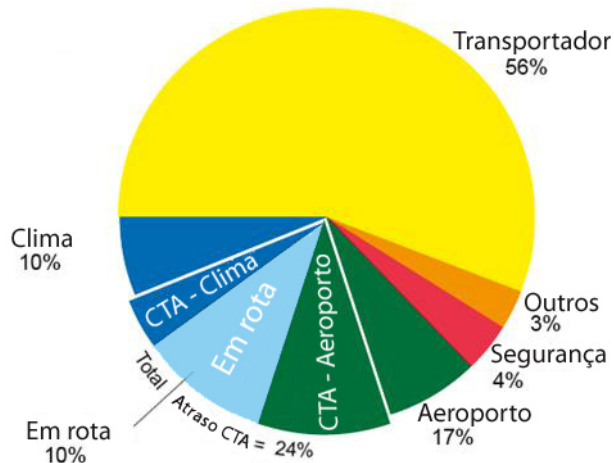


Figura 2.3 - Fatores geradores de atraso na União Europeia em 2007

Fonte: Eurocontrol CODA

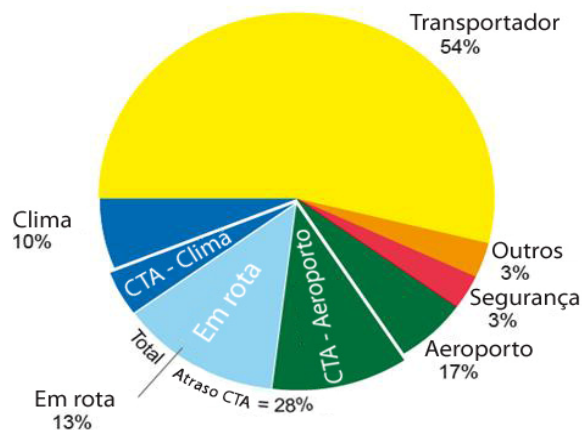


Figura 2.4 - Fatores geradores de atraso na União Européia em 2008

Fonte: Eurocontrol CODA

Nos gráficos, parte dos atrasos relativos a condições meteorológicas desfavoráveis e a capacidade aeroportuária insuficiente é relacionada a problemas com o controle de tráfego aéreo, colaborando para o total de atrasos devido a esse último fator. De acordo com as figuras, verifica-se um aumento no total de atraso gerado pelo controle de tráfego aéreo (CTA) no ano de 2008 (28%) em relação ao ano interior (24%). Observa-se das figuras que problemas operacionais dos transportadores são os principais responsáveis pelos atrasos no mercado europeu.

A Figura 2.5 mostra uma distribuição mais detalhada dos fatores geradores de atrasos na União Européia, categorizados de acordo com a tabela padrão de códigos de atraso definida pela *International Air Transport Association* – IATA (o Apêndice A apresenta uma versão de agosto de 2009 dessa tabela – fonte: <http://www.b737mrg.net>). Pode ser observado da comparação dessa figura com as anteriores que, entre os problemas operacionais dos transportadores, aqueles que mais contribuem para a geração de atrasos são os relacionados diretamente à aeronave, tais como: manutenções programadas e não-programadas, falta de peças sobressalentes nas bases de operação, trocas inesperadas de aeronave, indisponibilidade de aeronave em espera por motivos técnicos, etc. Outros problemas operacionais dos transportadores responsáveis por grande parcela dos atrasos são: serviços de apoio de rampa e da aeronave (abastecimento de combustível, cálculo de peso e balanceamento, limpeza, abastecimento de refeições, entre outros); passageiros e bagagem (reabertura de despacho para passageiros atrasados, demora excessiva no embarque, erros no embarque de bagagem); e operações de voo e tripulação (mudança de última hora na quantidade de combustível ou

carga paga, tripulação vencendo o limite da jornada de trabalho, ausência de tripulante por motivos de saúde, etc.).

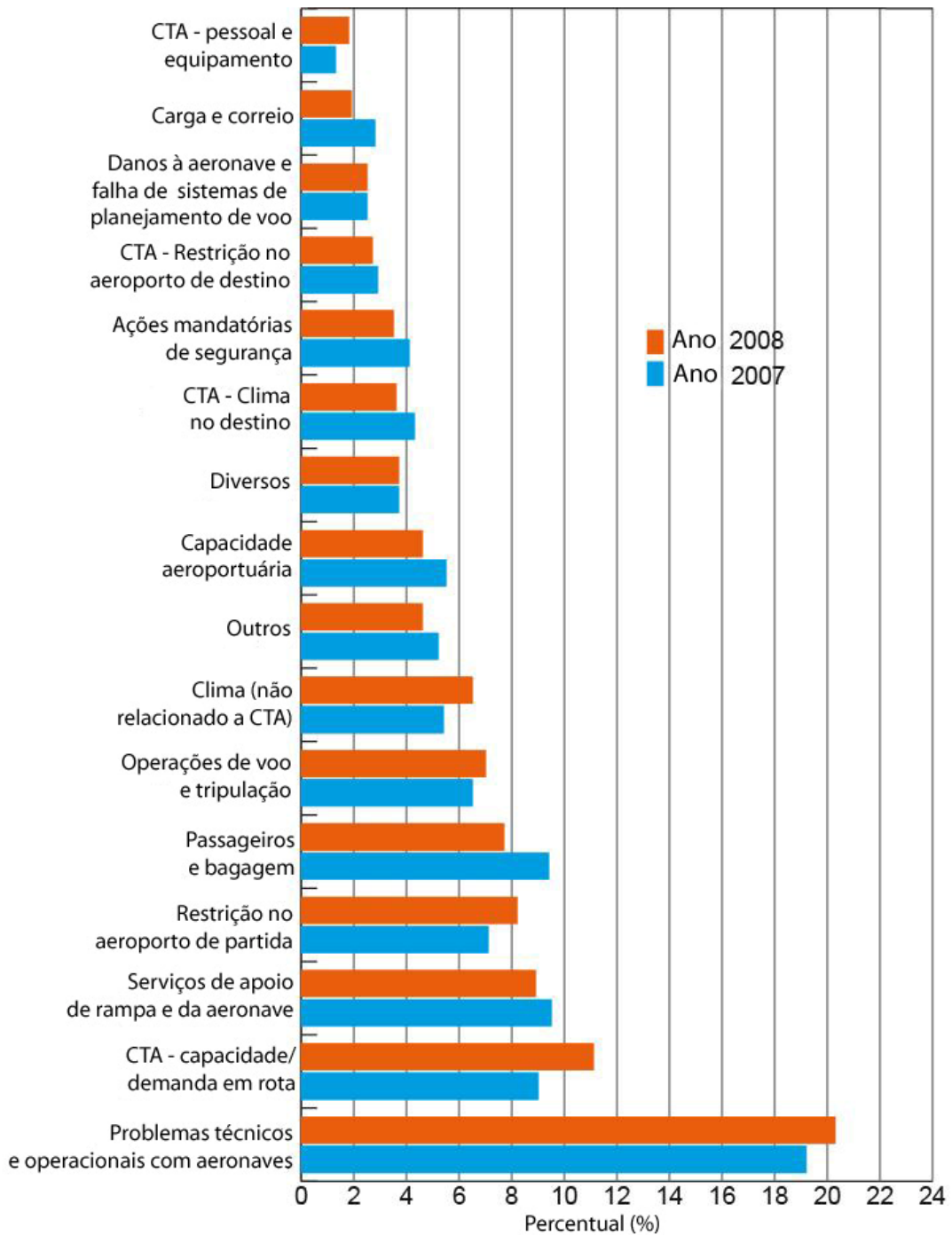


Figura 2.5 - Comparação entre os anos de 2007 e de 2008 quanto aos fatores geradores de atraso, agrupados de acordo com codificação padronizada da IATA

Fonte: Eurocontrol CODA

2.3 BRASIL

No Brasil, a Agência Nacional de Aviação (ANAC) divulga, em seu endereço eletrônico (www.anac.gov.br), tabelas e gráficos e elaborados com base em dados da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária – Infraero – que evidenciam o desempenho de pontualidade do transporte aéreo de passageiros no Brasil, no entanto sem avaliar os fatores que causaram os atrasos. Como exemplo, a tabela 2.2 evidencia o índice de atraso em relação ao total de voos realizados, bem como individualmente para as principais companhias aéreas brasileiras, para o período de janeiro a novembro de 2008. A Tabela 2.3 mostra o mesmo tipo de dados para o período de janeiro a setembro de 2009. Percebe-se a partir dos dados apresentados que, comparando mês a mês, os atrasos em 2009 foram inferiores aos do ano anterior. A ANAC atribui essa redução à maior intervenção da entidade no sistema, com a intensificação de ações de fiscalização e de julgamento dos processos administrativos envolvendo penalidades pecuniárias aplicadas às companhias aéreas.

Tabela 2.2 - Estatísticas de atraso, geral e das principais companhias aéreas brasileiras, de janeiro a novembro de 2008

Fonte: ANAC

Atrasos 30 min.	Total	TAM	Gol	OceanAir	Varig	Webjet
jan/08	25,0%	16,3%	32,8%	53,5%	20,5%	10,5%
fev/08	18,7%	13,8%	22,3%	31,3%	14,2%	28,4%
mar/08	20,2%	17,4%	22,7%	27,9%	19,8%	22,5%
abr/08	18,1%	14,7%	18,7%	23,4%	27,4%	17,4%
mai/08	18,0%	16,0%	20,8%	15,1%	18,4%	26,0%
jun/08	19,6%	15,5%	24,0%	12,3%	19,5%	39,9%
jul/08	15,4%	14,3%	14,4%	13,2%	15,9%	31,5%
ago/08	13,6%	13,5%	12,8%	10,8%	13,2%	17,3%
set/08	10,5%	11,0%	8,7%	9,6%	7,6%	18,6%
out/08	12,5%	10,0%	13,4%	15,1%	15,3%	14,1%
nov/08	16,6%	12,3%	21,1%	11,6%	24,2%	15,0%

Tabela 2.3 - Estatísticas de atraso, geral e das principais companhias aéreas brasileiras, de janeiro a setembro de 2009

Fonte: ANAC

Atrasos ≥ 30 min.	Todas as cias.	TAM	OceanAir	Webjet	Gol/Varig	Azul
jan/09	15,5%	10,5%	9,2%	23,9%	20,5%	5,3%
fev/09	8,6%	7,0%	7,2%	6,9%	9,0%	5,3%
mar/09	7,1%	5,8%	6,3%	8,9%	6,1%	6,9%
abr/09	6,9%	5,6%	5,9%	7,6%	5,8%	7,6%
mai/09	7,5%	6,0%	6,9%	12,6%	6,6%	14,4%
jun/09	10,0%	8,3%	9,7%	13,4%	8,8%	10,9%
jul/09	12,3%	10,4%	11,4%	20,8%	10,1%	8,2%
ago/09	9,3%	7,9%	9,4%	12,7%	7,6%	8,3%
set/09	10,2%	9,4%	6,1%	8,4%	9,5%	8,5%

A Figura 2.6 e a Figura 2.7 ilustram os resultados mostrados nas tabelas anteriores na forma de gráfico. A ANAC enfatiza que em 2008 os efeitos do chamado “caos aéreo” – período iniciado com o acidente de setembro de 2006 entre um jato *Legacy* americano e um Boeing da companhia aérea Gol – desapareceram progressivamente ao longo do ano, com os picos verificados nos meses de junho e novembro sendo atribuídos, respectivamente, a problemas meteorológicos e à fusão das malhas aéreas das empresas Gol e Varig. A área de Segurança Operacional da ANAC detectou que essa fusão – fruto da incorporação das duas empresas em uma única companhia aérea – causava dificuldades para a operação de seus vôos, resultando em atrasos bem acima da média das demais companhias no mesmo período.

