

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Victor de Abreu Pinheiro Miranda

**ATRASOS E CANCELAMENTOS DE VOOS:
SLOTS AEROPORTUÁRIOS ATENUAM O
PROBLEMA DOS PASSAGEIROS?**

Trabalho de Graduação
2017

Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

Victor de Abreu Pinheiro Miranda

**ATRASOS E CANCELAMENTOS DE VOOS: SLOTS
AEROPORTUÁRIOS ATENUAM O PROBLEMA DOS
PASSAGEIROS?**

Orientador

Prof. Dr. Alessandro Vinícius Marques de Oliveira (ITA)

ENGENHARIA CIVIL-AERONÁUTICA

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2017





Dedico este trabalho à minha família, que sempre me deu suporte para que eu pudesse realizar meus sonhos e tornou possível a concretização do maior deles: me formar no Instituto Tecnológico de Aeronáutica.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à minha família. Em especial à minha mãe, que sempre acreditou no meu potencial e me apoiou nas minhas escolhas, sem ela tenho certeza que não teria alcançado essa vitória. À minha avó, que sempre foi uma mãe para mim e que é a base da minha família, sem ela não seríamos o que somos hoje. E ao meu tio, que sempre foi como um pai para mim e um verdadeiro modelo de homem, o qual eu sempre busquei me espelhar. Amo vocês!

Ao meu orientador e conselheiro, Prof. Dr. Alessandro. Nesses quatro anos sob sua orientação, ele sempre me incentivou a dar o meu melhor em nossos projetos, me inspirando a querer seguir seus passos e ser um dos profissionais mais competentes que eu conheço, tem sido uma honra trabalhar com um professor e pesquisador de tamanha importância para o Brasil.

Aos meus amigos do Colégio 7 de Setembro em Fortaleza. Eles foram fundamentais para minha aprovação no vestibular; nos momentos difíceis sempre estavam me incentivando a não desistir e tirando minhas dúvidas. Vocês são pessoas maravilhosas, as quais tive muita afinidade desde o começo e conseguiram tornar o ano de vestibular, para muitos o mais difícil da vida, em um ano inesquecível. Tenho certeza que nossa amizade é eterna, pois, apesar da distância que alguns de nós temos, nunca perdemos o contato e nossa amizade só vem crescendo.

À minha querida turma do profissional, só tenho a concordar quando o Artur Cantanhede diz: “A civil 17 é uma grande família...”. Os nossos anos de profissional foram difíceis e super cansativos, mas a união da nossa turma tornou esse período bem mais fácil de lidar, vivi ao lado de vocês os melhores momentos da minha vida. Só tenho a agradecer-los pelo apoio na faculdade e acima de tudo pela amizade. Admiro muito cada um de vocês e tenho certeza que todos vocês terão muito sucesso em suas vidas.

Por fim, gostaria de agradecer ao apoio financeiro do CNPq durante o período em que fiz iniciação científica, esse suporte foi essencial para que eu pudesse me dedicar mais nos projetos de pesquisa que estive inserido.

"A alegria está na luta, na tentativa, no sofrimento envolvido e não na vitória propriamente dita".

Mahatma Gandhi

ATRASOS E CANCELAMENTOS DE VOOS: SLOTS AEROPORTUÁRIOS ATENUAM O PROBLEMA DOS PASSAGEIROS?

Victor de Abreu Pinheiro Miranda

RESUMO

Esta pesquisa desenvolve um modelo econométrico para atraso e cancelamento de voos a fim de investigar a influência da concentração de mercado no transporte aéreo na qualidade do serviço prestado aos passageiros, levando em consideração a questão da distribuição de slots aeroportuários. Foram estudados os efeitos da imposição de regime slots aeroportuários sobre os indicadores de regularidade e pontualidade dos voos das companhias aéreas afetadas; analisando, ainda, se a atual regulação de slots atinge o objetivo de permitir o uso mais eficiente da capacidade do aeroporto sem prejudicar a qualidade do serviço. Foi examinado o caso do aeroporto brasileiro de Congonhas, o único no país que funciona totalmente por slots e que em 2007 sofreu, por questões de segurança, restrições operacionais mais severas como redução de capacidade horária de pista, vedação de conexões e regra de perímetro. Os resultados sugerem que rotas menos competitivas de aeroportos controlados por slots cancelam mais que aquelas de aeroportos não controlados, no entanto, a regulação inibiu essa tendência. Constatou-se também que a entrada de uma empresa de baixo custo em uma rota gera propensão à diminuição de cancelamentos. Foi possível observar com os dois modelos uma tendência de tradeoff entre atrasos e cancelamentos por parte das empresas. Portanto, utilizou-se uma modelagem por equações simultâneas a fim de tratar essas variáveis como eventos dependentes.

Palavras-chave: Atrasos. Cancelamentos. Slots.

ABSTRACT

This paper develops an econometric model of delays and flight cancellations to investigate the influence of market concentration over service quality in the air transport sector, taking into consideration the slot system issue. We analyze the effects of the airport slots system over regularity and punctuality indicators of the affected airlines, analyzing whether current slot regulation uses airport capacity more efficiently without jeopardizing service quality. We analyze Congonhas Airport in San Paulo which had its operations restricted in 2007 due to safety issues, leading to hourly capacity reduction, connections break and perimeter rule. The results suggest slot-controlled airports tend to present more cancellation as they get more concentrated, but after regulation we do not notice this fact. After a low-cost carrier (LCC) enters a given route, we also notice cancellations tend to decrease. Results suggest airlines face a trade-off between delays and cancellations. Thus, we performed a simultaneous equations model to consider this variables as dependents events.

Keywords: Delays, Cancellations, Slots.

Lista de Figuras

- Figura 1 - Porcentagem de cancelamentos na ponte aérea Rio-São Paulo em 2013. Fonte: Gráfico elaborado pelo autor com dados o VRA. 17
- Figura 2 - Porcentagem de cancelamentos no aeroporto de Congonhas devido a problemas de mal tempo e operacionais (interrupções no aeroporto e panes nas aeronaves). Gráfico elaborado pelo autor com dados do VRA..... 17
- Figura 3 - Porcentagem de atrasos no aeroporto de Congonhas devido a problemas de mal tempo e operacionais (panes no aeroporto e na aeronave). Gráfico elaborado pelo autor com dados do VRA. 18
- Figura 4 - Ilustração do modelo conceitual do problema. Fonte: Autor (2016)..... 34

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Histórico de resoluções que regulamentam os slots em Congonhas. Fonte: Tabela elaborada pelo autor (2017).	25
Tabela 2 – Distribuição dos slots em Congonhas. Fonte: Aeromagazine 13/12/2014.	26
Tabela 3 – Distribuição dos slots em Congonhas em 2016. Fonte: (“Ra2014-0386”, 2016).	26
Tabela 4 – Estatísticas de algumas variáveis. Fonte: autor (2016).	36
Tabela 5 - Resultado das estimações usando o estimador 2SGMM. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. Fonte: autor (2016).	39
Tabela 6 - Check de robustez por troca de estimadores para o modelo de atrasos. Fonte: autor (2017).	50
Tabela 7 - Check de robustez por troca de estimadores para o modelo de cancelamento. Fonte: autor (2017).	51
Tabela 8 - Teste de robustez suprimindo variáveis para o modelo de atrasos. Fonte: autor (2017).	52
Tabela 9 - Teste de robustez suprimindo variáveis para o modelo de cancelamentos. Fonte: autor (2017).	53
Tabela 10 - Teste de robustez usando diferentes definições de atrasos para o modelo de atrasos. Fonte: autor (2017).	54
Tabela 11 - Teste de robustez usando diferentes definições de atrasos para o modelo de cancelamentos. Fonte: autor (2017).	55

