

O congestionamento aéreo: uma visão geral

Air congestion delay: a review

Daniel Alberto Pamplona*
Alessandro Vinícius Marques de Oliveira**

O presente artigo consiste de uma revisão bibliográfica do congestionamento aéreo e seus custos. O congestionamento é um problema que existe na maioria dos aeroportos do mundo. Sua existência traz custos para as empresas aéreas e desconforto para os passageiros. Com o crescente aumento da demanda pelo modal aéreo, o estudo do congestionamento tem merecido a atenção de vários pesquisadores em todo o mundo. Erroneamente atribui-se a causa dos atrasos unicamente à falta de investimentos em infraestrutura. A revisão de literatura mostra que outros fatores como aumento da população, melhoria do nível de vida, falta de planejamento operacional e questões ambientais também exercem poder de influência. Vários estudos têm sido realizados com o objetivo de analisar e propor soluções para um problema que afeta a sociedade como um todo.

This article is a literature review of the air congestion delay and its costs. Air congestion is a worldwide problem. Its existence brings costs for airlines and discomfort for passengers. With the increasing demand for air transport, the study of air congestion has attracted the attention of many researchers around the world. The cause for the delays is erroneously attributed only to the lack of infrastructure investments. The literature review shows that other factors such as population growth, increasing standards of living, lack of operational planning and environmental issues exercise decisive influence. Several studies have been conducted in order to analyze and propose solutions to this problem that affects society as a whole.

Palavras-chave: Atraso. Demanda. Congestionamento Aéreo. Custos. *Keywords: Delay. Demand. Air Congestion. Costs.*

Introdução

O congestionamento é um problema existente na maioria dos aeroportos de grande movimento no mundo, trazendo custos para as empresas aéreas e desconforto para os passageiros. Aproximadamente um quarto dos voos na Europa e um terço dos voos nos Estados Unidos sofrem qualquer tipo de atraso, acarretando vários bilhões de dólares de prejuízo às empresas aéreas e uma não otimização dos meios existentes (MORISSET; ODONI, 2011).

* Mestre em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Chefe de Análise Operacional do Comando-Geral de Operações Aéreas da Força Aérea Brasileira, São José dos Campos/SP – Brasil. E-mail: pamplonadefesa@gmail.com.

** PhD em Economia pela University of Warwick na Inglaterra. Professor Adjunto do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos/ SP – Brasil. E-mail: a.v.m.oliveira@gmail.com.

Estima-se que só no ano de 2007, ano de maior atraso na história americana, ele causou um prejuízo de US\$ 41 bilhões. Desse montante, US\$ 19 bilhões foram prejuízos operacionais para as empresas aéreas, US\$ 12 bilhões foram custos para os passageiros, além de um consumo extra de 2,8 bilhões de litros de combustível. No mesmo ano, os passageiros foram afetados por um acréscimo total de 247 milhões de horas de voo. O atraso médio registrado foi de 24,3 minutos e voos com atraso maior de 15 minutos representaram mais de 48% dos atrasos totais. Os atrasos foram encontrados em rotas de diferentes tamanhos, não ficando restritos a voos de longa duração (DESHPANDE; ANKAN, 2012).

No Brasil, segundo a Agência Nacional de Aviação Civil (2012), o índice de atrasos superiores a 30 minutos nos voos programados foi de 11% e o de atrasos superiores a 60 minutos foi de 3,7%. Com exceção do ano de 2009, na aviação regular brasileira o nível do atraso maior que 30 minutos sempre esteve acima de 10%, conforme mostra a Figura 1.

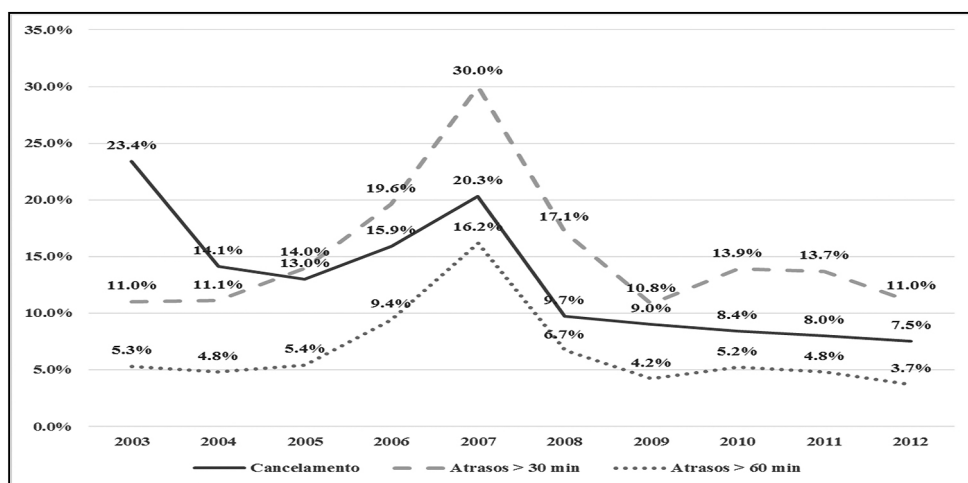


Figura 1 – Evolução dos percentuais de atraso e cancelamento na aviação regular brasileira

Fonte: ANAC (2013)

No Brasil, é considerado pontual o voo que tiver a partida dos motores dada até 10 minutos antes ou 30 minutos após a hora prevista e a sua chegada até 30 minutos após a hora prevista. O voo é considerado com atraso quando não consegue cumprir esse intervalo de tempo (BARROS et al., 2010).

Segundo ANAC (2013), tendo em vista as 20 principais rotas domésticas no ano de 2012 e utilizando como parâmetro os percentuais de atrasos superiores a 30 minutos, a rota com o menor atraso foi Congonhas (SP)-Santos Dumont (RJ) com 7,1% do total de voos com atraso, e a que apresentou o maior atraso foi a rota Galeão-Salvador com

15% do total de voos com atraso. Quando o parâmetro são os atrasos superiores a 60 minutos, a rota com o menor atraso foi Fortaleza-Guarulhos com 2,0% do total de voos com atraso e a rota que apresentou o maior índice de atrasos foi Galeão (RJ)–Salvador com 4,1% do total de voos com atraso. A Figura 2 mostra o índice de atrasos das 20 principais rotas domésticas em 2012.