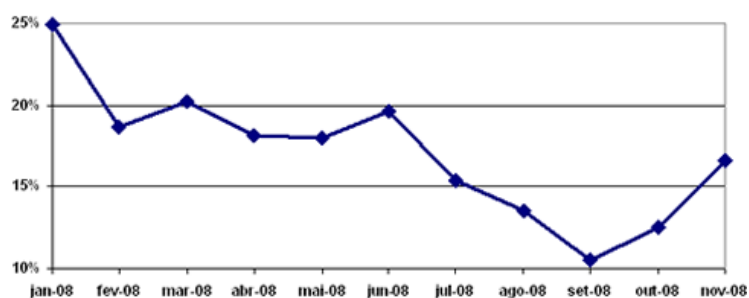


Figura 2.6 - Percentual mensal de atrasos de janeiro a novembro de 2008

Fonte: ANAC

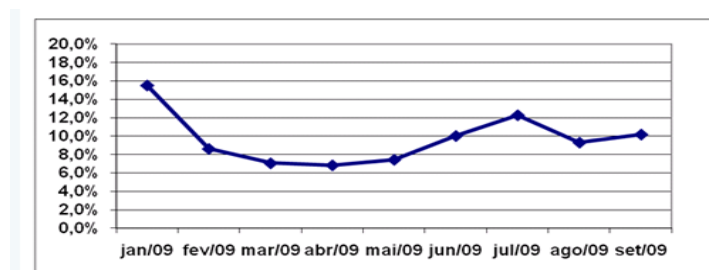


Figura 2.7 - Percentual mensal de atrasos de janeiro a setembro de 2009

Fonte: ANAC

A ANAC, assim como as entidades dos Estados Unidos e da União Européia apresentadas nas seções anteriores, também recebe informações das companhias aéreas sobre as causas de atraso e de cancelamento. A Instrução de Aviação Civil (IAC) 1504, de 30 de abril de 2000, traz uma lista de códigos que devem ser utilizados para especificar a causa do distúrbio na operação. Esses dados são enviados semanalmente à ANAC, que os insere em um banco computacional institucional. A Figura 2.8 apresenta um gráfico gerado pela Gerência de Fiscalização (GFIS) da ANAC a partir desses dados, após o agrupamento das causas definidas

na IAC 1504 em cinco grandes grupos: segurança; transportador; clima; Sistema de Aviação Civil – que engloba a parte relativa a capacidade aeroportuária e a controle de tráfego aéreo –; e outros. Percebe-se claramente que, no Brasil, o Sistema de Aviação Civil é apontado pelas companhias aéreas como o grande responsável pelos atrasos de voo.

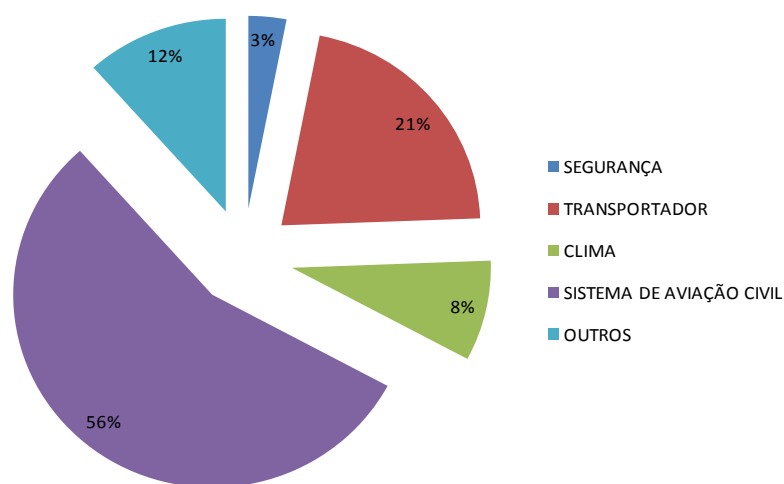


Figura 2.8 - Percentual de atrasos no Brasil em função da causa

Fonte: ANAC

3 CAUSAS TÍPICAS DE ATRASO

3.1 RELAÇÃO ENTRE AS FASES DO VOO E O ATRASO

De acordo com Mueller e Chatterji (2002, p.1) não há definição ou medida padronizada de atraso na indústria da aviação. Cada organização envolvida nessa aérea elabora sua própria definição de modo a avaliar a situação da maneira que acha mais apropriada. Contudo, há fases do voo bem definidas e padronizadas que geralmente são utilizadas para esse propósito, são elas: o horário de *pushback*, momento no qual o freio de estacionamento é retirado; o horário de decolagem, no qual o peso da aeronave deixa de ser sustentado pelo trem de pouso; o horário de pouso, que está associado ao toque da aeronave na pista do aeroporto de destino; e o horário de parada, no qual o s freio de estacionamento é recolocado na aeronave.

A *Federal Aviation Administration* (FAA) dos Estados Unidos classifica os atrasos em: atraso no portão, atraso no taxiamento para decolagem, atraso terminal e atraso no taxiamento após o pouso. Cada uma dessas categorias se destaca quando a aeronave requer mais tempo nesses regimes do que o previsto no planejamento da malha aérea. Por exemplo, atrasos terminais ocorrem quando uma aeronave é mantida em voo de espera próxima ao aeroporto, antes do pouso.

Devido a questões comerciais, os transportadores interpretam essas definições de atraso de forma diferenciada. Por exemplo, algumas companhias aéreas computam a chegada no portão quando o freio de estacionamento é aplicado, enquanto outras utilizam a abertura da porta da aeronave para o desembarque dos passageiros como sendo o evento que caracteriza a chegada. Embora a diferença de tempo entre esses eventos seja pequena, sem dúvida pode ser um fator decisivo para determinar se um voo é registrado como pontual ou atrasado.

Alguns estudos têm identificado as fases do voo na qual os atrasos ocorrem, bem como os fatores que causam os atrasos nessas etapas. Por exemplo, o DOT classifica os atrasos como atraso no portão (*gate*), atraso no taxiamento para decolagem (*taxi-out*), atraso no ar (*airborne*) e atraso no taxiamento após o pouso (*taxi-in*). A Figura 3.11 mostra a distribuição dos atrasos em função da fase do voo. Observa-se pela figura que 84% dos atrasos ocorrem em solo (*gate*, *taxi-out* e *taxi-in*), sendo 76% antes da decolagem, o que sugere que manter o

foco na resolução de problemas para essas fases do voo tende a proporcionar melhores resultados na redução dos atrasos.

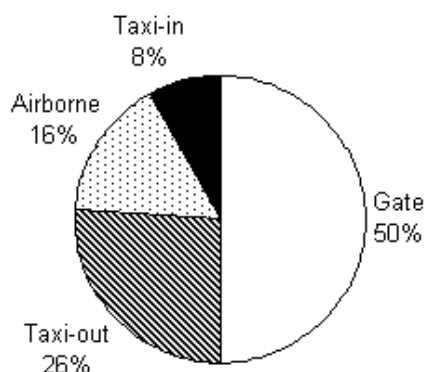


Figura 3.1 - Distribuição do atraso em função da fase de voo

Fonte: MUELLER E CHATTERJI, 2002, p.3

Segundo Mueller e Chatterji (2002, p. 3), a ineficiência de movimento na superfície não é a única causa para atrasos em solo. Restrições de capacidade em rota, manutenção de aeronaves, serviços de solo (abastecimento de combustível, abastecimento de alimentação, processamento e embarque de bagagens, etc), problemas com passageiros (embarque, preterição), chegada atrasada de aeronave e/ou tripulação, condições climáticas desfavoráveis, todos são fatores que contabilizam para o atraso em solo. O impacto das causas mais comuns entre essas citadas serão discutidas nas próximas seções.

3.2 ESTUDOS SOBRE FATORES DE GERAÇÃO E DE PROPAGAÇÃO DE ATRASO

Os atrasos de voo têm sido analisados em diversos estudos estadunidenses e europeus. Essas pesquisas geralmente procuram identificar as causas dos atrasos com a utilização de estatísticas nacionais de pontualidade de cada aeroporto. De acordo com Abdel-aty *et al.* (2007, p. 355), os atrasos de voo ocorrem pela deficiência de suprimento de modos de transporte aéreo ou de facilidade que atendam a demanda de viagens aéreas. Como exemplo, citam o trabalho de Wong *et al.* (2002), que aponta a falta de capacidade de pista como a causa principal dos atrasos de voo, e o estudo de Dillingham (2005) que atribui ao aumento da demanda de aeronaves no sistema de espaço aéreo uma grande parcela de contribuição para a impontualidade dos voos.

Alguns pesquisadores descobriram que os atrasos também são causados por insuficiência de controle de tráfego e por irregularidades nas operações das companhias aéreas. Por exemplo, Reynolds-Feighan e Button (1999) relataram que a maioria dos atrasos nos aeroportos Europeus está relacionada a dificuldades com o controle de tráfego aéreo. De forma similar, Mueller e Chatterji (2002) sugeriram que a causa dos atrasos estavam ligadas às operações das companhias aéreas e a mudanças repentinas de seus procedimentos. Nessa mesma linha de pesquisa, Wu (2005) descobriu que os atrasos nas malhas aéreas das companhias são provocados pelo limitado tempo de acomodação programado entre voos e pela natureza estocástica nos distúrbios das operações aéreas.

Contudo, entre as várias causas de atraso de voo, grande parte dos pesquisadores chegou à conclusão que o clima é o fator dominante, principalmente porque, devido a condições climáticas desfavoráveis, a capacidade aeroportuária é reduzida, em função do aumento na separação entre as aeronaves. Em particular, condições adversas tais como fortes rajadas de vento na superfície e baixa visibilidade tornam o pouso das aeronaves mais difícil, o que resulta em um maior atraso na chegada (ALLAN *et al.*, 2001 apud ABDEL-ATY *et al.*, 2007, p. 356). De modo similar, Mehndiratta *et al.* (2002 apud ABDEL-ATY *et al.*, 2007, p. 356) identificaram que devido a neblinas de verão e a tempestades de inverno, a capacidade do aeroporto de São Francisco reduz e os atrasos de voo aumentam.

Enfim, de acordo com o que foi encontrado pelas pesquisas citadas nesta seção e na anterior, observa-se que os atrasos são provocados principalmente pelas condições climáticas adversas nos aeroportos, pela falta de capacidade aeroportuária, pelo insuficiente controle de tráfego aéreo diante do aumento no número de aeronaves em circulação e por deficiências de planejamento e de execução de operações por parte das companhias aéreas. Nas próximas seções cada um desses fatores será analisado individualmente, com a identificação de suas origens e do impacto provocado na pontualidade de voos.

3.3 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS ADVERSAS

Baixa visibilidade, baixo teto operacional, ventos fortes e fenômenos naturais severos são significativamente responsáveis pela redução tanto do espaço aéreo quanto da capacidade de

um aeroporto em processar aeronaves, o que implica em congestionamento e propagação de atrasos.

Segundo uma pesquisa realizada por Citrenbaum e Juliano (1999, apud Coy, 2006, p. 301), nos Estados Unidos, as condições climáticas adversas nos aeroportos de origem e de destino causam de 60% a 70% dos atrasos superiores a quinze minutos e, com o crescente congestionamento do espaço aéreo, a quantidade de atrasos provocado por esse motivo têm aumentado substancialmente.

Weber *et al.* (2005) afirmam que a tecnologia atual não consegue fornecer previsões de longo prazo confiáveis sobre os impactos das tempestades no espaço aéreo. Mesmo quando são obtidas boas previsões de curto prazo, o sistema de tráfego aéreo não consegue explorá-las de forma efetiva de modo a melhorar o fluxo de aeronaves, devido à elevada carga de trabalho e a dificuldades de gerenciamento do espaço aéreo.

Como resultado, os gerentes de tráfego aéreo aplicam procedimentos conservativos para minimizar a possibilidade de que as aeronaves encontrem tempestades ao longo da rota de voo. Por exemplo, se condições meteorológicas severas são previstas em um determinado aeroporto estadunidense, a FAA aciona um programa de atraso em solo (*Ground Delay Program, GDP*) que aumenta o espaçamento entre chegadas sucessivas para garantir a segurança das operações. Para os casos de fechamento do aeroporto, dependendo da sua duração, é implementado outro programa (*Severe Weather Avoidance Plan, SWAP*) no qual as aeronaves são desviadas para outro aeroporto (ABDELGHANY *et al.*, 2004, p. 385).