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABAC	Agência Nacional de Aviação Civil
BCB	Banco Central do Brasil
BTS	Bureau of Transportation Statistics
CONAC	Conselho Nacional de Aviação Civil
DOT	Departament of Transportation
FAA	Federal Aviation Administration
FSC	Full-Service Carrier
GAO	Government Accountability Office
GDP	Gross Domestic Product
HAC	Heteroscedasticity and Autocorrelation Consistent
HHI	Herfindahl-Hirschman Index
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
JFK	John F. Kennedy International Airport
LCC	Low Cost Carrier
LIML	Limited Information Maximum Likelihood
PIB	Produto Interno Bruto
TMA	Área de Controle Terminal
VIF	Variation Inflation Factor
VRA	Voo Regular Ativo
OLS	Ordinary Least Square
2SLS	Two-Stage Least Square
2SGMM	Two-Step Generalized Method of Moment

Sumário

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	14
1.1	Motivação	14
1.2	Objetivo da Pesquisa	18
1.3	Estrutura do Trabalho	19
2	O AEROPORTO DE CONGONHAS.....	21
2.1	A Cidade de São Paulo e o Atual Cenário Aeroportuário	21
2.2	O Aeroporto de Congonhas	22
2.3	O Sistema de Slots.....	23
2.4	Os Slots em Congonhas	24
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	28
4	DESENVOLVIMENTO DO MODELO ECONOMÉTRICO	33
4.1	Descrição dos Dados	33
4.2	Modelo Conceitual.....	33
4.3	Modelo Empírico	34
4.4	Estratégia de Estimação.....	36
4.5	Resultados e Discussões.....	38
4.6	Checks de Robustês.....	41
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
5.1	Síntese	43
5.2	Limitações e Recomendações de Estudos Futuros	43
	REFERÊNCIAS	45
	APÊNDICE A – CHECK DE ROBUSTEZ	49
A.1	Estimadores	50
A.2	Suprimindo Variáveis.....	52
A.3	Definição de Atrasos	54

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 Motivação

O aeroporto de Congonhas, devido à sua localização privilegiada na região central do maior centro econômico brasileiro, foi de 1990 a 2006 o aeroporto mais movimentado do Brasil (“História Aeroportos”, [s.d.]). A alta demanda pelo aeroporto e suas limitações operacionais de horário, de pista e de tráfego geraram a necessidade de coordenar, ou seja, criar slots para uso das companhias aéreas desde 1996.

A distribuição de slots é um dos sistemas mais adotados no mundo para conferir às companhias aéreas os direitos de usufruto em aeroportos cuja demanda supera a sua capacidade (MADAS; ZOGRAFOS, 2006). Esses aeroportos são de grande interesse comercial para as companhias aéreas, pois costumam atrair passageiros sobretudo insensíveis ao preço, tornando suas rotas bastante lucrativas.

Deficiências no sistema de concessão de slots podem incentivar as companhias aéreas a não utilizarem a máxima capacidade de infraestrutura que o aeroporto dispõe e dificultar a entrada de novas concorrentes que tenham interesse em explorá-la (OLIVEIRA, 2010).

O referido sistema é baseado nos Grandfather-rules¹ e use-it-or-lose-it-rules² usados para garantir às companhias aéreas o direito de alocação e realocação de pousos e decolagens em aeroportos coordenados (SIEG, 2010); contudo, Rupp e Holmes (2006) encontraram algumas evidências de que o sistema de slots pode encorajar companhias aéreas incumbentes³ a cancelarem sistematicamente voos não lucrativos por razões estratégicas. A companhia, então, realoca os passageiros afetados para outros voos, enquanto evita a entrada de competidores no aeroporto, caso o limite de cancelamentos seja respeitado. Esta política, deste modo, prejudica as companhias aéreas entrantes, que são incapazes de adquirir novas rotas lucrativas, bem como ocasiona transtorno aos passageiros, que estão sujeitos a preços mais altos, além de atrasos e cancelamentos mais prováveis, visto que estão consumindo em um mercado menos competitivo.

¹ Situação típica do sistema aéreo mundial, que retrata o princípio da precedência histórica, no qual os slots aeroportuários são distribuídos majoritariamente às companhias incumbentes.

² Regra do Sistema de slots que determina que uma companhia aérea só perde a concessão de um slot se for comprovada a sua má utilização, em geral devido a cancelamentos a um nível acima de 20% ou demora na implantação do sistema.

³ Companhia aérea que já possui a concessão para operar no aeroporto.

A Federal Aviation Administration (FAA)⁴, visando controlar atrasos e promover o acesso de entrantes nos aeroportos de LaGuardia e Newark, propôs em 2015 mudanças na distribuição dos slots para encorajar a competição; todavia, a Delta Airlines, companhia dominante no aeroporto, questionou a decisão declarando que tais mudanças poderiam prejudicar sua flexibilidade para realocar voos, aumentando, por conseguinte, atrasos e cancelamentos, e até mesmo os preços⁵.

Em 2012, o Government Accountability Office (GAO)⁶, para investigar a queixa de algumas companhias aéreas, realizou um estudo abrangendo os principais aeroportos controlados por slots dos Estados Unidos: Reagan National (Washington D.C) e os três principais aeroportos de Nova York (LaGuardia, JFK e Newark), sendo que estes estiveram entre os 30 com pior serviço de qualidade do mundo em 2011 (“Delta says FAA proposal for New York airports could harm consumers - Atlanta Business Chronicle”, [s.d.]). O mencionado estudo buscava investigar se as regras de slots poderiam levar à ineficiência e subutilização de aeroportos. Por fim, a pesquisa encontrou indícios desse problema ao observar que voos em aeroportos controlados por slots tendem a operar com aeronaves menores e com menores taxas de ocupação, porém em maiores taxas diárias se comparado a aeroportos não controlados por slots. Observou-se, de fato, que as regras permitem que as companhias aéreas não utilizem todos os slots e tornam essa estrutura inutilizada indisponível para outras companhias que se interessam por ela. Fukui (2012) também encontrou indícios de subutilização em aeroportos controlados por slots quando observou que estes tendem a operar com aeronaves de menor porte se comparados com aeroportos de porte semelhantes não controlados por slots. Rupp (2006), em uma pesquisa dos determinantes de atrasos e cancelamentos, também observou a tendência de maiores cancelamentos em aeroportos controlados por slots, enquanto sofriam de menores atrasos, propondo, portanto, a existência de um tradeoff entre essas duas variáveis.

Atrasos e cancelamentos geram, entre outros problemas, estresse para os passageiros e custos de acomodação e perda de oportunidade. Bilotach (2012) estimou que um minuto de atraso devido a mal tempo ocasiona uma queda entre US\$ 4,46 e US\$ 6,65 no preço médio da passagem aérea, enquanto um minuto de atraso ocasionado pela companhia aérea resulta num decréscimo de US\$ 2,70 a US\$ 5,13. Para diminuir custos de atrasos, a FAA implementou em

⁴ Entidade governamental norte-americana responsável pelos regulamentos e demais aspectos da aviação civil nos Estados Unidos.

⁶ Órgão responsável pela auditoria, avaliações e investigações do congresso dos Estados Unidos, similar a Controladoria Geral da União no Brasil.

2007 o adaptive compression tool, o qual identifica slots não utilizados no aeroporto durante um atraso em solo ou no espaço aéreo e aloca voos nesses horários, permitindo uma maior eficiência no uso do aeroporto. FAA estimou que essa ferramenta reduziu atrasos e fez as companhias aéreas economizarem US\$ 27 milhões em 2007 (GAO, 2010).