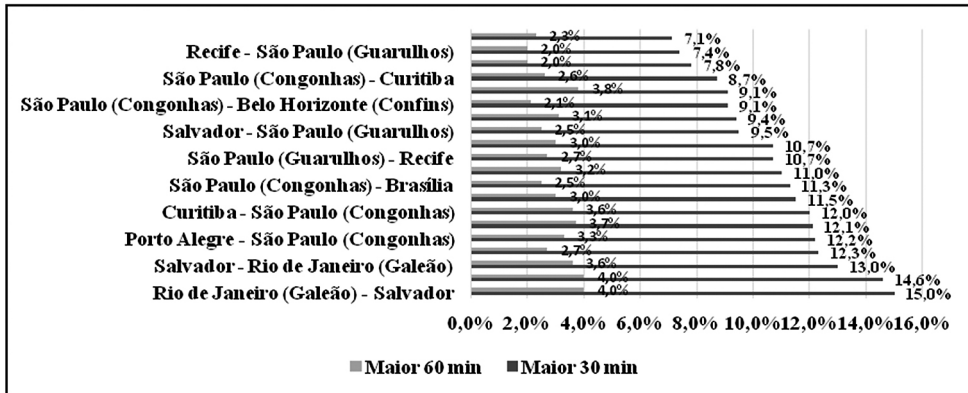


Figura 2 – Percentuais de atrasos nas 20 principais rotas domésticas no Brasil em 2012

Fonte: ANAC (2013)

O atraso influencia diretamente nos custos e na lucratividade das empresas aéreas. Os custos aumentam devido ao aumento no consumo de combustível, aumento no custo dos funcionários com pagamento de horas extras ou novas contratações, aumento dos custos de manutenção baseado em horas voadas e custos com a acomodação e alocação dos passageiros. Segundo dados da companhia alemã Lufthansa, no ano de 2005, as suas aeronaves de passageiros gastaram o equivalente a 420 dias de voo (10.080h) em procedimentos de espera, consumindo um total de combustível capaz de levar 300.000 passageiros no trecho de ida e volta entre as cidades de Frankfurt e Mallorca (HOLLOWAY, 2008).

Mas são os passageiros, como principais usuários do sistema, os mais afetados, sentindo os inconvenientes de quando os seus voos atrasam e diminuindo, dessa forma, a sua vontade de realizar uma viagem aérea. Os custos do atraso para os passageiros variam de acordo com o propósito da viagem. Passageiros a negócio possuem um custo mais elevado, pois os prejuízos serão calculados com base nos rendimentos médios, ao contrário do passageiro a lazer que terá seus prejuízos calculados em razão do custo da oportunidade perdida. Uma das maneiras encontradas para se evitarem os reflexos do atraso é a da antecipação de voos em algumas horas ou até mesmo em um dia para não perder importantes compromissos de negócio, o que acarreta aumento de custos para o passageiro (ZOU; HANSEN, 2012).

Com o aumento da demanda pelo transporte aéreo, o estudo do atraso tem merecido a atenção dos pesquisadores da área de transporte, buscando entender as suas causas e quantificar os seus efeitos tanto para as companhias aéreas como para os passageiros.

Os custos no transporte aéreo

Os custos exercem grande influência na tomada de decisão do meio empresarial, sendo um dos fatores primordiais para a sobrevivência em um ambiente marcado pela competição e melhoria dos processos. As empresas aéreas tendem a classificar os custos em dois tipos: custos operacionais e custos não operacionais. O primeiro é aquele ligado diretamente à condução das operações aéreas, e o segundo é definido como os gastos que estão ligados a todas as atividades diferentes da atividade aérea, como por exemplo, decisões de tipo de financiamento (HOLLOWAY, 2008).

Os custos totais das empresas aéreas são formados pelos custos fixos e pelos custos variáveis. Os custos fixos são aqueles que não variam mesmo que ocorra variação na produção, como por exemplo, o pagamento com a frota de aeronaves. Os custos variáveis são aqueles que variam à medida que variam os resultados, como por exemplo, os gastos com combustível, taxas aeroportuárias, custos de manutenção entre outros (HOLLOWAY, 2008).

Os custos operacionais são aqueles custos que estão diretamente ligados à operação da empresa aérea e das vendas de passagem aérea e transporte de carga (BARROS JR, 2007). São decompostos em custos operacionais diretos e custos operacionais indiretos (BARROS JR, 2007; HOLLOWAY, 2008).

Os custos operacionais diretos estão ligados ao tipo de aeronave utilizada pelas companhias aéreas e o seu modo de operação (baixo custo, empresa cargueira e tradicional). São exemplos de custos diretos: tripulantes técnicos, comissários de bordo, combustível, manutenção, entre outros. Os custos indiretos são aqueles relacionados à venda e entrega de serviços aéreos (carga ou passageiros) que são independentes da frota ou utilização de aeronaves, como por exemplo, os custos de locação das instalações (BARROS JR, 2007; HOLLOWAY, 2008).

Silveira (2003), citado por Barros Jr. (2007), afirma que, no Brasil, os custos variáveis, mais especificamente os gastos com pessoal, combustível, tarifas aeroportuárias, manutenção e revisão de aeronaves, representam entre 60 e 70% dos custos totais das empresas. Em um ambiente marcado pela competitividade, as empresas aéreas têm buscado diminuir o máximo possível dos custos operacionais. Um fator que exerce grande influência é o atraso.

O atraso influencia no aumento do consumo de combustível, dos custos com empregados (tripulação e trabalhadores em terra), custos de manutenção, custos para

acomodar os passageiros que perderam os seus voos. No pior dos cenários, pode obrigar uma empresa aérea a aumentar a sua frota para poder cumprir os horários previstos (HOLLOWAY, 2008).

Além dos custos econômicos do congestionamento, existem ainda os custos sociais e ambientais. Os custos sociais se manifestam aos viajantes que perdem a oportunidade de aproveitarem as suas férias, presos em aeroportos aguardando os seus voos. Em termos ambientais, o impacto se dá pela maior quantidade de consumo de combustível, à medida que se despende mais tempo para a autorização da decolagem, realiza-se procedimentos de espera ou se voa rotas não otimizadas, aumentando a emissão de carbono e ruído aeronáutico.

Os estudos na área têm buscado compreender quais os fatores que influenciam no atraso e no congestionamento aéreo e como eles podem ser diminuídos, buscando uma otimização das operações aéreas, diminuição dos custos para as empresas e aumento do bem-estar aos passageiros. Por ter se tornado um problema presente no cotidiano dos aeroportos em todo o mundo, o assunto tem recebido destaque na literatura acadêmica.

Estudos recentes da literatura

Nos últimos anos, com o aumento do congestionamento aeroportuário e necessidade de ampliação da infraestrutura, cresceu o interesse acadêmico por esse tópico. A literatura acadêmica em congestionamento e custos do atraso pode ser classificada em três segmentos: **estudos de infraestrutura e capacidade; precificação do congestionamento e modelos econométricos para análise dos fatores econômicos do atraso** (DESHPANDE; ANKAN, 2012).

Com o foque nos problemas de infraestrutura e capacidade, Hansen e Wei (2006) analisam os impactos da expansão da capacidade e os relaciona aos índices de atraso no aeroporto de Dalas. Gelhausen (2011) analisa os efeitos dos aeroportos que apresentam limitações em sua capacidade na escolha do passageiro. Evans e Schafer (2011), Morriset e Odoni (2011), Barnhart et al. (2012) analisam os impactos das restrições de capacidade na demanda dos passageiros, nos atrasos dos voos e nas emissões das aeronaves. Zou e Hansen (2012) analisam os benefícios dos investimentos em infraestrutura em um regime competitivo de oferta e demanda.