A presença de condições climáticas desfavoráveis podem tanto reduzir a capacidade aeroportuária (definida pelo número de chegadas e partidas de aeronaves por hora) quanto, no pior caso, forçar um aeroporto a fechar por um período de tempo até que as operações de voo possam recomeçar de forma segura.

Com base em estatísticas de atraso do FAA, Weber *et al.* (2005) estimam que atrasos de voo relacionados a clima desfavorável custam US\$ 2 bilhões por ano às companhias aéreas em gastos diretos com a operação.

3.4 LIMITAÇÕES DO CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO

O controle de tráfego aéreo na União Européia e nos Estados Unidos é frequentemente citado como causa de atraso e de insatisfação das companhias aéreas e dos passageiros. Contudo, ele representa apenas uma parcela da equação envolvendo demanda, capacidade e atraso, que afeta o transporte aéreo de passageiros (GOLASZEWSKI e BALLARD, 2001 apud GOLASZEWSKI, 2002, p. 3). Embora estejam sendo realizados esforços tanto na União Européia quanto nos Estados Unidos para reformar o controle de tráfego aéreo, pesquisadores questionam se tais medidas serão suficientes ou se ocorrerão a tempo de evitar uma maior deterioração do serviço.

Nas últimas décadas, mais de vinte países transferiram o gerenciamento dos serviços de controle de tráfego aéreo para empresas públicas (CANSO, 1999, apud GOLASZEWSKI, 2002, p. 3). O Reino Unido partiu para o estabelecimento de um modelo de privatização do controle de tráfego aéreo iniciado por meio da venda parcial da *National Air Traffic Services* (NATS) a um consórcio de companhias aéreas, formando uma parceria público-privada.

Em cada um desses casos, os países se viram na situação de decidir o que fazer a respeito da segurança do controle de tráfego aéreo após a sua comercialização. A maioria optou por regulação explícita da segurança, que permanece ligada a uma autoridade de aviação nacional após a partilha do controle de tráfego aéreo. Dessa forma, o governo permite a operação independente do sistema, mas continua a determinar as suas diretrizes de segurança.

Por outro lado, os EUA não comercializaram seu controle de tráfego aéreo, desconsiderando os vários estudos e as diferentes propostas que recomendavam esse caminho. De acordo com Golaszewski (2002, p. 3), essa é uma das diferenças mais notáveis entre a aviação civil européia e a estadunidense nesse assunto. As próximas seções apresentam alguns detalhes desses sistemas de controle de tráfego aéreo, bem como do espaço aéreo brasileiro, antes da apresentação de como a pontualidade dos voos é afetada por esse fator.

3.4.1 O Espaço Aéreo dos Estados Unidos

Nos dias de hoje, os Estados Unidos operam um único sistema de controle de tráfego aéreo para um vasto espaço aéreo, cujas fronteiras são ilustradas na Figura 3.2. O espaço aéreo doméstico sobre os quarenta e oito estados (excluindo Alaska e Havaí) compreendem cerca de 10.000.000 km². Os EUA também operam o espaço aéreo oceânico sobre faixas distantes do Pacífico até uma linha que conecta a ilha de Guam às Filipinas. No Atlântico Norte, os EUA controlam o espaço aéreo até uma fronteira localizada aproximadamente no meio do caminho entre os Estados Unidos e a Europa.

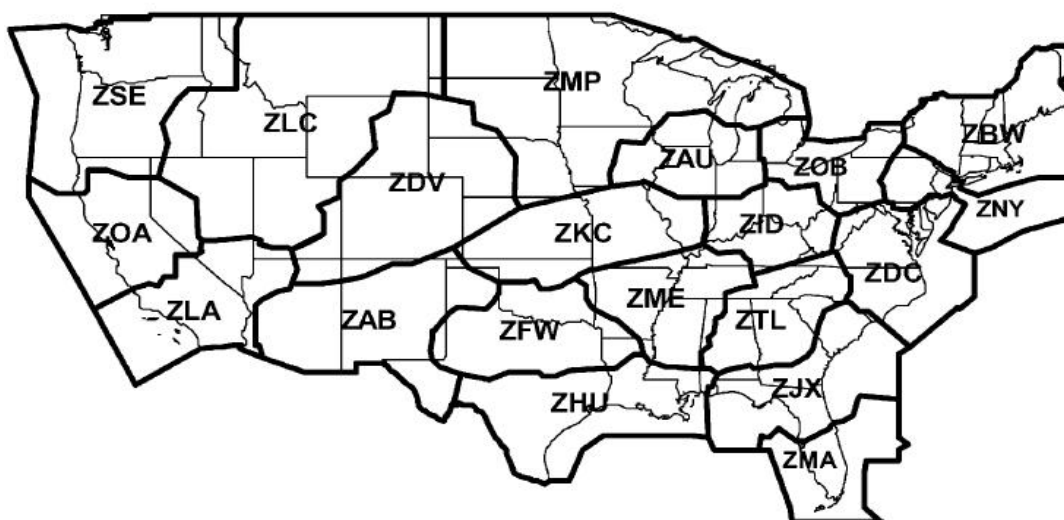


Figura 3.2 - Fronteiras do espaço aéreo estadunidense

Fonte: Golaszewski, 2002, p. 4

3.4.2 O Espaço Aéreo Europeu

Na União Européia, ao contrário dos EUA, há vários sistemas nacionais de controle de tráfego aéreo dentro de uma pequena área geográfica, como resultado da evolução histórica dessa atividade como uma responsabilidade nacional e devido à pequena extensão territorial dos países europeus. Portanto, o sistema de gerenciamento de tráfego aéreo europeu – sob responsabilidade da Eurocontrol – é formado por um grande número de pequenas unidades de controle de tráfego aéreo, cujas fronteiras são mostradas na Figura 3.. São 49 centros de controle de tráfego aéreo, cobrindo 31 países. Assim como o espaço aéreo estadunidense, a área da Eurocontrol também abrange cerca de 10.000.000 km². No final da década de 1980, a *Association of European Airlines* (AEA) realizou um estudo que forneceu estimativas dos

prejuízos econômicos e operacionais da atual organização do sistema de controle de tráfego aéreo (AEA, 1989 apud GOLASZEWSKI, 2002, p. 4). Ademais, esse estudo também propôs o desenvolvimento de um sistema com um único responsável, apontando os benefícios econômicos da consolidação das unidades de controle de tráfego aéreo. Evidências recentes provenientes de um estudo da Eurocontrol (2001) mostram que os custos de operação no espaço aéreo europeu é quase o dobro do observado nos Estados Unidos.



Figura 3.3 - Fronteiras do espaço aéreo europeu

Fonte: Golaszewski, 2002, p. 4

A União Europeia está na indesejável posição de operar um sistema de controle de tráfego aéreo fragmentado, com altos custos de coordenação e com a necessidade de atingir padronização entre diversos países. Contudo, esta condição também permitiu a evolução da estrutura organizacional do controle de tráfego aéreo em diferentes ritmos, de acordo com a situação política e econômica de cada país. Por exemplo, quando a Alemanha optou por comercializar seu sistema de controle de tráfego aéreo entre a *Deutsche Flugsicherung* (DFS) e a *German Air Navigation Services*, pôde fazê-lo sem a necessidade de aprovação de outros países da União Europeia (RIEDEL, 2001 apud GOLASZEWSKI, 2002, p. 4). De forma similar, o Reino Unido foi capaz de realizar a privatização de seu sistema de controle de tráfego aéreo sem ter que enfrentar barreiras impostas por outros países europeus.

Segundo Golaszewski, esses esforços de reestruturação na Alemanha e no Reino têm reduzido os custos e aumentado a eficiência dentro de seus respectivos espaços aéreos, porém ainda são necessárias mudanças significativas nos custos e na produtividade em toda a Europa.

3.4.3 O Espaço Aéreo Brasileiro

O sistema de controle de tráfego aéreo brasileiro é administrado pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), que integra o Comando da Aeronáutica. O Brasil tem a responsabilidade de administrar o espaço aéreo territorial (8.511.965 km²) e o espaço aéreo sobrejacente à área oceânica, que se estende até o meridiano 10° W, perfazendo um total de 22 milhões de Km². Embora algumas torres de controle sejam operadas por civis, a grande maioria dos controladores é militar. Os centros de controle de tráfego aéreo são conhecidos pelo acrônimo CINDACTA – Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo. Atualmente existem quatro CINDACTA em operação, localizados em quatro cidades, cada um responsável por uma diferente região do espaço aéreo brasileiro, conforme ilustrado na Figura 3.4.



Figura 3.4 - Divisão regional do espaço aéreo brasileiro

Fonte: Ministério da Defesa

3.4.4 Congestionamento, Atrasos e Capacidade

De acordo com Golaszewski (2002, p. 5), aeroporto e controle de tráfego aéreo podem ser considerados serviços complementares. Ambos são necessários para prover um voo seguro da origem ao destino.

Assim como no caso do gerenciamento do controle de tráfego aéreo, a maneira pela qual os serviços de aeroporto são prestados também difere entre a União Européia e os Estados Unidos, o que interfere nas características de atrasos de voo de cada um desses mercados.

Na União Européia, alguns aeroportos aplicam o sistema de controle de *slots*, que limita o número de pousos e decolagens de aeronaves em função da capacidade de processamento eficiente em condições de operação por instrumento (*Instrument Meteorological Conditions – IMC*). Esse sistema restringe a demanda por transporte aéreo a níveis que podem ser acomodados pela infraestrutura aeroportuária existente. A presença do controle de *slots* limita a severidade dos atrasos provocados por problemas de capacidade do controle de tráfego aéreo nas imediações do aeroporto. Por essa razão, a maioria dos atrasos no ambiente europeu é relacionada à falta de capacidade do espaço aéreo em rota de comportar os atuais níveis de tráfego.

Ademais, a maioria dos esquemas de recuperação de custos para o controle de tráfego aéreo em rota aplica uma fórmula que leva em consideração o peso da aeronave e a distância percorrida pelo voo, equivalente à precificação de Ramsey– técnica utilizada para recuperar custos com o mínimo distúrbio no nível de demanda para o serviço sendo prestado. Se por um lado esse tipo de precificação é uma boa alternativa para assegurar a máxima utilização, assegurando receitas adequadas de sistemas operando abaixo dos níveis de capacidade, por outro, é uma má opção para sistemas congestionados. Até o momento, mesmo com a demanda excedendo a capacidade dos serviços de tráfego aéreo na União Européia, não foi estabelecida uma estrutura de precificação que possa equilibrar o mercado. Dessa forma, a demanda excessiva não é inibida e o congestionamento do espaço aéreo não tem como ser controlado.

Em relação aos Estados Unidos, embora eles também sofram com a saturação do tráfego em rota e com os atrasos em algumas localidades ou em determinados períodos, a maior parte dos

atrasos relativos ao congestionamento no espaço aéreo é verificada nas proximidades dos terminais aeroportuários, principalmente quando há a presença de condições meteorológicas adversas. Isso ocorre porque o controle de *slots* é imposto pelo governo federal em apenas quatro aeroportos. Basicamente, a filosofia de operação para o controle de tráfego aéreo nos Estados Unidos é de atendimento de acordo com a ordem de chegada, e algumas instalações operam a níveis que se aproximam ou excedem a sua capacidade em condições meteorológicas visuais (*Visual Meteorological Conditions* – VMC).

A precificação também desempenha um papel significativo no congestionamento do tráfego aéreo nos Estados Unidos. Atualmente, os aeroportos são proibidos de cobrar preços de equilíbrio de mercado pela utilização da capacidade aeroportuária por várias políticas regulatórias e leis impostas pelo governo federal. Essas políticas restringem as cobranças apenas à recuperação dos custos de operação, de manutenção e de depreciação das instalações. Apesar de estar em debate, não há previsão para um novo modelo de precificação para os horários de pico por parte dos aeroportos nos Estados Unidos.

Em adição aos fatos apresentados nos parágrafos anteriores, também é preciso ressaltar que os usuários do espaço aéreo não são cobrados diretamente pelos serviços de tráfego a eles fornecidos. A compensação é feita indiretamente por taxas repassadas aos passageiros e expedidores de carga. Desse modo, não há indicativo de preço que diga aos usuários onde a capacidade é mais escassa, nem que diga aos fornecedores onde são necessários mais investimentos. Isso também significa que não há mecanismo econômico para balancear a demanda e a capacidade no sistema de controle de tráfego aéreo estadunidense.