A Figura 1 mostra a proporção de cancelamentos da ponte aérea Congonhas-Santos Dumond em 2013, na qual observamos o elevado nível de cancelamentos na rota que, naquele ano, apresentou um nível médio de cancelamento de 13,8%. Esse fato levanta questionamentos relativos à eficiência do sistema de slots aplicado no Brasil no que diz respeito ao seu objetivo de promover o uso eficiente do aeroporto, sem prejudicar a qualidade do serviço e a segurança das operações.

Até 2006, o Aeroporto de Congonhas mantinha o posto de aeroporto mais movimentado do Brasil. Contudo, em julho de 2007 este cenário foi alterado após a colisão de uma Airbus A320 da TAM com um prédio da TAM Express e um posto de gasolina Shell. Em seguida a esse acidente, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) restringiu as operações no aeroporto através da implantação de regras de perímetro mais rígidas, diminuindo a capacidade horária da pista e proibindo a instalação de hub. Com essas medidas, a oferta de voos no aeroporto caiu de cerca de 50 operações para 30 nas horas de pico, levantando a suspeita de que, caso existissem slots subutilizados, estas medidas teriam encorajado as companhias a cancelar uma menor quantidade de voos por motivos estratégicos.

As figuras a seguir ilustram a situação de atrasos e cancelamentos em Congonhas no período de 2002 a 2013:

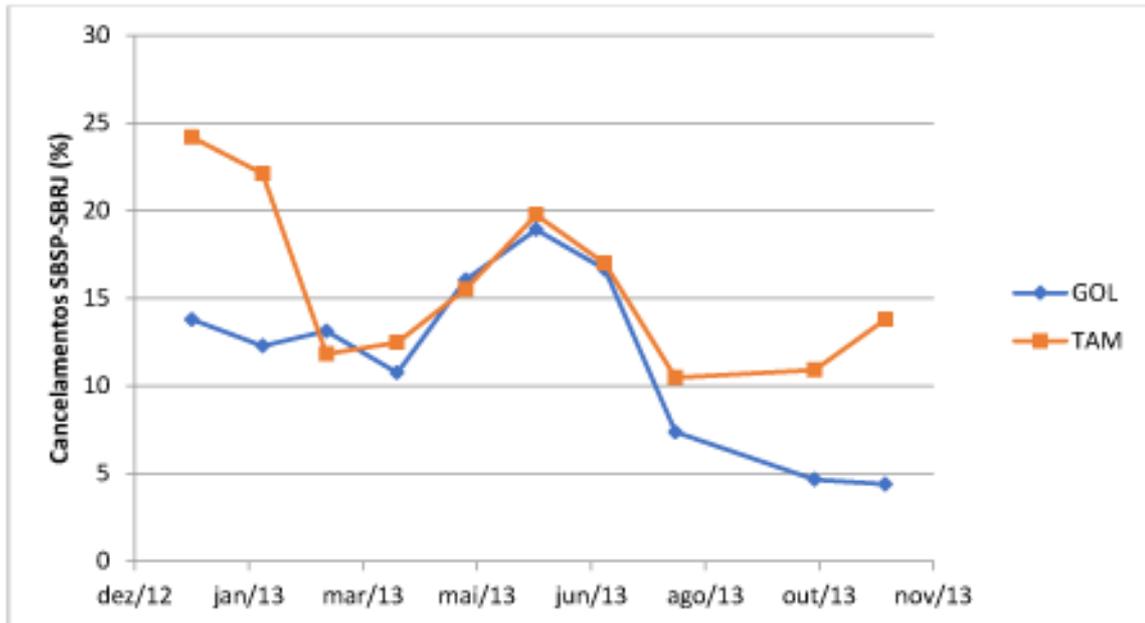


Figura 1 - Porcentagem de cancelamentos na ponte aérea Rio-São Paulo em 2013. Fonte: Gráfico elaborado pelo autor com dados do VRA.

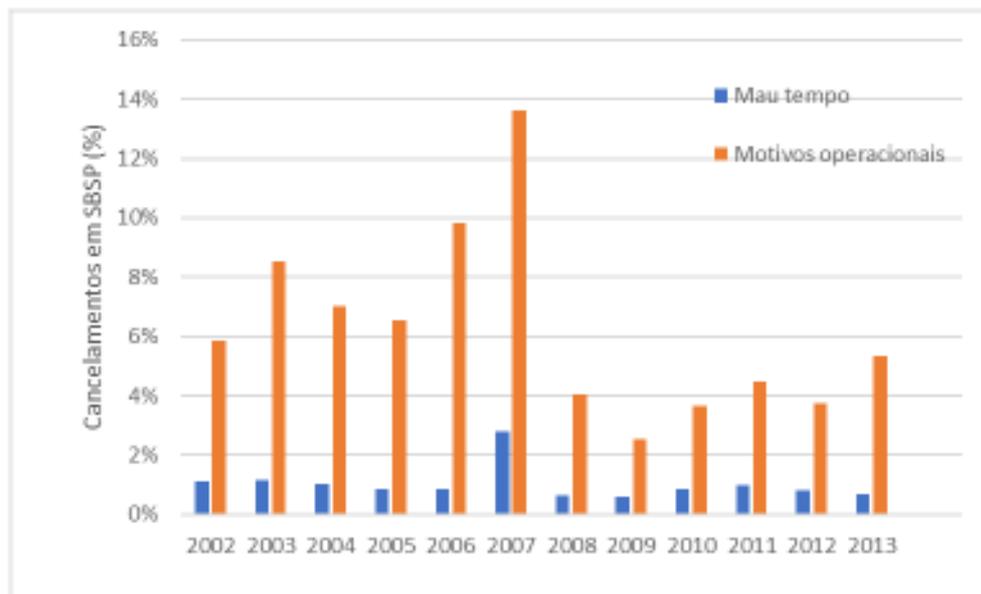


Figura 2 - Porcentagem de cancelamentos no aeroporto de Congonhas devido a problemas de mau tempo e operacionais (interrupções no aeroporto e panes nas aeronaves). Gráfico elaborado pelo autor com dados do VRA.

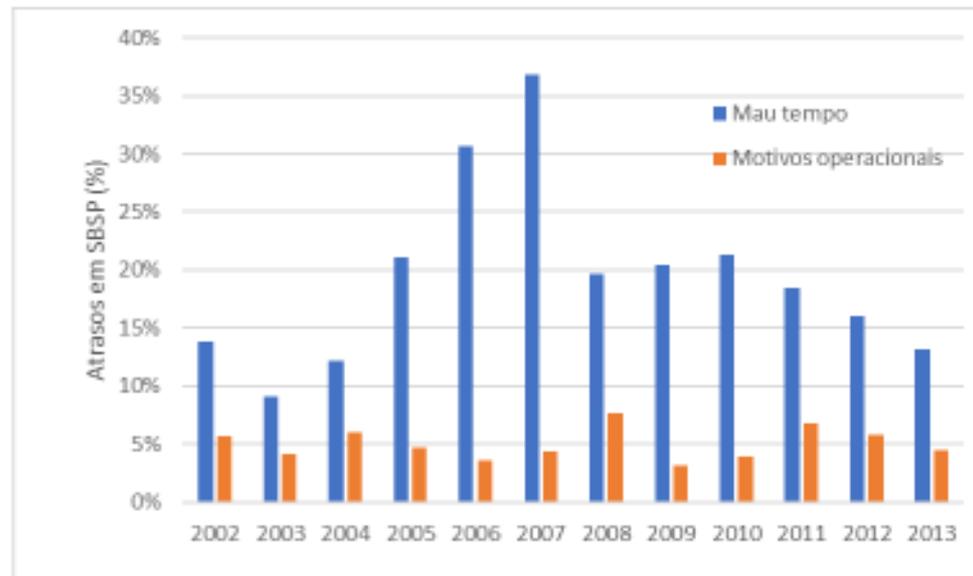


Figura 3 - Porcentagem de atrasos no aeroporto de Congonhas devido a problemas de mal tempo e operacionais (panes no aeroporto e na aeronave). Gráfico elaborado pelo autor com dados do VRA.