Os estudos de precificação do congestionamento buscam suprir a carência de investimentos para aumento da infraestrutura em aeroportos com elevados índices de atraso. Brueckner (2009) analisa os efeitos da precificação do congestionamento na demanda. Czerny e Zhang (2011) e Yuen e Zhang (2011) analisam um aeroporto congestionado com companhias aéreas com poder de mercado e dois tipos de passageiros com valores diferentes de tempo. Vaze e Barnhart (2012) utilizam um modelo

de equilíbrio entre empresas aéreas competidoras na presença de custos de atraso e precificação do congestionamento.

Os modelos econométricos para análise dos fatores econômicos do atraso buscam mostrar como mudanças no preço do combustível, tripulação, manutenção, taxas aeroportuárias e outros fatores podem impactar nos custos do atraso.

Cook et al. (2004) e Ferguson et al. (2013) descreveram uma metodologia para avaliar o verdadeiro custo do atraso. O avanço foi o de permitir um método real de custo do atraso ao dividir os valores nos vários segmentos do voo. Pai (2010) estudou as determinantes para os tamanhos das aeronaves e frequências dos voos em rotas americanas levando em conta as características dos mercados, aeroportos, empresas aéreas e rotas. Zou e Hansen (2010) e Ball et al. (2010) computam os custos do atraso agregado baseados em reportes do custo total operacional. Deshpande e Arikan (2012) analisam o impacto do planejamento das rotas pelas empresas aéreas no nível de atraso. Zou e Hansen (2012) estudam o impacto do desempenho operacional na estrutura de custos de uma empresa aérea.

O entendimento aprofundado de cada segmento permite o melhor entendimento do congestionamento como um todo.

Balanco crítico e tendências da área

Infraestrutura e capacidade

O fator apontado como principal causador dos atrasos é a falta de infraestrutura no sistema de transporte aéreo (BALL et al., 2010; ZOU; HANSEN, 2012; BARNHART et al., 2012). A capacidade de um aeroporto pode ser definida como o número máximo de operações aéreas que podem ser realizadas em uma hora, em uma condição operacional específica, e depende de um número de condições, como teto e visibilidade, controle de tráfego aéreo, tipos de aeronaves que operam e tipo de operações de voo (visual ou instrumento) (BARNHART et al., 2012).

Segundo estudos de Evans e Schafer (2011), no sistema de transporte norte-americano e europeu no ano de 2006, a capacidade dos aeroportos e do espaço aéreo apresentavam limitadores para as operações aéreas. Os 10 principais aeroportos europeus e os 23 principais aeroportos americanos exibiam elevados índices de atrasos médios superiores a 15 minutos.

Apesar dos novos programas de modernização do espaço aéreo (NextGen nos EUA e SESAR na Europa) buscarem aumentar em até três vezes a capacidade do sistema de tráfego aéreo até o ano 2024, os planos de expansão da capacidade aeroportuária americana apenas aumentarão a uma taxa de 25%. Esse *deficit* dá-se pelo elevado custo

associado à expansão da infraestrutura. Para se adequar ao aumento da capacidade, os aeroportos americanos precisarão de investimentos na ordem de US\$ 19 bilhões (ZOU; HANSEN, 2012).

Os problemas de capacidade estão diretamente ligados à demanda de passageiros. À medida que a demanda se aproxima da capacidade do sistema, ocorre um aumento não linear dos atrasos, conforme Figura 3.

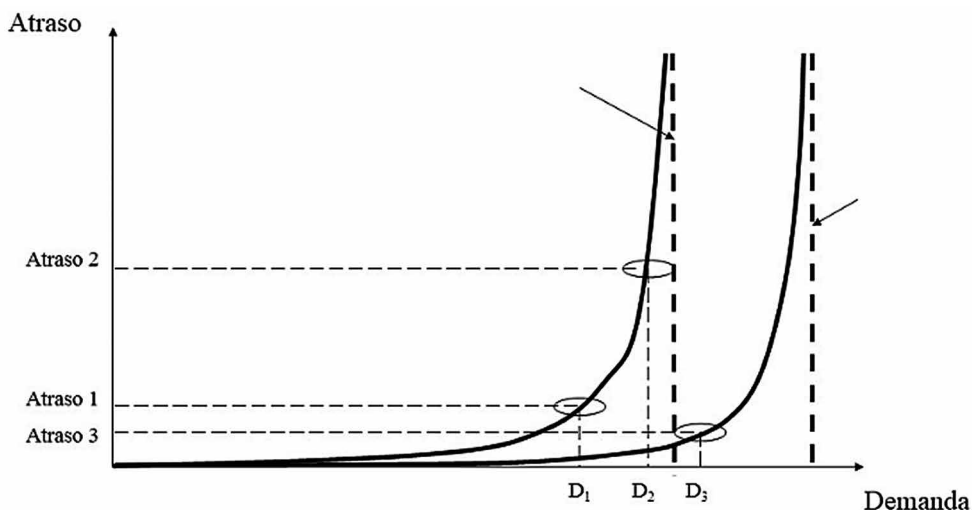


Figura 3 – Relação entre atraso, demanda e capacidade do sistema

Fonte: Ball et al. (2010)

Quando a demanda de um sistema é D_1 o nível de atraso é A_1 . Caso ocorra o aumento da demanda para D_2 , ocorrerá o aumento do atraso para A_2 . D_3 representa a nova demanda quando ocorrem expansões na infraestrutura (BALL et al., 2010). A expansão aeroportuária em um curto espaço de tempo, para diminuir o número de atrasos, é diretamente dependente dos seguintes fatores: localização, política (governo, autoridades e comitês locais), meio ambiente e variáveis econômicas (GELHAUSEN, 2011).

Com o aumento dos movimentos diários, os atrasos são consequência direta da limitação da capacidade e os efeitos que ela provoca na curva de demanda, afetando o equilíbrio com a oferta, como mostra a Figura 4.

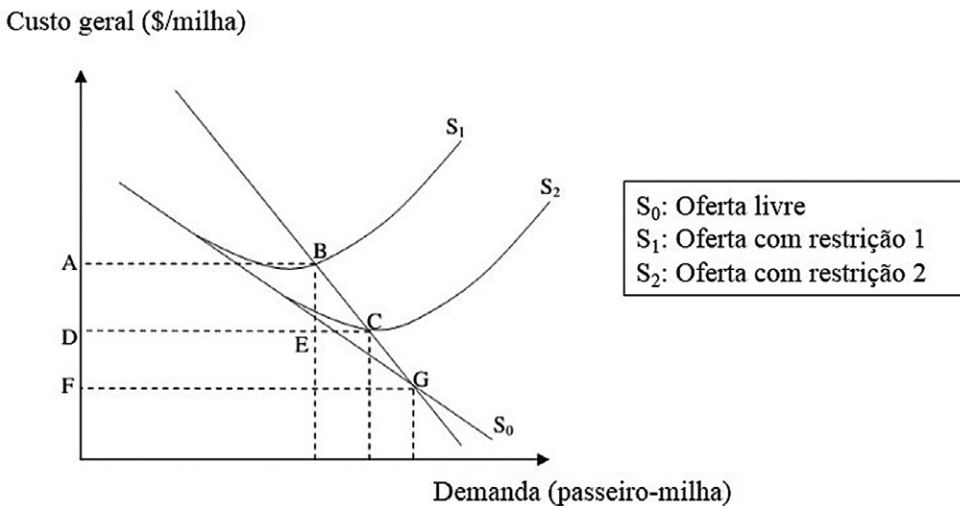


Figura 4 – Equilíbrio entre a oferta e a demanda no transporte aéreo

Fonte: Zou e Hansen (2012)

A curva de oferta (S_0) representa os preços que uma empresa aérea pode impor como função dos custos. Quando não ocorrem congestionamentos e atrasos, (S_0) atinge o equilíbrio no ponto G. Com o aumento do tráfego, o atraso aparece como um limitador da capacidade. O aumento do tempo de voo acarreta em aumento de custos. A nova curva de oferta terá o formato das curvas S_1 e S_2 , com S_1 representando um ambiente com maior restrição.