A falta de preços eficientes para o controle de tráfego aéreo e para a infraestrutura aeroportuária agrava ainda mais os problemas de congestionamento e consequentes atrasos. Por esse motivo, recentemente, os EUA têm examinado a possibilidade de implantação de um novo modelo de precificação para os horários congestionados como parte do desenvolvimento de soluções de curto prazo para os problemas com atrasos.

3.5 CAPACIDADE AEROPORTUÁRIA

3.5.1 A Interferência do Clima na Capacidade Aeroportuária

Muitos aeroportos de importância têm previsão de operar nos limites de suas capacidades durante determinados horários do dia, assumindo-se condições meteorológicas favoráveis. Esse fato pode ser observado com maior facilidade nos aeroportos *hub*, nos quais as empresas aéreas realizam um grande número de pousos e decolagens em curtos períodos de tempo (PETERSON *et al.*, 1995, apud COY, 2006, p. 301).

Por simplificação, muitos operadores, ao agendarem os horários de voos, avaliam a capacidade de um aeroporto de processar aeronaves (taxa de serviço) com base em modelos determinísticos, em vez de tratar as chegadas e partidas por métodos probabilísticos. Essa prática ocasionalmente provoca congestionamento nos aeroportos que operam no limite e também é responsável pela desorganização da operação em outros aeroportos, visto que, como as filas de decolagem e o espaço aéreo para aproximação têm capacidades restritas, aeronaves provenientes de outros locais acabam por atrasarem intencionalmente suas partidas a fim de não aumentarem ainda mais o congestionamento no destino (KOOPMAN, 1972 apud COY, 2006, p. 301).

Coy (2006, p. 300) afirma que, de modo geral, o desempenho das filas de decolagem e de aproximação atinge seu pior estado quando a taxa de serviço do aeroporto é baixa, em função de condições climáticas severas e quando há um número elevado de chegadas e partidas, decorrente de agendamento agressivo para o respectivo aeroporto.

Dessa forma, a conjunção de clima adverso com tráfego intenso de aeronaves pode ocasionar impacto significativo no *block time* – espaço de tempo entre o momento em que o avião deixa a estação de passageiros no aeroporto de origem e o horário em que ataca no terminal do destino. É comum que a taxa de serviço de um aeroporto, em condições ótimas, seja duas ou até três vezes maior do que em situações de congestionamento (VRANAS; BERTSIMAS; ODoni, 1992, p. 250).

3.5.2 A Interferência da Demanda na Capacidade Aeroportuária

De acordo com Hansen (2002, p. 73), muitos dos principais aeroportos do mundo têm problemas de atraso significativos como um resultado do desequilíbrio entre a sua capacidade e a sua demanda. Economistas há muito tempo argumentam que esse tipo de problema de atraso nos aeroportos é provocado pela falha em precificar de forma diferencial a utilização da infraestrutura aeroportuária.

As tarifas, na maioria dos aeroportos, são invariáveis em função do período do dia. Além disso, nos Estados Unidos, por exemplo, a prática padrão é de cobrança de tarifas proporcionais ao peso da aeronave. Desse modo, Hansen julga que é removido o incentivo das companhias aéreas em consolidar o transporte de passageiros em aeronaves maiores e, também, é ignorada a perda de capacidade aeroportuária derivada da maior necessidade de separação e da menor velocidade de aproximação das aeronaves de menor porte.

O estudo desse problema, bem como a busca de soluções para ele, já se estende por várias décadas. Levine (1969, apud HANSEN 2002, p. 73) sustentou que a precificação é uma maneira mais eficiente de administrar a capacidade aeroportuária escassa do que a opção pela alocação de *slots*. Em outra pesquisa, Carlin e Park (1970, apud HANSEN 2002, p. 73) estimaram o custo marginal do atraso em vários aeroportos e concluíram que em vários casos este excedia as tarifas cobradas em até dez vezes.

Trabalhos mais recentes investigam a resposta das companhias aéreas à imposição de tarifas que reflitam nos aumentos dos custos marginais. Doganis (1991, apud HANSEN 2002, p. 74) examinou os impactos na malha das companhias aéreas devido ao aumento das tarifas no horário de pico, no Aeroporto de Londres, e encontrou que mudanças no horário em que as cobranças mais altas eram realizadas resultavam simplesmente em antecipação da malha aérea por parte das companhias aéreas.

Barret *et al.* (1994, apud HANSEN 2002, p. 74) consideraram o efeito de um esquema hipotético de precificação para o período de pico – no qual todos os custos relacionados a capacidade são alocados para operações no horário de pico –, para as malhas das companhias aéreas que operam no Aeroporto de Boston. Eles argumentaram que os efeitos nas empresas

que operam aeronaves de grande porte seriam desprezíveis, pois a diferença seria inferior a U\$ 1,00 por passageiro. Por outro lado, para as empresas que operam aeronaves menores, o custo por passageiro nos horários de pico aumentaria bastante, o que poderia, em alguns casos, causar o cancelamento de voos. Por fim, eles estimaram que o esquema de precificação proposto reduziria o número de voos em 7%, mas o número de passageiros transportados seria reduzido em apenas 3%, o que não resolveria o problema de insuficiência de capacidade aeroportuária.

3.6 PROBLEMAS OPERACIONAIS DAS COMPANHIAS AÉREAS

Como já visto em alguns capítulos deste trabalho, são vários os problemas operacionais das companhias aéreas que provocam atrasos nos voos. Nas próximas seções alguns destes fatores serão apresentados com mais detalhes obtidos de diversos artigos acadêmicos sobre o tema.

3.6.1 Manutenção de Aeronaves

Sachon e Paté-Cornell (2000, p. 301) afirmam que atrasos de voo também ocorrem com frequência devido a falhas detectadas durante um voo que precisam ser corrigidas antes da partida seguinte. Segundo os pesquisadores, algumas dessas falhas causam pouco impacto na operação, porém, outras podem afetar a segurança de voo e uma manutenção apropriada é requerida de forma urgente.

Ademais, o aumento na sofisticação das atuais aeronaves comerciais requer mão-de-obra especializada, cuja disponibilidade varia de acordo com o aeroporto e com a aeronave. Tal fator implica na redução de possibilidade de correção de problemas não previstos e aumenta a probabilidade de atrasos.

Os padrões atuais de manutenção de aeronaves seguem um processo de três etapas. Primeiro, um problema é identificado e comunicado pela tripulação. Depois, assim que uma aeronave chega a um aeroporto, é feita a verificação do problema relatado. Por fim, caso a falha seja confirmada, é feito o reparo.

Todos os relatos da tripulação são comunicados ao aeroporto de destino e uma equipe de manutenção local é acionada. Se há equipe disponível quando a aeronave pousa, essa a inspeciona e confirma a existência da falha que, caso exista, é classificada como sustentável ou não sustentável.

As falhas sustentáveis são aquelas não críticas para a segurança da aeronave e que podem permanecer sem manutenção por um limitado período de tempo. Se elas não são reparadas dentro desse período, a autoridade de aviação pode impedir a utilização da aeronave. As empresas aéreas estabelecem metas para o número de falhas sustentáveis para cada tipo de aeronave, que são reparadas sempre que há tempo, normalmente durante a noite.

Todas as falhas não sustentáveis devem ser reparadas antes de uma nova partida. Depois que todos os reparos necessários tenham sido concluídos, um mecânico credenciado checa a aeronave a fim de confirmar que todos os requisitos operacionais sejam satisfeitos. A aeronave é então liberada para a tripulação e o piloto pode fazer mais uma vistoria para decidir se está satisfeito ou não com o estado do equipamento. Em caso positivo, a tripulação inicia o procedimento de embarque de passageiros. Caso o piloto não aprove as condições da aeronave, pode recusar a voá-la.

Os gerentes das empresas aéreas constantemente tomam decisões que podem afetar a qualidade da manutenção e tais medidas podem afetar tanto na pontualidade quanto na segurança dos voos. Por esse motivo, é importante que haja ferramentas que identifiquem e quantifiquem os ganhos e perdas de uma decisão.

3.6.2 Limites de Jornada de Trabalho da Tripulação

Perturbações na programação de voo podem ter impacto na disponibilidade de tripulações para os voos seguintes.

De acordo com Abdelghany *et al.* (2004, p. 386), as escalas das tripulações são montadas de forma a terem origem e destino numa mesma base (domicílio do aeronauta). Cada escala dura cerca de um a cinco dias, e cada dia representa uma jornada de trabalho. Entre jornadas de trabalho, há um tempo mínimo de descanso, assim como entre dois voos consecutivos de uma

mesma jornada há um intervalo de tempo para que sejam realizadas conexões, nos casos em que a tripulação precisa assumir uma aeronave diferente.

Se há um atraso de voo, uma tripulação pode perder sua conexão em uma etapa posterior de sua escala, ou pode ser excedida a jornada de trabalho, resultando na impossibilidade de que sejam realizados os voos restantes para os quais tal tripulação estava designada. Estes dois casos representam exemplos de propagação de atraso.

3.6.3 Limite de Operação de Aeronaves Entre Manutenções e Tempo Mínimo de Serviço Entre Voos

De forma similar ao que acontece com a tripulação, as rotas de aeronaves são desenhadas para cobrirem uma série de voos consecutivos. Normalmente o intervalo de tempo entre dois voos sucessivos de uma mesma rota é programado para que sejam finalizadas certas atividades como: abastecimento, limpeza, retirada e embarque de bagagem, entre outras (ABDELGHANY *et al.*, 2004, p. 387).

Também há programação própria para a manutenção da aeronave, normalmente baseada em número de horas voadas ou em número de pousos ou decolagens. A construção da malha aérea de uma companhia é feita de forma a assegurar que todas as atividades de manutenção sejam conduzidas em bases específicas e em datas predeterminadas.

Se por algum motivo não previsto a operação é conduzida de forma irregular, podem ocorrer os mesmos problemas já descritos para a tripulação: perda de conexão devido a chegada atrasada de um voo, ou impossibilidade de que uma aeronave complete a rota a fim de que não seja excedido o tempo de voo entre manutenções programadas. Novamente verifica-se casos de propagação de atrasos de uma etapa anterior.

3.6.4 Tempo de Embarque de Passageiros

Se cada avião de uma empresa atrasa em solo por poucos minutos em cada voo, o custo desse atraso pode atingir valores bem elevados. Por esse motivo, é interessante que as companhias aéreas busquem minimizar o tempo de solo de suas aeronaves, que normalmente é

determinado pelo desembarque de passageiros, pelos serviços de cabine e de abastecimento de alimentos e pelo embarque de passageiros, sendo esta última etapa geralmente a de maior duração. Por meio da minimização do tempo de embarque, as empresas podem aumentar seu desempenho de pontualidade, conseqüentemente podendo: aumentar a percepção de qualidade de serviço dos passageiros; aumentar a utilização de aeronaves e tripulação; e diminuir os gastos com a permanência da aeronave em solo; aumentando assim a sua lucratividade. (ORTAN; PROSK; QUENNEVILLE-B'ELAIR, 2007, p. 23)

De acordo com Nyquist e McFadden (2008, p. 197), o procedimento de embarque de passageiros é um problema que existe desde a origem das companhias aéreas de transporte de passageiros. Entretanto, a partir do final da década de 1970, a importância desse assunto passou a crescer constantemente com o decorrer dos anos. Até aquela época, a velocidade média de embarque era de vinte passageiros por minuto, mas, a partir desse ponto, a taxa de embarque tem decrescido, chegando a algo em torno de apenas nove passageiros por minuto (MARELLI *et al.*, 1998 apud NYQUIST; MCFADDEN, 2008, p. 197). Segundo os pesquisadores, esta queda de 55% na eficiência do embarque pode ser atribuída ao aumento da bagagem de mão dos passageiros, à maior ênfase à conveniência do passageiro, ao aumento da demanda, às estratégias de serviço das empresas e à autonomia das aeronaves.