A questão dos slots levanta para os passageiros um fato comumente ignorado: a pontualidade e regularidade de voos estão relacionadas não apenas a mal tempo, pane no aeroporto ou aeronave. Existe uma série de fatores concorrenciais, operacionais e regulatórios que interfere na qualidade do serviço oferecido. Portanto, aqueles fatores costumam ser apenas uma pequena fração das causas desse problema, como podemos observar na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e na Figura 3.

Estas Figuras também evidenciam que, após 2007, ano que ocorreu a reforma regulatória no Aeroporto de Congonhas, houve uma queda brusca nos níveis de atrasos e cancelamentos, que passou por pico no período do apagão aéreo de 2007. Esses dados sugerem que, além de melhorar a segurança no Aeroporto, a regulação também ajudou no controle da regularidade e pontualidade dos voos.

1.2 Objetivo da Pesquisa

Esta pesquisa tem por objetivo analisar se as atuais regras de controle de slots estão sendo eficazes em seus objetivos de explorar a máxima capacidade do aeroporto sem prejudicar a qualidade do serviço ou estão incentivando a subutilização da infraestrutura por meio de cancelamentos de voos, prejudicando a qualidade do serviço oferecido aos passageiros.

Outro objetivo é avaliar os principais determinantes concorrenciais e operacionais de atrasos e cancelamentos de voo no Brasil, comparando com os resultados encontrados na literatura. Tais fatores concorrenciais estão relacionados à concentração de mercado na rota e no aeroporto, entradas de companhias low cost na rota e no aeroporto, além de acordos de codeshare entre as companhias aéreas. Já os fatores operacionais estão relacionados a condições climáticas, panes de aeronaves, sobrecarga do aeroporto, tamanho do hub, entre outras variáveis.

Busca, por fim, mensurar o impacto que a regulação imposta pela ANAC, após o acidente da TAM, teve sobre os níveis de atrasos e cancelamentos do aeroporto e também, caso encontrados indícios de subutilização ocasionados pelo sistema de slots, se a regulação impactou de alguma forma sobre essa prática.

Desta maneira, o modelo conceitual do problema abrangerá os principais determinantes de atrasos e cancelamentos de voos encontrados na literatura como uma das formas de validação do modelo; além de algumas variáveis que testam as hipóteses as quais a pesquisa objetiva investigar.

Para construção do modelo empírico, será adotado um modelo de regressão, utilizando um painel de dados com estatísticas de 2002 a 2013, de 209 rotas do Brasil que podem ser encontradas no VRA (Voo Regular Ativo). Será levado em consideração a natureza endógena das variáveis de atrasos e cancelamentos conforme sugere Rupp (2005) por meio de um modelo nested-logit, visto que o autor defende a existência de um tradeoff entre essas variáveis. Usará também o tratamento endógeno de algumas outras variáveis, como, por exemplo, aquelas de qualidade de serviço e estrutura de mercado, conforme Greenfield (2014) sugere.

Atrasos e cancelamentos de voos costumam ser muito desgastantes para os passageiros, ficando evidente a necessidade de entender os determinantes desses problemas a fim de melhorar a qualidade do serviço prestado pela companhia aérea. Este estudo, por fim, é de fundamental importância para os órgãos reguladores avaliarem e reverem a atual regulamentação de slots em Congonhas a fim de promover o uso mais eficiente do aeroporto e proporcionar para os consumidores melhor qualidade de serviços e preços.

1.3 Estrutura do Trabalho

Após esta seção introdutória, na qual motivamos o estudo e definimos seus objetivos, o restante do trabalho está dividido em 4 capítulos.

O Capítulo 2 apresenta o aeroporto de Congonhas, abordando algumas de suas características físicas e operacionais relevantes para o estudo, histórico de regulação, a questão dos slots e como esse sistema costuma ser estruturado internacionalmente.

O Capítulo 3 consiste de uma revisão de literatura sobre o tema, na qual serão apresentados os principais fatores associados a atrasos e cancelamentos que constam na literatura e são relevantes para a pesquisa.

O Capítulo 4 descreve a modelagem econométrica do problema. Nela se descreve a formulação matemática usada, a construção da base de dados e os modelos empírico e conceitual adotados. Por fim, os resultados do modelo são apresentados e discutidos.

O Capítulo 5 enfatiza os principais resultados da pesquisa, limitações e sugestões de pesquisas futuras para aqueles pesquisadores que desejarem dar continuidade ao trabalho apresentado.

2 O AEROPORTO DE CONGONHAS

2.1 A Cidade de São Paulo e o Atual Cenário Aeroportuário

A cidade de São Paulo é considerada como o maior centro financeiro, corporativo e mercantil, não apenas do Brasil, mas da América do Sul. É reputada a mais importante e influente metrópole brasileira, concentrando, isoladamente, 20 milhões de habitantes e sendo o sétimo município mais populoso de todo o planeta e o mais populoso de todo o território brasileiro. De fato, é uma das cidades mais globalizadas de todo o planeta, exercendo significativa influência nas esferas econômica, política e cultural do País.

Além da importância da metrópole isolada, é notória sua importância ao lado de outras grandes metrópoles vizinhas, formando o chamado Complexo Metropolitano Expandido, uma megalópole que compreende Campinas, Baixada Santista, Vale do Paraíba, Sorocaba, Piracicaba e Jundiaí. Essas metrópoles constituem a oitava maior aglomeração urbana do mundo, concentrando cerca de 30 milhões de pessoas, o equivalente a 75% da população de todo o Estado. Ao longo de toda essa extensão está presente boa parte das indústrias nacionais e multinacionais do Brasil, que em sua maioria possuem sede corporativa na capital, tornando São Paulo o estado mais importante economicamente para o Brasil, sendo responsável por 33% do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro em 2012 (IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2014).

Essa intensa atividade econômica gera forte demanda por transporte aéreo tendo em vista as viagens de negócios, turismo e transporte de cargas, e fazendo com que a TMA-SP (Área de Controle Terminal - SP), a qual abriga os aeroportos de Congonhas, Guarulhos e Viracopos, seja a mais movimentada do país, cujo fluxo representou, em 2008, 26% dos passageiros domésticos, 51% dos voos internacionais e 50% da movimentação de carga (COMPANY, 2010). Muitas companhias aéreas também adotam aeroportos de São Paulo como hub, que é o caso da Azul em Viracopos e TAM e GOL em Guarulhos, gerando ainda mais concentração de passageiros na região.

Em 2009, a capacidade de operação dos aeroportos de Congonhas e Guarulhos juntos era aproximadamente 35 milhões de passageiros por ano, entretanto já neste ano a demanda estava bem próxima do limite de capacidade (“Feriado de aeroportos lotados. E Infraero fala em situação ‘atípica’”, 2010).

2.2 O Aeroporto de Congonhas

O Aeroporto de Congonhas está situado a 10,7 km do centro de São Paulo, na zona sul da cidade, e ainda hoje é controlado pela Infraero. Ele foi inaugurado em meados dos anos 30, numa área então descampada e livre. Com o passar dos anos, foi envolvido pela cidade, tornando-se um aeroporto central, com registros de ter sido o mais movimentado do país entre 1990 e 2006.