Como medida, as empresas aéreas podem repassar parte de seu aumento de custos aos passageiros por meio do aumento dos preços, podem diminuir a frequência cancelando os horários e rotas que não apresentam lucratividade ou a utilização de aeronaves maiores com um ganho de economia de escala. Quando o nível de capacidade é mudado, os novos valores de demanda, preço, serviço de voo, custo das empresa e atraso serão endogenamente ajustados, levando a um novo equilíbrio (ZOU; HANSEN, 2012).

Gelhausen (2011) demonstra que, em aeroportos congestionados, o passageiro busca minimizar a perda do bem-estar causada por limitações na capacidade do aeroporto, adaptando-se à realidade encontrada de uma forma econômica e racional. Essa perda está relacionada às alternativas encontradas, como por exemplo, a quantidade de aeroportos na região. Quando as alternativas existentes são menos atrativas e ocorre a necessidade de se escolher a pior alternativa, o bem-estar é diminuído.

A disposição para se pagar o diferencial em busca de um maior bem-estar estará ligado ao tipo de passageiro. O passageiro a negócios geralmente possui uma maior disposição a pagar mais pelo seu bem-estar, e a escolha de qual aeroporto utilizar estará condicionada a um tempo menor de acesso ao aeroporto, disponibilidade de um voo que se adeque ao seu horário e pontualidade, deixando em último plano o preço da passagem.

Em vários países europeus, o aumento de pistas com o objetivo de ampliar a capacidade tornou-se uma tarefa muito difícil devido às limitações do nível de ruído aeronáutico. Alternativas, como a proibição de voos a partir de certos horários e a precificação do congestionamento têm sido propostas trazendo como consequência a diminuição da eficiência econômica e da capacidade de um aeroporto.

Precificação do congestionamento

Uma das soluções para a diminuição do atraso é o investimento em infraestrutura, com a construção de novas pistas e ampliação de pátios de estacionamento. Porém, esse tipo de melhoria é algo complexo, demanda um elevado investimento e certo tempo para ficar pronto. Uma solução encontrada é o gerenciamento da demanda realizado por meio da precificação do congestionamento (*congestion pricing*) (BRUECKNER, 2009).

A precificação do congestionamento busca a melhor maneira de taxar as empresas aéreas usuárias de um aeroporto. Atualmente, as taxas são pagas em razão do peso da aeronave, não existindo diferencial para o horário de operação. Buscando diminuir a demanda durante os horários de pico, mediante a precificação do congestionamento, as taxas pagas por uma empresa aérea aumentariam em horários de pico, o que obrigaria algumas empresas, em razão do aumento dos custos, a mudarem o horário de seus voos (BRUECKNER, 2009). Essa diferenciação é possível devido à utilização de um aeroporto durante o dia não seguir uma taxa constante, variando e atingindo diferentes níveis de utilização e congestionamento (YUEN; ZHANG, 2011).

Morisset e Odoni (2011) mostram a distribuição do atraso nos 34 aeroportos mais movimentados dos EUA e Europa, vide Figura 5.

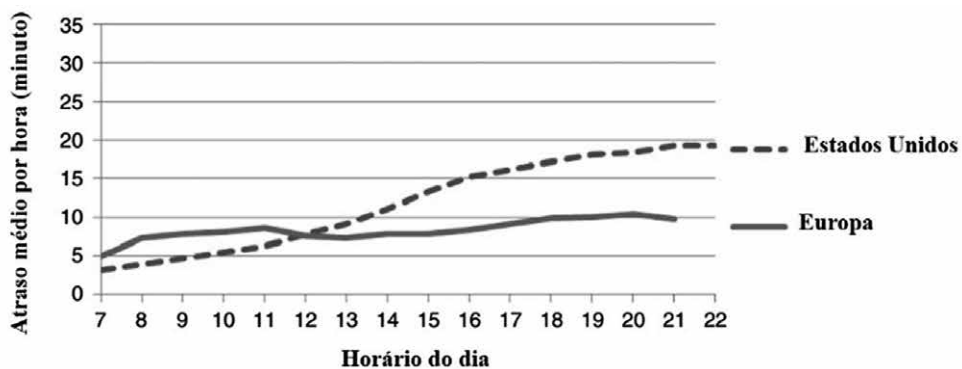


Figura 5 – Atraso médio nos 34 aeroportos mais movimentados dos EUA e Europa

Fonte: Morisset e Odoni (2011)

Esse modelo de taxação foi desenvolvido inicialmente para o transporte rodoviário. A elevada utilização de uma estrada e seu conseqüente congestionamento acontece porque os usuários não levam em conta os atrasos que eles próprios causam aos outros usuários. Cobrando valores que sejam iguais ao custo dos atrasos gerados aos outros passageiros, o uso das estradas durante os horários de pico pode ser diminuído (BRUECKNER, 2009).

A principal diferença quando utilizado no sistema aéreo é a de que os usuários do sistema rodoviário fazem parte do modelo atomístico, em que cada motorista é uma parte pequena do total de tráfego em uma estrada. As empresas aéreas são vistas como inseridas no modelo não atomístico, no qual a maioria das empresas representam uma parte considerável do tráfego daquele aeroporto (BRUECKNER, 2009).

Essa diferença produz impacto, pois o atraso imposto por uma aeronave irá afetar a todos os usuários do sistema, inclusive a própria companhia, levando-a a analisar os benefícios de se alocar um novo voo durante horários de pico. A precificação é baseada no dano marginal do congestionamento causado pela adição de um novo voo, o que acarreta em aumento de custos operacionais para todas as empresas aéreas afetadas mais o valor do tempo perdido para os passageiros. A empresa será penalizada se o congestionamento afetar outras empresas e não apenas a própria empresa (BRUECKNER, 2009).

A grande crítica a esse método é quando ele é aplicado a um aeroporto onde as empresas aéreas apresentam diferentes participações de mercado. A empresa com maior fatia de mercado absorve grande parte do congestionamento causado por um voo adicional, pagando uma pequena taxa. Em contrapartida, uma empresa com pouco domínio de mercado no aeroporto, por prejudicar pouco de suas operações, mas afetar as demais operadoras, irá pagar uma enorme taxa, podendo levar graves conseqüências às empresas de menor porte (BRUECKNER, 2009).