As deficiências com respeito a este aspecto do voo têm irritado a vários viajantes e iniciou uma discussão entre profissionais da indústria de aviação civil e passageiros, na busca de uma solução para a situação, cada parte com os seus interesses – passageiros querendo facilitação e eficiência, e empresas almejando eficiência e lucratividade. Conseqüentemente, as empresas têm se esforçado em encontrar uma maneira efetiva de resolver os problemas com o embarque de passageiros.

Van Landeghem e Beuselinck (2000, apud NYQUIST; MCFADDEN, 2008, p. 197) conduziram um estudo voltado para a redução do tempo de embarque em aeronaves de médio porte (apenas um corredor) como forma de aumentar a percepção de qualidade do serviço dos passageiros. Eles encontraram um tempo de solo médio entre trinta e sessenta minutos e aproximadamente todo este intervalo poderia ser atribuído ao tempo de embarque. No estudo foi assumido que a única ocasião em que o fluxo de entrada poderia ser controlado pelos funcionários da empresa aérea era durante a chamada. Além disso, uma vez que os

passageiros tivessem entrado na aeronave, foi considerado que apenas uma única fila se formaria no corredor enquanto os passageiros esperariam até chegar aos seus assentos.

O gargalo do processo de embarque ocorreu exatamente dentro da aeronave. Os pesquisadores identificaram congestionamentos relacionados tanto à ocupação dos assentos quanto à movimentação no corredor. O congestionamento de assento é causado por um passageiro que já está acomodado e então tem que se levantar para permitir que outro chegue ao local reservado. Já no corredor, a confusão é causada por passageiros que sentam em local equivocado e precisam se realocar. Se este reposicionamento ocorre sem que o corredor esteja vazio, a reentrada do passageiro na fila causa interferência adicional ao embarque. Entretanto, a componente de congestionamento mais significativa é relativa ao armazenamento da bagagem de mão. Durante esse processo, os passageiros que colocam sua bagagem de mão nos compartimentos superiores da cabine impedem que os demais caminhem pelo corredor e alcancem seus assentos. Eventualmente, o passageiro ainda precisa se deslocar dentro da cabine em busca de um compartimento vazio, o que prejudica ainda mais o embarque.

Ferrari e Nagel (2005, apud NYQUIST; MCFADDEN, 2008, p. 197) realizaram um estudo sobre o processo de embarque de passageiros seguindo os mesmos critérios de Van Landeghem e Beuselinck. O modelo desenvolvido por eles calcula o tempo associado ao armazenamento de bagagens de mão considerando o número de itens já acomodados nos compartimentos e a quantidade de bagagem carregada por cada passageiro. Contudo, o modelo de Ferrari e Nagel não leva em consideração o tempo de deslocamento de passageiros em busca de um compartimento vazio, quando aquele acima de seu assento já se encontra completamente carregado.

Nesse estudo, uma análise sensitiva foi realizada para determinar a robustez das várias estratégias em função do efeito de três fatores: passageiros adiantados e atrasados (em relação à chamada para embarque); dimensões da aeronave; e nível de ocupação da aeronave. Os pesquisadores observaram que os passageiros inevitavelmente embarcam fora da sequência de chamada, tanto adiantados quanto atrasados. Além disso, eles assumiram que uma empresa não pode coibir este tipo de acontecimento para não correr o risco de deixar má impressão aos passageiros com essa conduta. Para Ferrari e Nagel, o grau com que os clientes embarcam fora da sequência está diretamente relacionado à ineficiência das chamadas de embarque em

blocos. Afirmam ainda que quanto mais os passageiros chegam fora da sequência, mais aleatório fica o processo de embarque. A explicação por trás dessa ideia é que passageiros que embarcam quando não são chamados irão provocar congestionamentos em áreas com pouca atividade, aumentando a quantidade de congestionamentos locais simultâneos.

3.6.5 A Interdependência da Malha Aérea

Devido ao fato de a aeronave ser o recurso mais limitado de uma companhia, a malha aérea é construída de forma a maximizar a utilização de cada aeronave da frota. Tal fato reduz o tempo inativo entre as etapas da rota e, por esse motivo, um atraso de voo pode provocar um efeito em cascata em todos os voos posteriores da rota e conseqüentemente de todo o planejamento diário da empresa (ABDELGHANY *et al.*, 2004, p. 385).

A construção de uma malha aérea requer a determinação da escala das aeronaves, das rotas e da tripulação. Visto que o processo de otimização da malha tende a gerar espaçamentos bem curtos entre voos, é necessário adicionar tempos de acomodação de atrasos ao planejamento para que seja possível compensar perturbações de pequena escala que ocorrem durante a execução da malha e para manter a pontualidade e a confiabilidade do planejamento. Dada a natureza estocástica das perturbações nas operações diárias e devido à existência de outros eventos incontroláveis, tais como condições climáticas desfavoráveis, frequentemente é possível observar o fenômeno de propagação de atraso nas malhas aéreas (WU, 2005, p. 273).

Para explicar como ocorre a propagação de atrasos em uma malha aérea, Ahmadbeygi *et al.* (2008) realizaram um estudo no qual consideraram uma malha aérea hipotética que maximizava a utilização de recursos de maneira que, para cada tripulação e para cada aeronave, o tempo entre dois voos consecutivos era assumido como o mínimo possível que deveria ser respeitado – por exemplo, uma aeronave não pode ser escalada para fazer duas etapas consecutivas a menos que haja tempo suficiente entre elas para que os passageiros provenientes da primeira etapa possam desembarcar, os serviços de limpeza e de abastecimento de alimentos sejam realizados e que novos passageiros possam embarcar. Inicialmente os pesquisadores consideraram que todas as escalas de tripulações e aeronaves atendiam exatamente ao tempo mínimo entre duas etapas. Dessa forma, obtiveram uma malha ideal do ponto de vista de utilização das aeronaves e da tripulação.

Supondo que esta malha fosse implementada e que um voo arbitrário atrasasse sua partida por trinta minutos, e assumindo que este atraso não pudesse ser compensado pelo aumento da velocidade da jornada, o pouso sofreria um atraso também igual a trinta minutos.

Conseqüentemente, como não há previsão de tempo de acomodação antes da partida do voo seguinte, este também atrasaria em trinta minutos. Se a tripulação se separasse da aeronave no destino, um terceiro voo poderia também sofrer um atraso de trinta minutos, assim como se outras aeronaves estivessem esperando por passageiros em conexão provenientes do voo atrasado.

Esse conjunto de voos que não partiram no horário em decorrência do primeiro voo também chega atrasado aos respectivos destinos, gerando um segundo grupo de voos atrasados. De fato, um voo propaga seu atraso para todos aqueles subsequentes até que a aeronave seja removida da malha e entre em manutenção ou entre na fase de pernoite, em que não haja voos a serem realizados. De forma similar, uma tripulação propaga o atraso a todos os seus voos subsequentes até que a sua jornada de trabalho termine. Se uma tripulação e aeronave inicialmente atrasados não permanecerem juntos durante uma escala, então cada um deles poderá provocar que outras tripulações e aeronaves entrem na corrente de atrasos. A figura 3.5 ilustra um caso de propagação de atrasos de uma malha como a considerada por Ahmadbeygi *et al.*

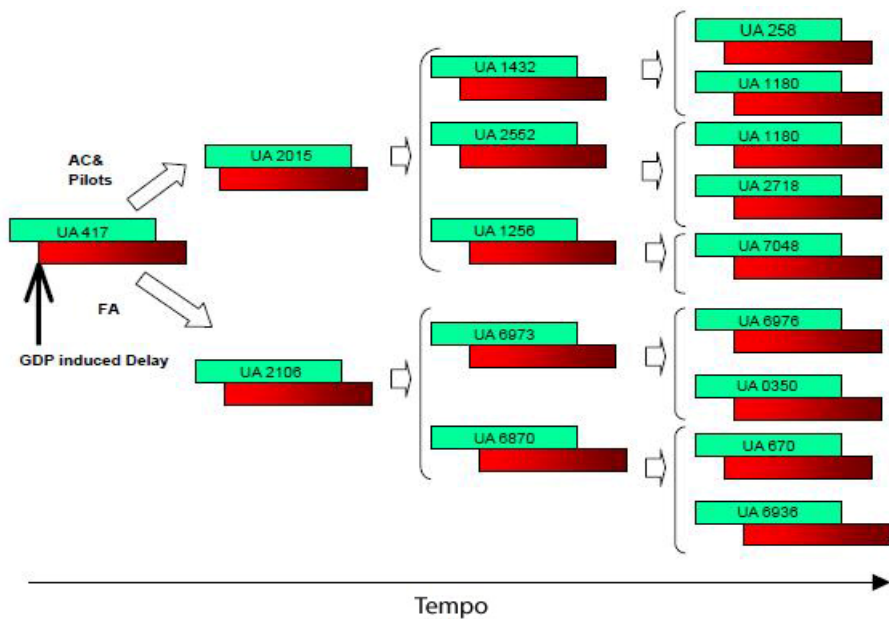


Figura 3.5 - Exemplo de propagação de atraso de uma malha aérea

Fonte: Abdelghany *et al.*, 2004, p. 386

No entanto a situação simulada pelos pesquisadores considera dois improváveis extremos: uma malha sem qualquer tempo de acomodação; e um ciclo de atraso que se propaga indefinidamente. Na realidade, outros fatores impedem a construção de malhas que utilizem todos os recursos ao máximo, tais como a estrutura da demanda, que influencia na determinação dos horários e das frequências dos voos. Ademais, existem alternativas que previnem ou reduzem a propagação dos atrasos, por exemplo, o cancelamento de certas etapas e a convocação de tripulação reserva. De qualquer forma, levar em consideração os dois objetivos – maximizar o lucro de uma malha sob condições ideais e minimizar a propagação de atrasos na operação – apresenta um importante desafio para os planejadores das companhias aéreas.

4 TÉCNICAS E ESTUDOS PARA MELHORIA DO DESEMPENHO DE PONTUALIDADE NO TRANSPORTE AÉREO DE PASSAGEIROS

Neste capítulo são relacionadas algumas técnicas, desenvolvidas pelos pesquisadores citados no capítulo anterior, que visam a evitar ou reduzir os atrasos de voo, bem como os seus impactos na operação de uma companhia aérea.

Não são abordadas neste capítulo as pesquisas relacionadas aos atrasos provocados pelas limitações do controle de tráfego aéreo, nem ligadas a insuficiência de capacidade aeroportuária. As alternativas apontadas pelos pesquisadores para esses dois fatores normalmente estão ligadas à adoção de políticas de precificação diferenciada ao longo do dia dos serviços prestados pelos aeroportos e pelo controle de tráfego aéreo, ou pela implementação de um regime de alocação de *slots*. Ambas as soluções já foram apresentadas e discutidas no capítulo anterior.

Por esse motivo, nesse capítulo são tratados apenas os atrasos relativos a condições meteorológicas adversas e a problemas operacionais das companhias aéreas.

4.1 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS ADVERSAS

4.1.1 Previsão do Tempo e Gerenciamento do Tráfego Aéreo em Condições Climáticas Incertas

Um planejamento estratégico de voo que não considere potenciais condições climáticas adversas pode aumentar significativamente os custos operacionais de uma empresa aérea, como resultado de atrasos excessivos. Se por um lado existem dificuldades na previsão de condições severas, por outro, é mais economicamente benéfico planejar as trajetórias de acordo com os resultados probabilísticos do que ignorá-los e reajustar os voos de forma não otimizada durante o percurso. (MCCREA; SHERALI; TRANI, 2008, p. 430).

Um grande esforço tem sido realizado no desenvolvimento contínuo e no aperfeiçoamento de modelos de predição numérica meteorológica que auxiliem as operações aéreas. A capacidade de maximizar a utilização do espaço aéreo disponível é fortemente dependente da precisão das

previsões meteorológicas, que podem prover detalhes sobre o movimento de massas convectivas, possibilitando a projeção de uma trajetória otimizada que contorne as áreas de risco, assegurando que o voo seja realizado com segurança.