Em julho de 2007, porém, uma enorme tragédia alterou o cenário do aeroporto. Uma aeronave Airbus A320 da TAM teve problemas durante o pouso e colidiu com o prédio da TAM Express e com um posto de gasolina da Shell, que ficavam no lado oposto da avenida Washington Luís, de frente para o aeroporto. Todos os passageiros e tripulantes do voo morreram no acidente, além de outras 12 pessoas que circulavam no local.

Desde o ocorrido, vários vôos foram transferidos para outros aeroportos. Congonhas, que já havia tido outros acidentes, nesse momento sofreu ações regulatórias as quais diminuíram sua capacidade de tráfego aéreo.

Após o ocorrido, a ANAC restringiu as operações em Congonhas criando regras de perímetro mais rígidas, o que diminuiu a capacidade horária, e proibiu a instalação de hub. Diante disso as companhias se viram obrigadas a transferir seus voos para o Aeroporto de Guarulhos, que desde então ganhou a posição de mais movimentado do país, deixando Congonhas com a segunda colocação (“Conheça os 7 aeroportos brasileiros de maior movimento aéreo em 2015 - Blog Sobrevoos”, 2016).

Porém, ainda hoje o aeroporto opera no limite de sua capacidade, comportando 536 vôos comerciais diários, ou seja, uma média de um pouso ou decolagem a cada 2 minutos, durante o seu horário de funcionamento, no período de 6:00 a 23:00. Em 2015, o aeroporto movimentou um total aproximado de 19 milhões de passageiros.

O aeroporto de Congonhas abriga, devido à importância econômica da ligação, a rota mais densa do país, a ponte aérea Congonhas-Santos Dumond, que forma, juntamente com Porto Alegre e Brasília, os três principais destinos do aeroporto (GERENCIAMENTO, [s.d.]).

Segundo Oliveira (2010a), o passageiro típico dessa ligação é o viajante por motivos de negócios, que, de acordo com Salgado (2009), representa cerca de 70% da demanda por transporte aéreo no Brasil; vale ressaltar que este nincho de clientes é bem mais sensível a horários e frequências de voos, e menos sensível a preços. Devido ao perfil atípico dos passageiros, as companhias aéreas costumam oferecer um serviço de bordo diferenciado. Isto,

juntamente com a baixa concorrência no aeroporto, possibilita às empresas aéreas que operam neste aeroporto precificar acima do seu custo marginal. Um estudo desenvolvido pela Mckensey & Company (2010) confirmou a alta lucratividade de Congonhas, comparando seu yield⁷ com os demais aeroportos brasileiros.

O governo Temer, até meados de julho de 2016, cogitava conceder o aeroporto de Congonhas à iniciativa privada. A concessão poderia se dar apenas para a execução (ou seja, o controle acionário ainda seria estatal) ou poderia acontecer nos moldes do aeroporto de Guarulhos, onde a Infraero atualmente detém apenas 49% das ações. O governo acabou abandonando a ideia e não anunciou a concessão em sua lista de prioridades alguns dias após a confirmação do processo de impeachment da presidente Dilma Rousseff (“Temer inclui 13 aeroportos em programa de concessão, mas tira Congonhas da lista”, 2017).

Rolim et al (2016), desenvolvendo um modelo econométrico para demanda de passageiros em rotas de aeroportos recentemente privatizados, observaram um aumento na demanda e atribuíram tal fenômeno à flexibilidade administrativa do setor privado, que poderia incentivar o desenvolvimento de estratégias operacionais nas rotas de companhias aéreas entrantes e incumbentes.

Segundo especialistas no setor, uma eventual privatização do setor aeroportuário pode resolver o problema de investimentos a médio e longo prazo. Mas, independente do regime de concessão, o que o setor aeroportuário precisa é de uma maior flexibilização. Pondo em dúvida se a privatização resolveria o problema do congestionamento (“G1 > Brasil - NOTÍCIAS - ITA: disparidades nos aeroportos revelam erro de gestão”, 2006).

2.3 O Sistema de Slots

Aeroportos “coordenados” são aqueles cujo nível de saturação compromete qualquer um dos componentes aeroportuários críticos, tais como pista, pátio ou terminal, em um determinado período (“Ra2014-0338”, 2014). A ANAC, buscando otimizar o uso da infraestrutura desses aeroportos, organiza a oferta do serviço através da disponibilização de slots, que são horários de chegada ou de partida alocados para o movimento de uma aeronave numa data específica em um aeroporto coordenado. Esta é vista atualmente como a “maneira mais eficiente de organizar o acesso dos diversos competidores a infraestrutura necessária”

⁷ Valor médio pago por passageiro para voar um quilômetro.

(Cravo, 2014) e está consolidada como a prática mais usual mundialmente em aeroportos coordenados.

O sistema de slots é tradicionalmente baseado nos Grandfather Rights, prática na qual a dominância histórica da companhia em um determinado aeroporto acaba por determinar, perante o regulador, a distribuição dos slots. Desta forma, a maioria dos slots é alocado para companhias entrantes e apenas uma pequena fração para as incumbentes⁸. Havendo possibilidade de realocação de slots apenas se for detectado que a empresa concessionária os está subutilizando, prática denominada de use-it-or-lose-it-rule⁹.

Alguns autores como Corolli (2014), questionam a eficiência dos slots, visto que os aeroportos mais congestionados da Europa central e ocidental são completamente coordenados; dos grandfather rights, que implicam em maiores custos às companhias aéreas (Corolli apud Castelli, 2012); e do use-it-or-lose-it-rule, apesar de haver questionamentos sobre aumentar a porcentagem de usos pode levar à perda de concessões por razões imprevisíveis como mal tempo.

De acordo com Oliveira (2010a), distribuir horários de pousos e decolagem em aeroportos congestionados é o equivalente a distribuir direitos de usufruto do poder de mercado às companhias aéreas, com potencial dano para a concorrência no setor.

Assim, os slots podem ser considerados um meio de sustentação do poder econômico da empresa e se tornar equivalentes e ativos das companhias, apesar de não serem sua propriedade. Por exemplo, na aquisição da VARIG pela GOL, esta se beneficiou pela aquisição dos slots pertencentes à VARIG, gerando valorização do preço de venda da companhia. Na Europa, inclusive, é permitida a transferência ou venda de slots entre as empresas desde que haja autorização do aeroporto (Cravo, 2014).

2.4 Os Slots em Congonhas

A alta demanda pelo uso do Aeroporto de Congonhas e suas limitações operacionais de horário, de pista e pátio e de tráfego geraram a necessidade de coordenar, ou seja, criar slots para uso das companhias aéreas desde 1996. Entretanto, apenas em 2006, através da resolução nº 2 de 03/07/2006 da ANAC, os slots foram oficialmente criados, dentre outras motivações,

⁸ No caso de Congonhas, a resolução que consolidou a distribuição dos slots distribuiu-os 80% para incumbentes e 20% para entrantes.

⁹ No caso de Congonhas, a resolução que consolidou a distribuição de slots caracterizou como subutilização a não implantação do serviço em um prazo de 30 dias ou a uma regularidade menor que 80% em um período de 90 dias consecutivos.

para formalização da venda dos até então pertencentes à VARIG para a GOL, consolidando o grandfather rights em Congonhas (SILVA, 2010)

Atualmente Congonhas é considerado o único aeroporto brasileiro totalmente coordenado, visto que alguns outros aeroportos, como Guarulhos por exemplo, apresentam restrições no horário de pico. A estratégia de slots foi também implantada temporária e experimentalmente em uma maior quantidade de aeroportos durante eventos nos quais se esperava grande demanda de transporte aéreo, como durante a Conferência Rio +20 (2012), Copa das Confederações e Jornada Mundial Juventude (2013). Tal experiência foi considerada um sucesso segundo a ANAC, que aplicou o modelo em maior escala durante a Copa do Mundo de 2014 (CRAVO, 2014).