Czerny e Zhang (2011) lembram que o método de diferenciação das taxas aeroportuárias traz como conseqüência a redução da demanda até o ponto em que um nível social ótimo é atingido. A grande questão fica na dificuldade de se atingir o nível ótimo.

Os autores sustentam essa afirmação devido aos seguintes pontos: (a) o mercado do transporte aéreo é formado por uma estrutura vertical com os aeroportos na parte de cima e empresas aéreas na parte de baixo; (b) as empresas aéreas nos aeroportos congestionados geralmente não são perfeitamente competitivas, mas oligopolistas; (c) os passageiros podem não ser um grupo homogêneo de indivíduos, mas diferem no que diz respeito ao valor de seu tempo, sendo os passageiros a negócio de valor muito mais elevado quando comparados aos passageiros de turismo.

Para que a precificação funcione, um ponto crucial é que o aeroporto ofereça uma alternativa, com outros aeroportos nas proximidades, para que aquelas empresas que não desejam pagar as tarifas diferenciadas possam operar. Atualmente, nenhum aeroporto opera sob a precificação do congestionamento, embora exista, em alguns aeroportos, diferenciação de tarifas determinadas pelos períodos de

operação, não seguindo, no entanto, a sistemática de cálculo dos danos causados pelo congestionamento (UEDA, 2012).

No Brasil, é utilizada a política de concessão de horários de pouso e decolagem. Essa concessão recebe o nome de *slots*. Os *slots* são aplicados aos aeroportos que operam no limite de sua capacidade operacional. Sob esse regime, as empresas aéreas não poderiam operar em qualquer horário que desejassem, ficando restritas à concessão de horários pela agência reguladora. Atualmente, os aeroportos de Santos Dumont (RJ) e Congonhas (SP) operam nesse modelo (OLIVEIRA, 2010).

As empresas aéreas também podem contribuir devido a fatores operacionais para a ocorrência de atraso.

Fatores operacionais

Vários são os fatores operacionais que influenciam no atraso. Podem ser citados como fatores: tipo de aeronave; frequência de uma rota; sazonalidade; tipo de passageiro e o planejamento das rotas.

Tipo de aeronave

O primeiro fator é a escolha do tipo de aeronave. A escolha é determinada unicamente pela empresa aérea e será influenciada pelo tamanho e capacidade da aeronave, frequência de voos, tipo de passageiro (negócios ou turismo) e pela distância.

Quando o nível de atrasos em uma rota aumenta, as empresas aéreas optam por aeronaves menores com um tempo em solo menor (PAI, 2010). À medida que as empresas aéreas utilizam frotas mais eficientes em consumo de combustível, o custo total do atraso se torna menor. Foi o caso da empresa americana *ExpressJet Airlines* que, ao substituir a sua frota por novos aviões E-135/145, apresentou diminuição dos custos do atraso (FERGUSON et al., 2013).

Frequência de uma rota

Outro aspecto operacional é a frequência de uma rota. A época do ano, as características da população e o tipo de passageiro têm um papel significante em determinar a frequência de voos e consequentes atrasos daí advindos.

O atraso influencia diretamente na frequência. Pai (2010) demonstra que o aumento de um minuto no atraso na origem ou no destino resulta em uma diminuição de 0,28 voos por mês. Isso acontece porque o passageiro pode escolher viajar por outro meio ou até mesmo não viajar, para evitar aborrecimentos ou não cumprimento da agenda.

À medida que a população cresce, a frequência de voos também cresce. Um aumento populacional de 100.000 pessoas na origem ou no destino tende a aumentar em 0,73 voos por mês. Da mesma forma, uma melhoria na riqueza das pessoas, medida pela renda familiar, uma variação de 1% aumenta em 2,7 voos por mês. Pessoas com mais dinheiro tendem a aumentar o número de viagens realizadas, sejam elas por motivo de trabalho ou lazer (PAI, 2010).

Sazonalidade

O transporte aéreo é influenciado pela sazonalidade. Historicamente, durante o verão e no período de férias, ocorre a maior procura. A Figura 6 mostra o movimento por mês no aeroporto de Salvador, lugar conhecido como destino de férias no Brasil.

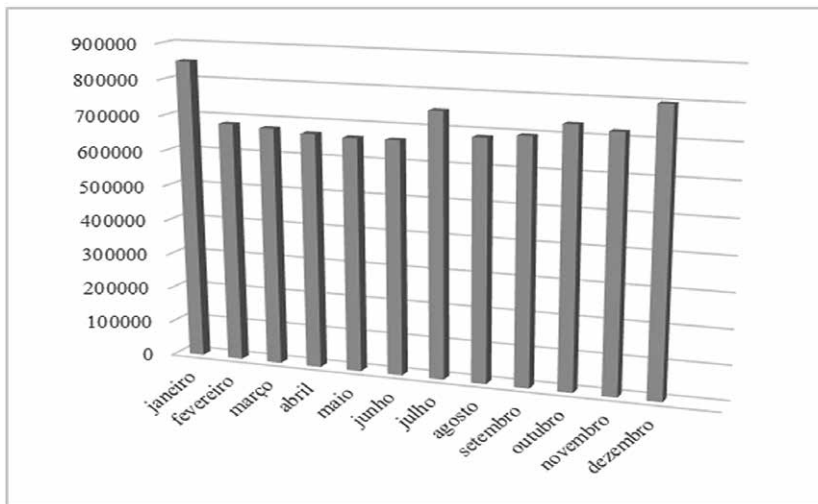


Figura 6 – Movimento total de passageiros no aeroporto de Salvador em 2013

Fonte: INFRAERO (2014)

Existe um aumento na frequência durante períodos de festas tradicionais, como por exemplo, o carnaval em Salvador e Recife, o réveillon no Rio de Janeiro, as festas juninas em Caruaru e Campina Grande, entre outras.

Tipo de passageiro

O tipo de passageiro também exerce influência. Passageiros com elevado custo de tempo, como os viajantes a negócios, podem ser servidos por empresas que optam por aeronaves menores, para manter um elevado *load factor* com uma maior frequência.

Mercados predominantemente turísticos podem optar por aeronaves maiores com menor frequência de voo. Da mesma forma, rotas com distâncias maiores, necessitam de aeronaves maiores. Quando ocorre o aumento de 1% de cargos gerenciais na origem ou no destino, ocorre um aumento de aproximadamente 20 voos por mês (PAI, 2010). As companhias aéreas tentam diminuir o nível de insatisfação dos passageiros ao diminuir o número de voos para destinos congestionados.

Entre os fatores operacionais, as empresas aéreas alegam que a grande maioria dos determinantes do atraso são fatores que estão longe do controle das companhias. Porém, um fator importante, controlado pelas empresas, é o planejamento das rotas (DESHPANDE; ANKAN, 2012).

Planejamento das rotas

Cada voo planejado por uma empresa aérea consiste de um bloco de tempo alocado que começa com o horário previsto para a partida até o horário previsto para a chegada. Esse planejamento geralmente é feito mais de seis meses antes de um voo ser realizado. Para o planejamento leva-se em conta o tempo total de viagem. De acordo com Deshpande e Ankan (2012), o planejamento é dividido em quatro fases: planejamento dos serviços; planejamento das rotas; alocação de recursos e execução do planejado.