Pela inclusão de conceitos de modelagem de condições climáticas, juntamente com as alternativas de trajetórias e os custos de atraso associados, provenientes de outros modelos computacionais, os planejadores podem efetivamente contabilizar os problemas gerados por condições meteorológicas adversas e criar um conjunto otimizado de planos de voo que contornem as potenciais áreas desfavoráveis.

Com foco em decisões de nível estratégico de acordo com as condições climáticas, Evans (2001, apud MCCREA; SHERALI; TRANI, 2008, p. 412) propôs um sistema no qual as rotas são constantemente revisadas em função de previsões climáticas geradas automaticamente. No entanto, ele apontou que estas novas rotas devem estar de acordo com as restrições de tráfego aéreo. Previsões climáticas utilizadas em conjunto com as restrições de tráfego aéreo desempenham um papel importantíssimo na otimização das trajetórias das aeronaves.

Alonso *et al.* (2000, apud MCCREA; SHERALI; TRANI, 2008, p. 413) apresentaram uma aproximação estocástica para o problema do gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo da União Européia que leva em consideração incertezas decorrentes de questões meteorológicas relativas à capacidade de operações de pousos e decolagens e sobre a utilização do espaço aéreo.

Dada a potencial interrupção de uma trajetória de voo planejada devido a condições meteorológicas adversas, a estratégia atual de gerenciamento de tráfego aéreo adotada pela FAA é baseada em evitar as áreas de risco por meio da implementação de GDPs e SWAPS, como mostrado na seção 3.3. Nilim *et al.* (2001, apud MCCREA; SHERALI; TRANI, 2008, p. 413) apontaram que essa é uma aproximação muito conservativa e, como alternativa, desenvolveram um sistema de gerenciamento de tráfego aéreo baseado nas trajetórias – no lugar de um sistema baseado no espaço aéreo –, no qual somente um controlador é responsável por cada aeronave durante todo o percurso, e resolveram o problema de descrever a trajetória utilizando cadeias de Markov e algoritmos dinâmicos. A aproximação fornece uma

estratégia de desenho de rota dinâmica para uma aeronave, minimizando o atraso quando a rota planejada é obstruída por uma região climática desfavorável.

Por meio de uma representação discreta das probabilidades climáticas, McCrea, Sherali e Trani (2008) propuseram um conceito de malha de probabilidades no qual a superposição de trajetórias nesta malha oferece a possibilidade de gerar planos de voo que contornem as áreas de clima severo. Além disso, desenvolveram uma metodologia para computar a expectativa de atrasos gerados por problemas meteorológicos. Também propuseram uma técnica para realizar análises custo-benefício com o propósito de avaliar os custos dos atrasos associados às diversas probabilidades da malha de trajetórias.

4.2 PROBLEMAS OPERACIONAIS DAS COMPANHIAS AÉREAS

4.2.1 Motivação e Monitoramento Mútuo da Equipe de Trabalho

De acordo com Holmstrom (1982, apud SIM; KOH; SHETTY 2006, p. 293), estudos têm mostrado que quando certas tarefas são altamente interdependentes, como no caso do desempenho de pontualidade de pousos e decolagens, as recompensas pelo aumento no nível de qualidade do serviço prestado são suficientes para estimular um maior esforço por cada membro da companhia aérea em atingir as metas desejadas.

Knez e Simester (2001, apud SIM; KOH; SHETTY 2006, p. 294) apontam como exemplo o caso ocorrido quando a Continental Airlines relatou perdas de 1992 a 1994, e obteve o pior desempenho, entre as dez maiores companhias aéreas domésticas, nos quesitos pontualidade na chegada, transporte de bagagem e queixas de passageiros. Em um esforço para evitar a sua falência, em janeiro de 1995 a companhia prometeu US\$65 para todos os 35.000 empregados para cada mês que a Continental ficasse classificada entre as cinco primeiras na lista das mais pontuais do setor. No ano seguinte o bônus no salário foi mantido para os meses em que ela se situasse na terceira ou segunda posição e era aumentado para US\$ 100 caso a Continental alcance a primeira classificação no mês.

Estimulados por esse plano de incentivos, os empregados passaram a avaliar seus próprios desempenhos para identificar fontes de atraso sempre que as operações de um aeroporto causassem o atraso de um voo. Eles começaram a entrar em contato com companheiros de

trabalho que se diziam doentes para perguntar se precisavam de algum auxílio. Havia situações nas quais empregados eram retirados das salas de descanso ou eram censurados por deixarem seus postos de trabalho. Em algumas ocasiões, funcionários de rampa e de portão confrontavam diretamente os pilotos que estavam causando atrasos.

Esse esforço realizado pelos empregados ajudou a Continental Airlines a alcançar um lucro líquido de US\$224 milhões em 1995 que cresceu para US\$319 milhões em 1996 e US\$ 385 milhões em 1997.

Logo, conclui-se que, quando a equipe assume esse estado de alto esforço, obtém-se um maior nível de produtividade e os voos têm tendência a decolar dentro do horário planejado, os extravios de bagagem são minimizados e o número de queixas por parte dos passageiros diminui. É esperado que esse efeito sinérgico eleve o desempenho global de uma companhia aérea.

4.2.2 Chamada Coordenada de Passageiros

Com a finalidade de reduzir os atrasos ocasionados pela ineficiência no embarque de passageiros, Van Landeghem e Beuselinck (2000, apud NYQUIST; MCFADDEN, p. 198) resolveram estudar o desempenho de modos de chamada de passageiros para embarque, por acreditarem que esse é um fator de importância crucial no controle do fluxo de passageiros dentro da aeronave. Para a análise, definiram sete modelos de embarque: aleatório, por blocos por semiblocos por filas, por semifilas, por grupo de assentos e por assento. Foi considerada uma aeronave com duas colunas de assentos.

O modelo por blocos, apresentado na Figura 4.1 consiste em chamar grupos distintos, iniciando pelos fundos da aeronave até a chamada dos passageiros das poltronas da frente. O modelo de chamada por semiblocos é similar ao por blocos, porém, cada bloco é dividido em duas colunas e apenas um semibloco por coluna é chamado por vez. É mantida a ordem de chamada do fundo para a frente da aeronave, conforme ilustrado na Figura 4.2. A chamada por filas consiste em dividir os passageiros em um número de grupos equivalente ao número de filas de assentos e o embarque é feito do fundo para a frente da aeronaves (Figura 4.3). No modelo por semifilas, são chamadas as filas coluna por coluna, mantendo-se a ordem de

preenchimento dos assentos do fundo para a frente da aeronave, de acordo com o exemplo da Figura 4.4. A configuração de chamada por grupo de assentos consiste em chamar primeiramente os passageiros dos assentos de janela, seguidos dos passageiros dos assentos do meio e, por fim, dos passageiros do corredor (Figura 4.5).

4	4	4		4	4	4
4	4	4		4	4	4
4	4	4		4	4	4
4	4	4		4	4	4
4	4	4		4	4	4
4	4	4		4	4	4
3	3	3		3	3	3
3	3	3		3	3	3
3	3	3		3	3	3
3	3	3		3	3	3
3	3	3		3	3	3
3	3	3		3	3	3
2	2	2		2	2	2
2	2	2		2	2	2
2	2	2		2	2	2
2	2	2		2	2	2
2	2	2		2	2	2
1	1	1		1	1	1
1	1	1		1	1	1
1	1	1		1	1	1
1	1	1		1	1	1
1	1	1		1	1	1
1	1	1		1	1	1

Figura 4.1 - Modelo de embarque por blocos

8	8	8		7	7	7
8	8	8		7	7	7
8	8	8		7	7	7
8	8	8		7	7	7
8	8	8		7	7	7
8	8	8		7	7	7
6	6	6		5	5	5
6	6	6		5	5	5
6	6	6		5	5	5
6	6	6		5	5	5
6	6	6		5	5	5
6	6	6		5	5	5
4	4	4		3	3	3
4	4	4		3	3	3
4	4	4		3	3	3
4	4	4		3	3	3
4	4	4		3	3	3
4	4	4		3	3	3
2	2	2		1	1	1
2	2	2		1	1	1
2	2	2		1	1	1
2	2	2		1	1	1
2	2	2		1	1	1
2	2	2		1	1	1

Figura 4.2 - Modelo de embarque por semiblocos

24	24	24		24	24	24
23	23	23		23	23	23
22	22	22		22	22	22
21	21	21		21	21	21
20	20	20		20	20	20
19	19	19		19	19	19
18	18	18		18	18	18
17	17	17		17	17	17
16	16	16		16	16	16
15	15	15		15	15	15
14	14	14		14	14	14
13	13	13		13	13	13
12	12	12		12	12	12
11	11	11		11	11	11
10	10	10		10	10	10
9	9	9		9	9	9
8	8	8		8	8	8
7	7	7		7	7	7
6	6	6		6	6	6
5	5	5		5	5	5
4	4	4		4	4	4
3	3	3		3	3	3
2	2	2		2	2	2
1	1	1		1	1	1

Figura 4.3 - Modelo de embarque por filas

48	48	48		24	24	24
47	47	47		23	23	23
46	46	46		22	22	22
45	45	45		21	21	21
44	44	44		20	20	20
43	43	43		19	19	19
42	42	42		18	18	18
41	41	41		17	17	17
40	40	40		16	16	16
39	39	39		15	15	15
38	38	38		14	14	14
37	37	37		13	13	13
36	36	36		12	12	12
35	35	35		11	11	11
34	34	34		10	10	10
33	33	33		9	9	9
32	32	32		8	8	8
31	31	31		7	7	7
30	30	30		6	6	6
29	29	29		5	5	5
28	28	28		4	4	4
27	27	27		3	3	3
26	26	26		2	2	2
25	25	25		1	1	1

Figura 4.4 - Modelo de embarque por semifilas

1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1
1	2	3		3	2	1

Figura 4.5 - Modelo de embarque por grupo de assentos

Após conduzir cinco rodadas de simulações para cada um dos sistemas de chamada, assumindo o fator de carga da aeronave em 100%, Van Landeghem e Beuselink chegaram à conclusão de que o processo de chamada por assento, ou seja, um passageiro de cada vez, é aquele que representa a melhor estratégia de embarque.

Posteriormente, porém, eles assumiram que, embora embarcar um passageiro de cada vez pudesse gerar o melhor desempenho, tal proposta representava uma situação irreal. Dessa forma, seus resultados indicaram que o modelo de chamada por grupo de assentos como a melhor prática em comparação às chamadas por blocos ou por filas. Adicionalmente, os pesquisadores concluíram que a correlação entre o tempo total de embarque e o tempo médio de embarque por indivíduo é muito forte (aproximadamente 92%). Isso implica que os métodos que resultam no menor tempo de embarque também representam o modo de embarque mais rápido por passageiro, o que implica em maior nível de satisfação do cliente.

Os resultados da pesquisa também apontaram que a quantidade de bagagem de mão carregada pelos passageiros aumenta significativamente o tempo total de embarque da aeronave.

Esse estudo ressalta a necessidade de que haja controle tanto o tamanho do grupo que embarca quanto o intervalo de tempo entre as chamadas dos grupos. Quando o tamanho do grupo é muito grande ou o processo de embarque é acelerado, o resultado é a ocorrência de interferências entre os grupos de embarque, o que prejudica a eficiência do procedimento.

Outra pesquisa, desenvolvida pela Boeing, criou um sofisticado modelo de simulação computacional chamado *Boeing Passenger Enplane/Deplane Simulation* (PEDS). Esse modelo usa simulações discretas de eventos para combinar os efeitos da teoria matemática das filas com uma análise de comportamento aleatório. Durante a simulação, o PEDS, mediante a utilização da geração de números aleatórios, possibilita o exame de várias condições de embarque. O modelo permite que sejam analisados os seguintes aspectos:

- tempo de embarque e desembarque de passageiros para uma dada condição;
- a influência de fatores individuais, tais como configuração de interior, tipos de passageiro e modos de chamada, com a possibilidade de variação desses parâmetros, a fim de que seja estimada a economia de tempo;
- o efeito do comportamento de passageiros associado a diferentes populações;

O estudo da Boeing chegou à mesma conclusão que a pesquisa de Van Landeghem e Beuslink no que diz respeito ao melhor modo de chamada de passageiros: a chamada a partir dos assentos mais externos para os mais internos proporciona o menor tempo de embarque.