Após a resolução nº 2, foram implementadas as resoluções nº 336 e nº 338 (“Ra2014-0336”, 2014, “Ra2014-0338”, 2014), a Tabela 1 mostra a evolução da regulamentação.

Tabela 1 - Histórico de resoluções que regulamentam os slots em Congonhas. Fonte: Tabela elaborada pelo autor (2017).

Documento	Data	Critério de regularidade	Critério de pontualidade	Slots reservados para entrantes
Resolução nº 2	03/07/2006	80% (*)	80% (*)	20%
Resolução nº 336	09/07/2014	90% (**)	80% (**)	80%
Resolução nº 338	22/07/2014	90% (**)	80% (**)	50%
Decisão nº 96	10/08/2016	90% (**)	80% (**)	50%

(*) No conjunto de suas operações aéreas a concessionária deve obter cumulativamente regularidade e pontualidade trimestral igual ou superior a 80%.

(**) Na utilização das séries de slots deve ser observado mínimo de 90% de regularidade e 80% de pontualidade. Séries de slots são o conjunto de slots alocados para a mesma empresa de transporte aéreo em semanas consecutivas, no mesmo dia da semana, na mesma hora ou com variação de até quinze minutos entre os horários alocados.

A mudança do critério de pontualidade entre 2006 e 2014 foi motivo de discussão nacional. Houve um forte lobby das grandes empresas aéreas contra o novo critério de pontualidade e o novo critério da regularidade, considerado demasiado elevado (“Novas regras de distribuição de vagas para pouso e decolagem atrasam - 05/09/2014 - Mercado - Folha de S.Paulo”, 2014).

Recentemente, duas importantes restrições nas operações de Congonhas foram abolidas. Foi autorizado o uso do aeroporto por aeronaves com menos de 90 assentos (“CONAC RESOLUÇÃO n. 003/2014”, 2014)¹⁰ e voos que cumprem etapas maiores de 1500 km agora podem decolar/pousar em Congonhas (“G1 - Congonhas voltará a ter voos para todo o país após 9 anos - notícias em São Paulo”, 2016).

A ausência de limite de assento permite que companhias aéreas possam operar aeronaves menores com voos conseqüentemente mais cheios. Essa medida pode ajudar as companhias aéreas a reduzirem seus custos operacionais em Congonhas, que já são elevados comparados a outros aeroportos. A Azul deve ser especialmente beneficiada, pois já possui muitas aeronaves ATR com cerca de 70 assentos.

Em 2014, o governo federal, que não admitia a pouca participação de empresas de menor porte no aeroporto de Congonhas (“Slots redistribuídos · AERO Magazine”, 2015), pressionou a agência reguladora para que houvesse uma ampliação na quantidade de slots, distribuindo os novos entre a Azul e Avianca conforme ilustra a Tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição dos slots em Congonhas. Fonte: Aeromagazine 13/12/2014.

Companhia	Antes da Resolução nº 336		Após a Resolução nº 336	
	Slots	Porcentagem	Slots	Porcentagem
TAM	234	48 %	234	44 %
Gol	236	47 %	236	44 %
Avianca	24	5 %	40	7 %
Azul	0	0 %	26	5 %
Total	494	100 %	536	100 %

Desde a resolução 336, apenas cinco novos slots foram redistribuídos em 2016, conforme ilustra a Tabela 3.

Tabela 3 – Distribuição dos slots em Congonhas em 2016. Fonte: (“Ra2014-0386”, 2016).

Companhia	Distribuição de slots em 2016	
	Slots	Porcentagem

¹⁰ Resolução nº 003/2014 do Conselho Nacional de Aviação Civil (CONAC).

Companhia	Distribuição de slots em 2016	
	Slots	Porcentagem
Latam/Tam	236	44 %
Gol	238	44 %
Avianca	41	7 %
Azul	26	5 %
Total	541	100 %

3 REVISÃO DE LITERATURA

Por ser um tema de muito interesse ao mercado, considerando que pode favorecer a melhoria da qualidade de serviços, vários autores estudam os determinantes de atrasos e cancelamentos de voos, entretanto pouco tem sido produzido em relação a essa questão em aeroportos controlados por slots. Esse é um problema que causa muito transtorno aos passageiros e para as companhias aéreas, que muitas vezes tem que bancar os custos decorrentes.

Forbes (2008), em um estudo no aeroporto LaGuardia em Nova York, descobriu que os impactos nas tarifas aéreas devido aos atrasos são maiores em rotas mais competitivas, além de estimar em US\$ 1.05 (deflacionado para 2000) a queda na disponibilidade do consumidor em pagar pela passagem a cada minuto de atraso.

Bilotach (2012) estimou que um minuto de atraso devido a mal tempo ocasiona uma queda entre US\$ 4,46 e US\$ 6,65 no preço médio da passagem aérea, enquanto um minuto de atraso ocasionado pela companhia aérea resulta num decréscimo de US\$ 2,70 a US\$ 5,13.

FAA calculou em aproximadamente 8 bilhões de dólares por ano o custo das companhias aéreas com atrasos na aviação comercial (“Flight delays are costing airlines serious money”, 2014).

Além dos custos por perda de mercado, a empresa aérea tem que arcar com despesas extras geradas por maior consumo de combustível, maior frequência de manutenção de aeronaves, aumento dos custos com funcionários e acomodação de passageiros (HOLLOWAY, 2008). Recentemente, no Brasil, a TMA-SP, que abriga os aeroportos de Guarulhos, Congonhas e Viracopos, é a que mais tem sofrido com os transtornos causados pelo congestionamento e nestas condições Santana (2006) estimou o custo médio de atraso por hora em US\$ 2.122,99.

Quando se fala em atrasos e cancelamentos, problemas imprevisíveis como condição climática inadequada e panes em aeronaves ou interrupções no aeroporto costumam ser as causas mais intuitivas. Chuva intensa, por exemplo, pode prejudicar a visibilidade do piloto e criar uma lâmina de água na pista impedindo pousos e decolagens; calor excessivo também é outro fator que pode inviabilizar pousos e decolagens, visto que o desempenho da aeronave é prejudicado e a pista pode não ser adequada para o pouso nessas condições. No entanto, a literatura tem atentado cada vez mais para fatores concorrenciais que afetam a pontualidade e regularidade dos voos.

Rupp (2005) mostrou que cancelamentos eram menos prováveis em quintas, sextas e domingos, sugerindo que estes eventos não são aleatórios. Por consequência, ele os divide em estocásticos, cuja natureza é aleatória e está fora do controle da companhia como pane em aeronaves e mau tempo; e estratégicos, aqueles que ocorrem por razões econômicas.

Rupp e Homes (2006) encontraram evidências que cancelamentos estratégicos são usados para minimizar o incômodo aos passageiros. Assim as companhias costumam evitar o cancelamento de voos cheios, rotas com baixa frequência diária e o último voo do dia. O estudo concluiu também que aviões mais cheios demoram mais tempo para serem carregados, ocasionando atrasos mais frequentes.

Condições de trabalho também podem afetar a pontualidade e regularidade dos voos, Lee e Rupp (2007) identificaram evidências que no período imediatamente posterior à redução de salário dos pilotos houve uma menor produtividade, refletida em mais frequentes e mais longos atrasos. Entretanto essa queda de eficiência demonstrou ser de curto prazo, visto que a performance dos pilotos voltava ao normal de duas a quatro semanas após o corte salarial.

O Brasil apresenta exemplos evidentes do impacto das condições de trabalho na pontualidade e regularidade dos voos: a colisão entre um Boeing da Gol e um jato Legacy desencadeou em 2006 uma crise no setor aéreo, na qual os controladores de voo queixaram-se a respeito da sobrecarga e das condições de trabalho, causando a interrupção de mais de um terço dos voos no período (Bendinelli et al, 2016).