No **planejamento dos serviços**, o departamento de marketing concebe um conjunto de serviços que uma empresa aérea irá oferecer em cada segmento de mercado. São englobados a frequência de voos e o tempo desejado de cada um em determinado segmento, público-alvo (negócio, turismo) e tipos de aeronaves a serem utilizadas.

No **planejamento das rotas**, o departamento de planejamento utiliza essas informações e elabora as possíveis rotas, levando em conta o tipo de aeronave e a disponibilidade de tripulação. Nesse estágio é planejado o tempo exato de partida e chegada de cada voo. As companhias aéreas iniciam o processo de planejamento de uma rota determinando o horário ideal de decolagem (HID). O HID considera não apenas o horário que melhor se adequa às necessidades dos passageiros, mas também as características internas da companhia (tripulação, disponibilidade de aeronaves e pessoal de solo) (BALLET al., 2010).

Na **alocação de recursos**, o departamento de operações verifica quais são as aeronaves que podem cumprir o planejado, analisando limitadores como manutenção, desempenho e histórico de atrasos. Nesse estágio são adicionados tempos extras à rota. Utilizando as características da aeronave escolhida e assumindo que ela será capaz de voar a melhor rota, calcula-se o tempo ideal de chegada (TIC).

A **execução do planejado** é a realização do projetado nas etapas anteriores.

O problema ocorre quando o atraso e o congestionamento aeroportuário alteram o que fora previsto anteriormente. Como proteção, as empresas aéreas aumentam o

tempo planejado tendo como referência o índice de atrasos imposto pelo tráfego aéreo, congestionamento e outros fatores. Esse tempo adicionado é o tempo extra sobre o planejado (TEP), sendo o tempo de chegada planejado (TCP) o somatório de todos os tempos, conforme mostra a Figura 7.

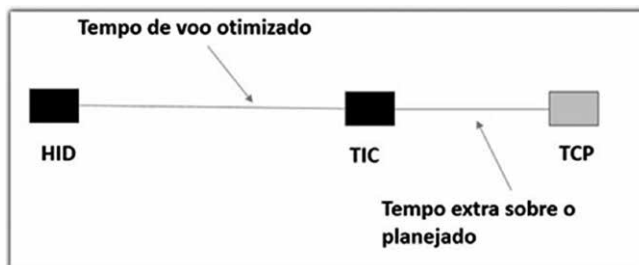


Figura 7 – Planejamento de um voo

Fonte: Adaptado de Deshpande e AnKan (2012)

Com isso, cria-se um problema de pouco ou muito espaço de tempo para os imprevistos no planejamento. Se muito tempo for alocado, será criada uma sobra de inventário, aumento de custos para as empresas aéreas como aeronaves paradas, pagamento de tripulação, etc. Se pouco tempo for alocado, provavelmente ocorrerão atrasos (DESHPANDE; ANKAN, 2012).

O fator atraso deve sempre estar no planejamento operacional das empresas aéreas. Ele pode ser dividido em dois tipos: atraso tático e atraso estratégico. Os atrasos táticos são os encontrados quando a aeronave chega após o horário previsto/planejado, estando presente nas operações aéreas das companhias. O atraso estratégico ocorre no planejamento de uma rota com adicionais de tempo extra sobre o planejado. A Tabela 1 mostra os tipos de atrasos por fase de voo.

Tabela 1 – Tipos de atrasos por fase de voo

Fase do voo	Descrição
Estratégico	Recursos comprometidos na fase de planejamento: contingenciamento avançado do atraso.
Tático	
Antes da decolagem	Processo de administração do slot.
Em rota	Ajustes de velocidade/rota. Dependência do controle de tráfego aéreo, meteorologia e combustível.
Pós-voo	Aeronave, tripulação e passageiro. Recuperação do período de atraso.

Fonte: Adaptado de Deshpande e AnKan (2012)

Os atrasos estratégicos e táticos não são independentes. Os atrasos reacionários e sua magnitude estarão diretamente dependentes da capacidade da aeronave de colocar ações contingenciais para se recuperar dos atrasos que ocorram, sendo uma das principais ferramentas a quantidade de lastro colocado durante o planejamento das rotas (COOK; TANNER; ENAUD, 2010).

É costume nas empresas aéreas aumentar o tempo de chegada, o tempo total de um voo quando comparado ao tempo mínimo, para que possam estar de acordo com indicadores de pontualidade. Um voo por questões de planejamento já possui um atraso embutido, porém não sentido pelo passageiro por ele estar programado. O atraso que é sentido é quando o horário de chegada excede o horário planejado. Esse tipo de atraso é imprevisível e varia diariamente.

Em virtude de as rotas estarem estruturadas em cadeia e devido ao alto índice de utilização diário de uma aeronave, surgem duas modalidades de atrasos: atraso portão-portão e atraso em rede. O atraso portão-portão acontece quando, em um voo individual, ocorre atraso baseado no ambiente em que ele se encontra.

Buscando um aumento nos lucros e aumento da economia de escala, as empresas aéreas planejam e operam um itinerário diário de redes que conectam passageiros, aeronaves, voos e tripulantes. A título de exemplo, a Figura 8 mostra a malha aérea doméstica de duas empresas diferentes, sendo a da esquerda da empresa Gol no Brasil e a da direita da empresa United Airlines nos Estados Unidos.

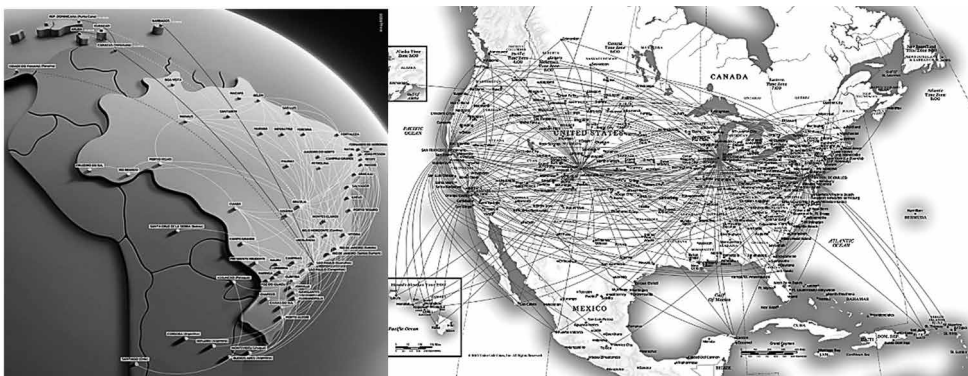


Figura 8 – Malha aérea das empresas Gol e United

Fonte: Gol (2015) e United Airlines (2015)

Diante do quadro de atrasos e para manter a integridade das suas redes, as empresas aéreas podem escolher atrasar, modificar ou cancelar seus voos. O atraso em rede são os efeitos que o atraso em um voo causa a toda a cadeia.