4.2.3 Manutenções Não Programadas: Análise Probabilística de Risco de Acidentes

Para Sachion e Paté-Cornell (2000), um aspecto fundamental que deve ser considerado no gerenciamento de manutenções não programadas é a garantia da segurança operacional da aeronave enquanto os atrasos são mantidos em um nível aceitável. Portanto, é necessário ter conhecimento do efeito de optar ou não por uma manutenção não programada nos atrasos de voo e nos riscos de um acidente aéreo. Enquanto normalmente é assumido que uma aeronave que satisfaz requisitos regulatórios tem probabilidade zero de sofrer um acidente, o fato é que a combinação de eventos pouco prováveis, associados a erros e descumprimento das regras, ocasionalmente causam um acidente aéreo. Dados de confiabilidade são úteis para checar se os requisitos de funcionamento dos diversos equipamentos são satisfeitos e para indicar quando uma manutenção não programada é aconselhável.

Em aeronaves, assim como em outros sistemas complexos de engenharia, problemas ou erros isolados raramente implicam em uma falha crítica. Por outro lado, uma conjunção de problemas de difícil diagnóstico pode resultar em um modo de falha grave. Alguns desses

modos de falha incluem erros do operador. Na maioria dos casos, porém, erros humanos (por exemplo, nas manutenções) não participam diretamente da ocorrência desses modos de falha, mas afetam a confiabilidade dos elementos do sistema.

Normalmente é possível distinguir o sistema técnico do sistema humano e gerencial ao qual ele está sujeito, o que permite a descrição em termos quantitativos das dependências probabilísticas entre os dois. No contexto das companhias aéreas, os acidentes ocorrem devido a conjunções de eventos isoladamente pouco significativos, mas de natureza tanto técnica quanto organizacional – por exemplo, falhas nos sistemas de comando de voo, erros nos procedimentos de manutenção ou nas tomadas de decisão.

Diante desse cenário, Sachion e Paté-Cornell (2000), afirmam que uma análise mais sofisticada é necessária para identificar cenários que possam conduzir a um acidente. Com esse intuito, eles realizaram um estudo em que um método de análise probabilística de risco foi adaptado para incluir fatores gerenciais. O modelo desenvolvido pelos pesquisadores mostra como certos fatores humanos e organizacionais relativos às operações de manutenção afetam tanto a distribuição de atrasos de voo quanto as probabilidades de modos de falha de equipamentos durante o voo. Esse tipo de ferramenta permite à companhia aérea minimizar o número de manutenções não programadas requeridas, logo, aumenta o nível de utilização das aeronaves e reduz os atrasos de voo decorrentes das interrupções na operação.

De acordo com modelo de Sachion e Paté-Cornell, o gerenciamento pode afetar os procedimentos de manutenção de diversas formas, direta ou indiretamente, e, conseqüentemente, a manutenção afeta a pontualidade dos voos e a segurança das aeronaves.

Os pesquisadores focaram em apenas três tipos de decisão: qualidade do pessoal de manutenção; número de prorrogações permitidas para a manutenção de um determinado item; e horário de início das operações.

- A decisão relativa à qualificação do pessoal de manutenção influencia a qualidade do trabalho realizado. O grupo pode ser muito perfeccionista, o que implica em maior tempo de trabalho, ou pode executar as tarefas rapidamente, porém, com menos precisão. Os gerentes de manutenção, ao selecionarem uma equipe de

manutenção, devem balancear a escolha entre minimizar o tempo de manutenção e maximizar a segurança operacional.

- O horário no qual a equipe de manutenção é designada para iniciar o trabalho numa aeronave recém pousada varia. Geralmente o serviço inicia imediatamente em aeronaves com paradas curtas, enquanto aquelas com paradas mais longas podem ter que aguardar. Quanto antes se inicia a manutenção, mais tempo há disponível para a localização e correção dos problemas. Devido ao grande número de pousos e decolagens de aeronaves nos grandes aeroportos, a otimização da escala de manutenção é um grande desafio, ou acaba requerendo o aumento das equipes.
- O número de prorrogações permitidas para uma dada manutenção é especificado pela companhia aérea como uma média calculada para toda a frota. No modelo, Sachion e Paté-Cornell não representam as limitações impostas pelo FAA quanto ao tempo máximo de prorrogação para a execução de manutenção.

Uma vez que a equipe de manutenção localiza e classifica um problema como de manutenção não prorrogável, a disponibilidade de peças e a capacidade de manutenção se tornam as restrições. Diferentes aeroportos fornecem diferentes estoques de peças e diferentes níveis de qualidade de manutenção. Além disso, o tempo de parada da aeronave varia de aeroporto para aeroporto, assim como a disponibilidade de outras aeronaves, que normalmente são utilizadas para evitar os atrasos decorrentes das paradas para manutenção.

Portanto, o tempo real necessário para uma manutenção é determinado: pelo tempo padrão de manutenção necessário para resolver um problema particular; pela disponibilidade de peças e pessoal; e pelo horário de confirmação do problema (um requerimento escrito pelo piloto deve ser confirmado antes que a equipe de manutenção comece o trabalho).

Um atraso ocorre se o tempo necessário para a manutenção somado ao tempo passado até o início do trabalho é maior que a parada especificada para uma dada aeronave em um determinado aeroporto. Por outro lado, o tempo de manutenção pode zero se o reparo no item problemático puder ser prorrogado, ou se outra aeronave estiver disponível no aeroporto e puder ser utilizada no lugar daquela a ser reparada.

4.2.4 Renovação das Frotas de Aeronaves e Atualização Tecnológica

Segundo Valente *et al.* (2008, p. 212), apenas com a utilização dos modelos mais modernos de aeronaves torna-se possível que uma companhia aérea dilua custos fixos, entre eles o custo de manutenção. Isso porque as aeronaves mais antigas tendem a requerer um número de paradas para manutenção superior aos daquelas mais recentes.

Conforme ilustrado no item 33.6.1, as paradas para manutenção programada e não-programada são responsáveis por uma parcela significativa dos atrasos de voo. Dessa forma, o emprego de aeronaves mais modernas reduziria os distúrbios provocados por esse fator.

Ademais, a atualização tecnológica constante, tanto da frota de aeronaves quanto dos centros operacionais das companhias aéreas e dos aeroportos, permite que haja mais recursos para que condições meteorológicas adversas pouco severas não provoquem distúrbios significativos no planejamento diário, por exemplo, a adaptação para pousos em Categoria II e Categoria III, que permitem a operação das aeronaves em condições mais restritas de visibilidade.

4.2.5 Medidas Para Evitar ou Reduzir a Propagação de Atrasos

Abdelghany *et al.* (2004, p. 387) desenvolveram um modelo que projeta atrasos e gera mensagens de alerta para perturbações significativas nas malhas aéreas de empresas de grande porte, oriundas de qualquer irregularidade na operação. Neste modelo, a malha diária de uma companhia aérea é representada na forma de um gráfico acíclico em que nós representam diversos eventos agendados (decolagens e pousos, início e término da jornada de trabalho de uma tripulação, início e término de uma manutenção programada, etc.) e arcos representam atividades previstas entre esses eventos (táxi, voo, trocas de tripulação, etc.). Usando essa representação gráfica, o modelo aplica um algoritmo para calcular o caminho mais curto e determinar o horário mais cedo em que diferentes eventos podem ocorrer, considerando todas as restrições que governam a operação, incluindo a imposição de um GDP pela FAA e os limites legais de jornada da tripulação.

Em resposta às predições de atrasos de voos e seus motivos, que são gerados por esse modelo, controladores na central de operações podem tomar as devidas ações para reduzir/evitar esses

atrasos. As principais ações de recuperação incluem: a substituição dos recursos atrasados – aeronave ou tripulação – por outros equivalentes, de forma que o atraso previsto possa ser totalmente evitado ou reduzido (um novo horário de partida é atribuído ao voo seguinte).

Ahmadbeygi *et al.* (2008) avaliaram que atrasos que ocorrem cedo no dia podem causar maior propagação do que atrasos no final do dia. Por isso, afirmam que é mais importante prevenir a propagação de atraso no início do dia, ou seja, os planejadores de malha devem reservar tempo de acomodação de atraso maior nos primeiros voos da malha. Além disso, os pesquisadores identificaram que programar aeronaves e tripulações para permanecerem juntas pode reduzir o impacto dos distúrbios na malha. Isso porque o atraso de um determinado voo pode provocar no máximo um novo atraso subsequente, desde que a tripulação e a aeronave permaneçam juntas, enquanto que separá-las tem o potencial de gerar dois atrasos posteriores. Entretanto, manter a tripulação e a aeronave juntas não é suficiente para evitar a propagação de atrasos, visto que aqueles de maior severidade, de fato, correspondem a uma árvore de propagação, na qual a maioria dos voos de conexão mantém aeronave e tripulação juntas.

5 CONCLUSÃO

Nesta pesquisa foram explorados diversos artigos acadêmicos de estudos que buscaram identificar diferentes fontes de geração e de propagação de atraso no transporte aéreo de passageiros. As causas mais relevantes apontadas por esses estudos foram: condições climáticas adversas, limitações do tráfego aéreo, capacidade aeroportuária e problemas operacionais das companhias aéreas.

Ademais, cada um dos trabalhos analisados propunha alguma ferramenta no intuito de evitar ou reduzir os efeitos dessas fontes no desempenho de pontualidade das companhias aéreas, entre elas: desenvolvimento de modelos apurados de previsão meteorológica; criação de rotinas de análise de risco de acidentes no intuito de reduzir as paradas de aeronaves para manutenções não programadas; e métodos de chamada de passageiros para embarque que diminuam o tempo dessa operação.

Um fato interessante observado nesta pesquisa bibliográfica é que as soluções para os problemas de pontualidade sempre levaram em consideração a redução de custos operacionais e o aumento da qualidade de prestação do serviço, a fim de garantir a fidelidade dos clientes. Em nenhum dos textos pesquisados foi mencionado qualquer receio de punições administrativas impostas pelas autoridades locais de aviação. Tudo leva a crer que nos mercados envolvidos nos estudos (Estados Unidos e União Européia) a competição e a busca de maior lucratividade são os principais motivadores para a busca das companhias aéreas da melhora de seu desempenho de pontualidade, e não a intervenção de alguma entidade governamental com punições administrativas ou imposições de compensação ao passageiro, como é feito no Brasil. Um tema que pode ser estudado em uma próxima pesquisa é a efetividade da fiscalização empregada pela autoridade de aviação civil brasileira como solução para a melhoria no desempenho de pontualidade por parte das companhias aéreas.

Outra sugestão para próximos trabalhos é a análise individual de cada um dos fatores geradores de atraso apresentados nesta monografia, além da busca de outros não abordados na presente pesquisa. Pode ser avaliada a possibilidade de questionar os gerenciadores de malha das companhias aéreas quanto ao impacto que cada um desses fatores tem sobre a programação diária dos voos e que soluções atualmente são adotadas a fim de evitar ou

reduzir os efeitos de um distúrbio no planejamento. Dessa forma, é possível avaliar se os aspectos associados ao atraso mencionados neste trabalho são considerados pelas companhias aéreas brasileiras. Em caso negativo, algumas das soluções aqui apresentadas podem ser testadas e avaliadas quanto à efetividade para a melhoria das operações, para a redução dos atrasos e para o conseqüente aumento da qualidade de prestação do serviço de transporte aéreo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-ATY, M., et al. Detecting periodic patterns of arrival delay. **Journal of Air Transport Management**, v. 13, n. 6, p. 355-361, 2007.

ABDELGHANY, K. F., et al. A model for projecting flight delays during irregular operation conditions. **Journal of Air Transport Management**, v. 10, n. 6, p. 385-394, 2004.

AHMADBEGYI, S., et al. Analysis of the potential for delay propagation in passenger airline networks. **Journal of Air Transport Management**, v. 14, n. 5, p. 221-236, Sep. 2008.