Santos e Robin (2010), em um estudo dos determinantes de atrasos em aeroportos europeus, listaram concentração de mercado, coordenação de slots, companhias aéreas hub e aeroportos hub como as principais causas de atrasos.

Segundo os autores, hubs tendem a gerar mais congestionamentos nos aeroportos, pois as trocas de aeronaves necessitam de uma logística mais complexa para que se encaminhem as bagagens e passageiros ao local adequado, gerando maior possibilidade de erro e atrasos, levando ao congestionamento do aeroporto.

Santos e Robin (2010) quantificaram os hubs conforme o número de destinos que o aeroporto serve:

- 0-14 destinos: Não hub;
- 15-44 destinos: pequeno hub;
- 45-69 destinos: médio hub;
- 70 ou mais destinos: grande hub;

Ainda em conformidade com os autores ora mencionadas, o sistema de hub pode levar a panes na infraestrutura aeroportuária como a que ocorreu no apagão aéreo brasileiro entre 2006 e 2007. Também afirmam que os atrasos são menos frequentes em hubs médios que em grandes e pequenos, sugerindo que os pequenos hubs se sobrecarregam durante o período de pico.

Além disso, esse sistema leva a uma grande concentração de passageiros nos maiores aeroportos; por exemplo, os dez principais do Brasil (Congonhas, Brasília, Santos Dumont, Galeão, Guarulhos, Salvador, Curitiba, Porto Alegre, Confins e Recife) possuíam cerca de 63% do tráfego aéreo doméstico em 2007, enquanto apenas Congonhas e Brasília concentravam quase 30% (SILVA, 2010). Essa alta concentração em alguns aeroportos centrais pode comprometer a pontualidade de voos em todo o país.

Nos Estados Unidos, por exemplo, um estudo mostrou que em média 40% dos atrasos no sistema aéreo americano são originados na região metropolitana de Nova York (FLEMING, 2008).

Concentração nos aeroportos é outro fator que tende a influenciar na frequência e magnitude de atrasos e cancelamentos. Conforme sugere relatório da FAA (“Cogestion and Delay Reduction at Chicago O’Hare International Airport”, 2005), em aeroportos com pouca concorrência tende a ser mais frequente esse tipo de problema, consoante boa parte da literatura demonstra pelo princípio da competição-qualidade, dentre eles Mayer e Sinai (2003) que mostraram uma relação negativa entre atrasos e concentração nos aeroportos dos Estados Unidos.

Bandinelli et al (2016) além de observarem este efeito nos aeroportos brasileiros, verificaram uma redução na internalização do congestionamento. Os autores também observaram que a entrada de uma low cost na rota provoca uma melhoria na pontualidade e na internalização do congestionamento.

Mayer e Sinai (2003) observaram que hubs, devido à complexidade do sistema de trocas de aeronaves, tendem a apresentar mais atrasos, no entanto são propensos a menos cancelamentos, visto que um cancelamento em um hub impacta voos em outras localidades. Também é constatado por Greenfield (2014), Bandinelli et al (2016) e Mayer e Sinai (2003) que rotas mais competitivas tendem a ser mais pontuais, conforme com o princípio da competição-qualidade.

GAO (2012) encontrou, em um estudo nos aeroportos americanos, diversos indícios de subutilização de slots, observando que boa parte deles não eram utilizados de maneira a

aproveitar a máxima capacidade do aeroporto. Três foram as principais formas de subutilização de slots:

- Alguns deles estão desalocados, por não interessarem economicamente nenhuma companhia aérea, provavelmente em virtude dos horários pouco atrativos;
- As companhias não agendam voos em todos os slots que possuem;
- As companhias cancelam alguns dos voos alocados;

Além das formas referidas acima, pode-se observar voos mais frequentes com menor fator de carga e menores aeronaves, resultado também constatado por Fukui (2012).

Rupp (2006) também encontrou evidências de que cancelamentos são mais frequentes em aeroportos controlados por slots, resultado que ocorre provavelmente devido ao use-it-or-lose-it rule. Os atrasos, por outro lado, tendem a ser menos intensos. O autor afirma que, em alguns casos, atrasos e cancelamentos podem ser vistos como mercadorias substitutas, nas quais a companhia aérea pode cancelar voos para evitar mais atrasos e, em outros casos, como mercadorias complementares, onde eles necessariamente ocorrem simultaneamente, não podendo ser atenuadas.

Rupp (2005) já havia documentado fortes indícios da existência de tradeoff entre essas variáveis, tratando-as, diferente da abordagem da literatura até o momento, como eventos dependentes. Ele modelou a endogenia¹¹ dessas variáveis por meio de um modelo nested-logit que apresentou grandes diferenças de especificação em relação ao modelo logit.

Greenfield (2014), diferente da abordagem até então apresentada na literatura, tratou endogenamente as variáveis de qualidade de serviço e estrutura de mercado, encontrando que o efeito da competição na pontualidade dos voos é três vezes maior que o defendido previamente pela literatura. Segundo o autor, a assunção de que essas variáveis são exógenas é irreal, visto que qualidade do serviço afeta a demanda e Market share (portanto a estrutura do mercado), ao passo que, buscando maximizar o lucro das companhias, também é função da demanda e fatores de custo (que afetam a estrutura de mercado).

A literatura então tem caminhado para um consenso entre as principais causas de atrasos e cancelamentos mesmo havendo diferenças nos sistemas de transporte aéreo ao redor do mundo. Devido à maior capacidade computacional disponível atualmente, bem como ao aprimoramento dos bancos de dados, a tendência é a utilização painel de dados voo a voo,

¹¹ Endogenia ocorre quando um dos regressores do modelo é correlacionado com o erro, podendo gerar viés na estimação dos parâmetros e

também o tratamento endógeno de uma maior quantidade de variáveis, tornando os modelos mais precisos e coerentes.

No entanto, pouco tem sido abordado sobre o impacto de ações específicas em atrasos e cancelamentos, como por exemplo, o efeito de um aumento na taxa mínima de utilização slots nos atrasos e cancelamentos, ou mesmo o efeito de uma restrição de perímetro no problema. Esta pesquisa, portanto, buscará preencher essa lacuna existente na literatura.

4 Desenvolvimento do Modelo Econométrico

4.1 Descrição dos Dados

A base de dados consiste em um painel de 209 rotas no Brasil entre janeiro de 2002 e dezembro de 2013, sendo a mesma utilizada por Bendinelli et al (2016). As rotas analisadas são apenas entre as 26 capitais dos estados e a capital do Brasil. A maioria dos dados utilizados nessa pesquisa estão disponíveis publicamente no website da ANAC¹².

ANAC é responsável por monitorar a pontualidade e regularidade de todos os voos domésticos programados operados por companhias aéreas no Brasil. Informações detalhadas sobre todos os voos podem ser encontradas na base de dados online Voo Regular Ativo (VRA). Esta base contém informações sobre a companhia aérea, aeroporto, número do voo, horários de chegada e partida, desde 2000. A base também enumera justificativas para o caso de atrasos e cancelamentos. No entanto, uma deficiência dessa base de dados é a utilização de apenas uma justificativa para o problema, sendo registrada apenas uma causa, mesmo em caso de atrasos ou cancelamento com múltiplas causas. Neste trabalho, considerou-se atraso quando um dado voo chega pelo menos 15 minutos além do estabelecido no cronograma, conforme padrão do Bureau of Transportation Statistics (BTS) do U.S Department of Transportation (DOT), utilizado em boa parte da literatura.