Os atrasos em cadeia tornam-se piores quando os atrasos primários são maiores e ocorrem no início do dia. Os atrasos primários não apenas afetam as

rotas subsequentes a serem realizadas com a aeronave como também atingem outras aeronaves. Sua intensidade será proporcional à habilidade da companhia aérea de se recuperar dos atrasos (COOK; TANNER, 2009).

Um fator gerador de atrasos que não se encontra no controle das empresas aéreas é a ocorrência da intervenção do sistema de gerenciamento do tráfego aéreo.

Intervenção do sistema de gerenciamento do tráfego aéreo

O sistema de gerenciamento do tráfego aéreo pode causar atrasos à operação das aeronaves através dos programas de atraso no solo e programas de sequenciamento do fluxo.

O programa de atraso no solo ocorre nos aeroportos com elevados índices de utilização e, devido a problemas meteorológicos, apresentarão atrasos nos voos. Baseado em previsão meteorológica e nos planejamentos (programação), o gerenciamento do tráfego aéreo estima as reduções de capacidade no sistema e mantém em solo uma aeronave que deveria decolar, evitando que o atraso ocorra em voo, o que causaria um aumento do consumo de combustível e prejuízos para a empresa aérea. Como o processo de espera no solo, mais especificamente quando a aeronave está estacionada e os motores desligados, é mais barato que em voo, a grande maioria dos atrasos ocorre em solo (FERGUSON et al., 2013).

Para reduções na capacidade com as aeronaves em voo, o sistema de gerenciamento do tráfego aéreo aplica os programas de sequenciamento do fluxo. Nesse tipo de ferramenta, são sugeridas ou mandadas rotas alternativas para os voos, buscando diminuir o número de procedimentos de espera para pouso. Por meio de programas de computador ou devido à atuação do controlador de tráfego aéreo, separações entre as aeronaves são impostas para atingir um intervalo específico entre elas. A Figura 9 ilustra a situação quando não são aplicados os programas de sequenciamento.

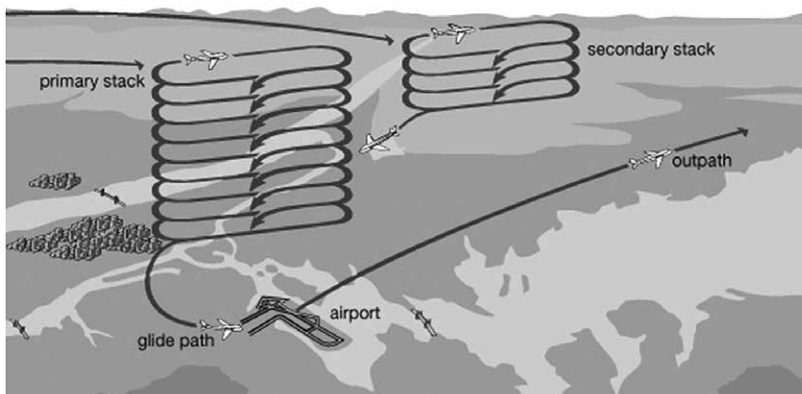


Figura 9 – Procedimento de espera em voo para aeroporto congestionado

Fonte: Encyclopedia Britannica (2009)

A Figura 9 representa a situação na qual, devido a problemas de capacidade no aeroporto, as aeronaves são obrigadas a realizar vários procedimentos de espera até terem o seu pouso autorizado. O procedimento, além de causar atrasos e aumento do consumo de combustível, também causa desconforto ao passageiro. A introdução dos programas de sequenciamento busca impor a separação entre as aeronaves para que consigam adequar a demanda com o mínimo de espera possível.

Os custos do atraso por fatores operacionais

Ferguson et al. (2013), ao analisarem o atraso em aeroportos americanos por faixas de horário, chegaram à conclusão que ele começa com pequenos níveis, no período da manhã (5h e 6h) até chegar ao topo no período da noite (17h e 18h) e começa a cair até às 22h. A paridade de atrasos raramente existe entre cidades opostas. Esse fato acontece pelo fato de dois aeroportos terem níveis diferentes de atraso e por apresentarem configurações diferentes.

Ferguson et al. (2013), quantificando os custos do atraso, dividiram-no em atrasos curtos (menores de 15 minutos) e atrasos longos (maiores de 65 minutos). Atrasos maiores possuem a tendência de terem um custo maior por minuto quando comparado a pequenos atrasos.

Por intermédio de estudo econométricos, Ferguson et al. (2013), analisando aeroportos americanos, chegaram à conclusão que 87% dos atrasos ocorreram no solo. Porém, em termos de custos, os atrasos em voo representaram mais da metade (51.5%), visto que os custos em voo são seis vezes maiores que os custos em solo.

Considerações finais

O congestionamento aeroportuário é um problema que afeta diretamente empresas e passageiros causando prejuízos e desconforto. O atraso impõe grandes custos à sociedade, seja na esfera econômica, social ou ambiental. Em um ambiente marcado pela competitividade, as empresas aéreas têm buscado diminuir o máximo possível dos custos operacionais e o atraso é um fator que exerce grande influência no seu aumento.

Ele traz como consequência o aumento do consumo combustível, dos custos com empregados (tripulação e trabalhadores em terra), custos de manutenção e para acomodar os passageiros que perderam os seus voos. No pior dos cenários, o atraso pode obrigar uma empresa aérea a aumentar a sua frota para poder cumprir os horários previstos. Com o crescente aumento da demanda pelo modal aéreo, o estudo do congestionamento e seus custos têm merecido a atenção de vários pesquisadores em todo o mundo.

A literatura acadêmica no assunto é classificada em três segmentos: estudos

de infraestrutura e capacidade; precificação do congestionamento e modelos econométricos para fatores econômicos do atraso. Erroneamente tende-se a ver o problema como um simples problema de infraestrutura, apesar de ser o fator primordial. A infraestrutura está diretamente ligada ao conceito de capacidade, que pode ser definida como o número máximo de operações aéreas que podem ser realizadas em uma hora em uma condição operacional específica.

Com o aumento das operações, os atrasos são consequência direta da limitação da capacidade e dos efeitos que ela provoca na curva da demanda. Atualmente, muitos aeroportos apresentam problemas de capacidade, traduzindo-se em atrasos médios superiores a 15 minutos.

Vários aeroportos não permitem a sua expansão por problemas financeiros, falta de planejamento (com a falta de espaço reservado) e questões ambientais (ruído aeronáutico). Uma das soluções neste caso é o gerenciamento da demanda realizado por meio da precificação do congestionamento. Esse método busca a melhor maneira de taxar as empresas aéreas usuárias de um aeroporto, abandonando o critério do peso da aeronave para adotar o pagamento diferencial de taxa pelo horário de operação. As empresas aéreas que decidirem disponibilizar voos no horário de pico deverão pagar valores maiores. Essa diferenciação é justificável devido à possibilidade de um aeroporto atingir diferentes níveis de utilização e consequente congestionamento.

A grande questão da precificação é que estudos apontam que as empresas com maior participação no aeroporto em que são cobradas as taxas conseguem absorver o acréscimo por operarem nos horários de pico, ao passo que empresas com pouco domínio no aeroporto tendem a ser mais afetadas.