COY, S. A global model for estimating the block time of commercial passenger aircraft. **Journal of Air Transport Management**, v. 12, n. 6, p. 300-305, Nov. 2006.

COY, S. Management of airline arrival performance before and after September 11, 2001 in US domestic markets. **Journal of Air Transport Management**, v. 11, n. 4, p. 219-230, Jul. 2005.

FERRARI, P.; NAGEL, K. Robustness of Efficient Passenger Boarding in Airplanes. **Transportation Research Record**, n. 1915, p. 44-54, 2005.

GOLASZEWSKI, R. Reforming air traffic control: an assessment from the American perspective. **Journal of Air Transport Management**, v. 8, n. 1, p. 3-11, Jul. 2002.

HANSEN, M. Micro-level analysis of airport delay externalities using deterministic queuing models: a case study. **Journal of Air Transport Management**, v. 8, n. 2, p. 73-87, Mar. 2002.

MCCREA, M. V.; SHERALI, H. D.; TRANI, A. A. A probabilistic framework for weather-based rerouting and delay estimations within an Airspace Planning model. **Transportation Research Part C**, v. 16, n. 4, p. 410-431, Aug. 2008.

MUELLER, E.R.; CHATTERJI, G.B. Analysis of Aircraft Arrival and Departure Delay Characteristics. **Proceedings of Aircraft Technology Integration and Operations Technical Forum**, Los Angeles, 2002.

NYQUIST, D. C.; MCFADDEN, K. L. A study of the airline boarding problem. **Journal of Air Transport Management**, v. 14, n. 4, p. 197-204, Jul. 2008.

ORTAN, A.; PROSK, E.; QUENNEVILLE-B'ELAIR, V. The Airplane Boarding Problem. **McGill Undergraduate Mathematics Magazine**, v. 1, n. 2, p. 23-25, 2007.

REYNOLDS-FEIGHAN, A.J.; BUTTON, K.J. An Assessment of the Capacity and Congestion Levels at European Airports. **Journal of Air Transport Management**, v.5, n.3, p. 113-134, 1999.

SACHON, M.; PATÉ-CORNELL, E. Delays and safety in airline maintenance. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 67, n. 3, p. 301-309, Mar. 2000.

SIM, K. L.; KOH, H. C.; SHETTY, S. Some potential issues of service quality reporting for airlines. **Journal of Air Transport Management**, v. 12, n. 6, p. 293-299, Nov. 2006.

VALENTE, A. M.; PASSAGLIA, E.; CRUZ, J. A.; MELLO, J. C.; CARVALHO, N. A.; MAYERLE, S.; SANTOS, S. Qualidade e Produtividade nos Transportes. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

VAN LANDEGHEM, H.; BEUSELINCK, A. Reducing passenger boarding time in airplanes: A simulation based approach. **European Journal of Operational Research**, v. 142, n. 2, p. 294-308, Oct. 2002.

VERGARA, S. C. Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração. São Paulo: Atlas, 1998.

VRANAS, P. B.; BERTSIMAS, D. J.; ODONI, A. R. The multi-airport groundholding problem in air traffic control. **Operations Research**, v. 42, n. 2, p. 249-261, 1994.

WEBER, M.E.; EVANS, J.E.; WOLFSON, M.M.; DELAURA, R.A.; MOSER II, W.R.; MARTIN, B.D.; WELCH, J.D.; ANDREWS, J.W.; BERTSIMAS, D. Improving Air Traffic Management During Thunderstorms. **24th AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference (DASC)**, Washington, 2005.

WU, C. L. Inherent delays and operational reliability of airline schedules. **Journal of Air Transport Management**, v. 11, n. 4, p. 273-282, Jul. 2005.

Boeing 737 Management Reference Guide - <http://www.b737mrg.net>

Bureau of Transport Statistics – <http://www.bts.gov/>

Central Office for Delay Analysis – <https://extranet.eurocontrol.int/http://prisme-web.hq.corp.eurocontrol.int/ecoda/portal/>

Aviation Consumer Protection Division (Department of Transport): <http://airconsumer.ost.dot.gov/>

Informações aos usuários de transporte aéreo dos Estados Unidos.
<http://www.airsafe.com/>

Agência Nacional de Aviação Civil
<http://www.anac.gov.br/>

APÊNDICE A – Tabela de Atrasos IATA (Em Língua Inglesa)

IATA DELAY CODES			
Others			
6	OA	NO GATE/STAND AVAILABLE	Due to own airline activity
9	SG	SCHEDULED GROUND TIME	Planned turnaround time less than declared minimum
Passenger and baggage			
11	PD	LATE CHECK-IN	Check-in reopened for late passengers
12	PL	LATE CHECK-IN	Check-in not completed by flight closure time
13	PE	CHECK-IN ERROR	Error with passenger or baggage details
14	PO	OVERSALES	Booking errors – not resolved at check-in
15	PH	BOARDING	Discrepancies and paging, missing checked in passengers
16	PS	COMMERCIAL PUBLICITY /PASSENGER CONVENIENCE	Local decision to delay for VIP or press; delay due to offload of passengers following family bereavement
17	PC	CATERING ORDER	Late or incorrect order given to supplier
18	PD	BAGGAGE PROCESSING	Late or incorrectly sorted baggage
Cargo and Mail			
21	CD	DOCUMENTATION	Late or incorrect documentation for booked cargo
22	CP	LATE POSITIONING	Late delivery of booked cargo to airport/aircraft
23	CC	LATE ACCEPTANCE	Acceptance of cargo after deadline
24	CI	INADEQUATE PACKING	Repackaging and / or re-labelling of booked cargo
25	CO	OVERSALES	Booked load in excess of saleable load capacity (weight or volume), resulting in reloading or off-load
Mail only			
27	CE	DOCUMENTATION, PACKING	Incomplete and / or inaccurate documentation
28	CL	LATE POSITIONING	Late delivery of mail to airport / aircraft
29	CA	LATE ACCEPTANCE	Acceptance of mail after deadline
Aircraft and Ramp Handling			
31	GD	LATE / INACCURATE AIRCRAFT DOCUMENTATION	Late or inaccurate mass and balance documentation, general declaration, passenger manifest
32	GL	LOADING / UNLOADING	Bulky items, special load, lack loading staff
33	GE	LOADING EQUIPMENT	Lack of and / or breakdown; lack of operating staff
34	GS	SERVICING EQUIPMENT	Lack of and / or breakdown; lack of operating staff
35	GC	AIRCRAFT CLEANING	Late completion of aircraft cleaning
36	GF	FUELLING / DEFUELLING	Late delivery of fuel; excludes late request
37	GB	CATERING	Late and / or incomplete delivery; late loading
38	GU	ULD	Lack of and / or unserviceable ULD's or pallets
39	GT	TECHNICAL EQUIPMENT	Lack and / or breakdown; lack of operating staff; includes GPU, air start, pushback tug, de-icing

Technical and Aircraft Equipment			
41	TD	TECHNICAL DEFECTS	Aircraft defects including items covered by MEL
42	TM	SCHEDULED MAINTENANCE	Late release from maintenance
43	TN	NON-SCHEDULED MAINTENANCE	Special checks and / or additional works beyond normal maintenance schedule
44	TS	SPARES AND MAINTENANCE	Lack of spares, lack of and / or breakdown of specialist equipment required for defect rectification
45	TA	AOG SPARES	Awaiting AOG spare(s) to be carried to another station
46	TC	AIRCRAFT CHANGE	For technical reasons, e.g. a prolonged technical delay
47	TL	STANDBY AIRCRAFT	Standby aircraft unavailable for technical reasons

Damage to Aircraft			
51	DF	DAMAGE DURING FLIGHT OPERATIONS	Bird or lightning strike, turbulence, heavy or overweight landing, collisions during taxiing
52	DG	DAMAGE DURING GROUND OPERATIONS	Collisions (other than taxiing), loading / offloading damage, towing, contamination, extreme weather conditions

EDP / Automated Equipment Failure			
55	ED	DEPARTURE CONTROL	Failure of automated systems, including check-in; load control systems producing mass and balance
56	EC	CARGO PREPARATION DOCUMENTATION	Failure of documentation and / or load control systems covering cargo
57	EF	FLIGHT PLANS	Failure of automated flight plan systems

Flight Operations and Crewing			
61	FP	FLIGHT PLAN	Late completion of or change to flight plan
62	FF	OPERATIONAL REQUIREMENT	Late alteration to fuel or payload
63	FT	LATE CREW BOARDING OR DEPARTURE PROCEDURES	Late flight deck, or entire crew, other than standby; late completion of flight deck crew checks
64	FS	FLIGHT DECK CREW SHORTAGE	Sickness, awaiting standby, flight time limitations, valid visa, health documents, etc.
65	FR	FLIGHT DECK CREW SPECIAL REQUEST	Requests not within operational requirements
66	FL	LATE CABIN CREW BOARDING OR DEPARTURE PROCEDURES	Late cabin crew other than standby; late completion of cabin crew checks
67	FC	CABIN CREW SHORTAGE	Sickness, awaiting standby, flight time limitations, valid visa, health documents
68	FA	CABIN CREW ERROR OR SPECIAL REQUEST	Requests not within operational requirements
69	FB	CAPTAIN REQUEST FOR SECURITY CHECK	Extraordinary requests outside mandatory requirements

Weather			
71	WO	DEPARTURE STATION	Below operating limits
72	WT	DESTINATION STATION	Below operating limits
73	WR	EN-ROUTE OR ALTERNATE	Below operating limits
75	WI	DE-ICING OF AIRCRAFT	Removal of ice and / or snow; excludes equipment – lack of or breakdown

Weather

76	WS	REMOVAL OF SNOW, ICE, WATER, AND SAND FROM AIRPORT	Runway, taxiway conditions
77	WG	GROUND HANDLING IMPAIRED BY ADVERSE WEATHER CONDITIONS	High winds, heavy rain, blizzards, monsoons etc.

Air Traffic Flow Management Restrictions			
81	AT	ATFM DUE TO ATC EN-ROUTE DEMAND / CAPACITY	Standard demand / capacity problems
82	AX	ATFM DUE TO ATC STAFF / EQUIPMENT ENROUTE	Reduced capacity caused by industrial action or staff shortage, equipment failure, military exercise or extraordinary demand due to capacity reduction in neighbouring area
83	AE	ATFM DUE TO RESTRICTION AT DESTINATION AIRPORT	Airport and / or runway closed due to obstruction, industrial action, staff shortage, political unrest, noise abatement, night curfew, special flights
84	AW	ATFM DUE TO WEATHER AT DESTINATION	

Airport and Government Authorities			
85	AS	MANDATORY SECURITY	Passengers, baggage, crew, etc.
86	AG	IMMIGRATION, CUSTOMS, HEALTH	Passengers, crew
87	AF	AIRPORT FACILITIES	Parking stands, ramp congestion, lighting, buildings, gate limitations etc.
88	AD	RESTRICTIONS AT DESTINATION AIRPORT	Airport and / or runway closed due to obstruction industrial action, staff shortage, political unrest, noise abatement, night curfew, special flights
89	AM	RESTRICTIONS AT AIRPORT OF DEPARTURE	Including air traffic services, start-up and pushback, airport and / or runway closed due to obstruction or weather (restriction due to weather in case of ATFM only) industrial action, staff shortage, political unrest, noise abatement, night curfew, special flights

Reactionary			
91	RL	LOAD CONNECTION	Awaiting load from another flight
92	RT	THROUGH CHECK-IN ERROR	Passenger or baggage check-in error at originating station
93	RA	AIRCRAFT ROTATION	Late arrival of aircraft from another flight or previous sector
94	RS	CABIN CREW ROTATION	Awaiting cabin crew from another flight
95	RC	CREW ROTATION	Awaiting flight deck, or entire crew, from another flight
96	RO	OPERATIONS CONTROL	Re-routing, diversion, consolidation, aircraft change for reasons other than technical

Miscellaneous			
97	MI	INDUSTRIAL ACTION WITHIN OWN AIRLINE	
98	MO	INDUSTRIAL ACTION OUTSIDE OWN AIRLINE	Industrial action (except Air Traffic Control Services)
99	MX	MISCELLANEOUS	No suitable code; explain reason(s) in plain text