Os fatores operacionais, como o tipo de aeronave, frequência de uma rota, sazonalidade, tipo de passageiro e o planejamento das rotas, podem influenciar no atraso e aumentar os custos das empresas aéreas. As empresas aéreas realizam seus planejamentos aéreos prevendo atrasos, sendo costume aumentar o tempo de chegada e o tempo total de um voo, quando comparado ao tempo mínimo, para atingir os indicadores de qualidade. O atraso é sentido quando o horário de chegada excede o horário planejado. Esse tipo de atraso é imprevisível e varia diariamente.

Saber quantificar, pelos fatores existentes, os custos do atraso torna-se vital para as companhias. O processo de quantificação por ferramentas econométricas busca dar uma nova dinâmica ao problema. O entendimento dos fatores que influenciam no aumento da demanda e que influenciam nos custos operacionais como preço do combustível, tripulação, manutenção, taxas aeroportuárias, entre outros, auxiliará no planejamento.

O entendimento aprofundado de cada segmento permite uma melhor compreensão do congestionamento e de seus custos como um todo. Estudos futuros deverão buscar a diminuição dos atrasos mediante melhor operação do sistema. Estudos deverão ser realizados analisando a realidade brasileira. A questão fundamental é saber

o quanto de investimento deve ser realizado para a diminuição do atraso. Caso opte-se pela precificação do congestionamento, estudos futuros poderão focar em como aumentar o equilíbrio entre empresas dominantes e empresas com pouco poder em determinado aeroporto. Os fatores operacionais exercem grande influência nos custos, sendo sempre uma área para novas pesquisas interdisciplinares.

Contudo, a completa eliminação do atraso torna-se tarefa praticamente impossível. Certas causas como problemas mecânicos, de meteorologia, embarque de passageiros e carregamento da aeronave sempre existirão. O transporte aéreo é o meio mais dinâmico de transporte em massa, sempre se destacando pela agilidade e rapidez com que tem encurtado distâncias e atingido os mais variados destinos. O que se deve buscar é o balanceamento entre custos e operação nos aeroportos, buscando medidas capazes de permitir o eficiente uso do sistema com a diminuição do atraso e os custos associados.

Referências

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. *Anuário do Transporte Aéreo 2012* 1.^a Ed. Brasília, 2013.v.único. ,

BALL, Michael et al. *Total delay impact study: a comprehensive assessment of the costs and impacts of flight delay in the United States*. 2010.

BARNHART, Cynthia et al. Demand and capacity management in air transportation. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, v. 1, n. 1-2, p. 135-155, 2012.

BARROS, Tatiana et al. Avaliação dos atrasos em transporte aéreo com um modelo DEA. *Produção*, v.20, n. 4, p.601-611. 2010.

BARROS JR., José. Custos no transporte aéreo: determinantes e modelos. *Journal of Transport Literature*, v.1, n.2, p.70-109, 2007.

BRITANNICA, Encyclopedia. *Air-traffic control: stacking holding patterns*. 2009. Disponível em <<http://kids.britannica.com/comptons/art-145709/Incoming-aircraft-must-sometimes-be-stacked-when-bad-weather-slows>>. Acesso em 10 fev. 2015.

BRUECKNER, Jan. *Airport Congestion Management: Prices or Quantities*. University of California Transportation Center, 2009.

COOK, Andrew et al. Evaluating the true cost to airlines of one minute of airborne or ground delay. *Final Report, Prepared by the University of Westminster*, 2004.

COOK, Andrew; TANNER, Graham. The challenge of managing airline delay costs. In: CONFERENCE ON AIR TRAFFIC MANAGEMENT (ATM) ECONOMICS, 2009.

COOK, Andrew; TANNER, Graham; ENAUD, Philippe. Quantifying airline delay costs—the balance between strategic and tactical costs. In: 14TH AIR TRANSPORT

RESEARCH SOCIETY (ATRS) WORLD CONFERENCE, 14., 2010, Porto.

CZERNY, Achim I.; ZHANG, Anming. Airport congestion pricing and passenger types. *Transportation Research Part B: Methodological*, v. 45, n. 3, p. 595-604, 2011.

DESHPANDE, Vinayak; ARIKAN, Mazhar. The impact of airline flight schedules on flight delays. *Manufacturing & Service Operations Management*, v. 14, n. 3, p. 423-440, 2012.

EVANS, Antony; SCHÄFER, Andreas. The impact of airport capacity constraints on future growth in the US air transportation system. *Journal of Air Transport Management*, v. 17, n. 5, p. 288-295, 2011.

FERGUSON, John et al. Estimating domestic US airline cost of delay based on European model. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 33, p. 311-323, 2013.

GELHAUSEN, Marc C. Modelling the effects of capacity constraints on air travellers' airport choice. *Journal of Air Transport Management*, v. 17, n. 2, p. 116-119, 2011.

GOL LINHAS AÉREAS. Malha aérea. 2015. Disponível em <www.voegol.com.br>. Acesso em: 10 fev. 2015.

HANSEN, Mark; WEI, Wenbin. Multivariate analysis of the impacts of NAS investments: A case study of a capacity expansion at Dallas-Fort Worth Airport. *Journal of Air Transport Management*, v. 12, n. 5, p. 227-235, 2006.

HOLLOWAY, Stephen. *Straight and level: practical airline economics*. Ashgate Publishing, Ltd., 2008.

MORISSET, Thomas; ODONI, Amedeo. Capacity, delay, and schedule reliability at major airports in Europe and the United States. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 2214, n. 1, p. 85-93, 2011.

OLIVEIRA, Alessandro V.M. A alocação de slots em aeroportos congestionados e suas consequências no poder de mercado das companhias aéreas. *Journal of Transport Literature*, v.4, n.2, p.7-49, 2010.

PAI, Vivek. On the factors that affect airline flight frequency and aircraft size. *Journal of Air Transport Management*, v. 16, n. 4, p. 169-177, 2010.

UEDA, Thiago. Congestionamento em aeroportos: há alguma saída para o caos? *Journal of Transport Literature*, v.6, n.2, p. 253-264, 2012.

UNITED AIRLINES. National hubs. 2015. Disponível em <www.hub.united.com>. Acesso em: 10 fev. 2015.

VAZE, Vikrant; BARNHART, Cynthia. Airline Frequency Competition in Airport Congestion Pricing. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 2266, n. 1, p. 69-77, 2012.

YUEN, Andrew CL; ZHANG, Anming. Airport congestion pricing and its welfare implications: the case of variable passenger time costs. *Pacific Economic Review*, v. 16, n. 1, p. 83-102, 2011.

ZOU, Bo; HANSEN, Mark. Flight delays, capacity investment and social welfare

under air transport supply-demand equilibrium. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 46, n. 6, p. 965-980, 2012.

ZOU, Bo; HANSEN, Mark. Impact of operational performance on air carrier cost structure: evidence from US airlines. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, v. 48, n. 5, p. 1032-1048, 2012.

Artigo recebido em: 10 dez. 2014

Aceito para publicação em: 8 maio 2015