A base de dados original continha informações de mais de 10 milhões de voos coletados dos relatórios da ANAC. Contudo, a análise se restringiu ao subconjunto de voos marcados pelas full-services: TAM, Varig, Transbrasil e Vasp; e pelas low costs: GOL e Azul. Os dados foram então agregados em bases mensais. Informações socioeconômicas foram obtidas através Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Banco Central do Brasil (BCB).

4.2 Modelo Conceitual

Atrasos e cancelamentos podem ter origem no aeroporto, na companhia aérea ou na área de controle do espaço aéreo (ATC – Air Traffic Control); estes três agentes interagem entre si de maneira totalmente dependente e qualquer deficiência em um dos três pode causar pane nos demais.

¹² Considerou-se no conjunto city-pair os Aeroportos de Guarulhos e Viracopos pertencentes à região de São Paulo. Bem como Confins, pertencente à cidade de Belo Horizonte.

Estes fatores são afetados exogenamente por más condições de trabalho (LEE; RUPP, 2007), acidentes e incidentes, que podem ser causados por mal tempo, e questões de legislação. Condições de mercado também podem interferir na qualidade do serviço oferecido por companhias aéreas, mas de maneira endógena (GREENFIELD, 2014).

Assim como Rupp (2005), o presente modelo conceitual aborda atrasos e cancelamentos endogenamente. Por fim, serão testadas as seguintes hipóteses:

H₁ (subutilização de aeroportos controlados por slots através de cancelamentos): A regulamentação de slots encoraja as companhias aéreas a cancelarem voos.

H₂: Regulações que diminuem a capacidade do aeroporto encorajam as companhias aéreas a cancelar voos.

H₃ (eficiência dos slots): Aeroportos controlados por slots são mais pontuais.

Por fim, as hipóteses são ilustradas na Figura 4 em modelo conceitual baseado no modelo de Bendinelli et al (2016):

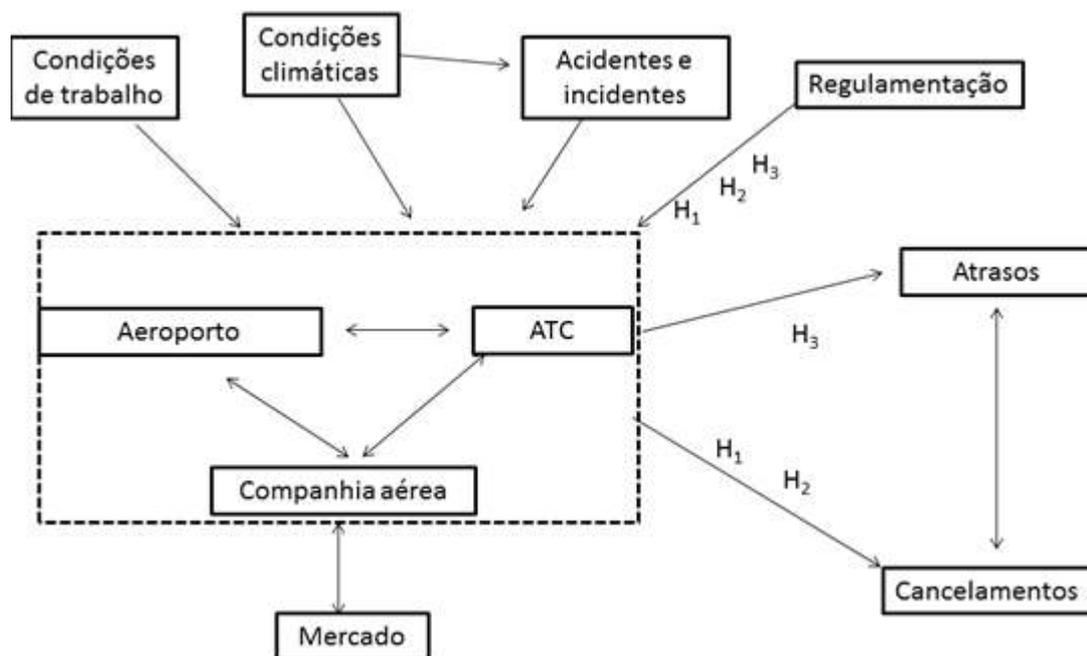


Figura 4 - Ilustração do modelo conceitual do problema. Fonte: Autor (2016).

4.3 Modelo Empírico

A Equação 1 representa o modelo empírico para atrasos e cancelamentos nos aeroportos brasileiros:

$$\begin{aligned}
ODDS_{kt}^{a,c} = & \beta_0 ODDS_{kt}^{c,a} \\
& + \beta_1 \max city prop disrupt_{kt} + \beta_2 prop flights with bad weather_{kt}^{a,c} \\
& + \beta_3 prop flights with incidents_{kt}^{a,c} + \beta_4 codeshare majors_{kt} \\
& + \beta_5 LCC presence_{kt} + \beta_6 \max city LCC pres_{kt} + \beta_7 daily flights_{kt} \\
& + \beta_8 daily flights slots_{kt} + \beta_9 route slot HHI_{kt} \\
& + \beta_{10} route slot HHI x reg_{kt} + \beta_{11} route HHI_{kt} \\
& + \beta_{12} \max city HHI_{kt} + \beta_{13} pax per flight_{kt} + \beta_{14} small hub_{kt} \\
& + \beta_{15} medium hub_{kt} + \beta_{16} large hub_{kt} + \gamma_t + \gamma_k + u_{kt}
\end{aligned}$$

1

Em que (a, c) se refere a atrasos ou cancelamentos, as variáveis são dadas por:

- $ODDS_{kt}^{a,c} = \ln[prop a, c flights_{kt}/(1 - prop a, c flights_{kt})]$ $ODDS_{kti} = \ln[propiflights_{kt}/(1-propiflights_{kt})]$, onde $prop a, c flights_{kt}$ $propiflights_{kt}$ é a proporção de voos atrasados ou cancelados na origem destino k no período t das empresas FSC. Fonte: ANAC.
- $\max city prop disrupt_{kt}$ $\max citypropdisrupt_{kt}$ é máxima proporção entre a origem e destino k de haver cancelamento ou atraso no período t. Fonte: ANAC.
- $prop flights with bad weather_{kt}^{a,c}$ $propflightswithbadweather_{kti}$ é a proporção de voos cancelados ou atrasados por motivos de mal tempo na origem-destino k e período t. Fonte: ANAC.
- $prop flights with incidents_{kt}^{a,c}$ $propflightswithincidents_{kti}$ é a proporção de voos cancelados ou atrasados por motivos de problema técnico tanto na aeronave quanto no aeroporto na origem-destino k e período t. Fonte: ANAC.
- $codeshare majors$ é uma dummy que descreve as origem-destinos e período no qual as duas principais companhias TAM e Varig operaram em codeshare entre 2003 e 2005. Fonte: Secretaria de Acompanhamento Econômico do Ministério da Fazenda.
- $LCC presence_{kt}$ é uma dummy indicativa da presença das linhas aéreas Low Cost Gol e Azul na origem-destino k no período t. Fonte: ANAC.
- $\max city LCC pres_{kt}$ é uma dummy indicativa da presença das linhas aéreas Low Cost Gol ou Azul na origem ou no destino de k e período t. Fonte: ANAC.
- $daily flights_{kt}$ é a média diária de voos na origem-destino k e período t. Fonte: ANAC.

- $daily\ flights\ slots_{kt}$ é a média diária de voos que operam por slots na origem-destino k e período t. Fonte: ANAC.
- $slotres_{kt}$ dummy de restrição de slots em Congonhas após o acidente da TAM na origem-destino k e período t, após este acidente houve regulação de conexões e regra do perímetro em Congonhas. Fonte: ANAC.
- $route\ slot\ HHI\ x\ reg_{kt}$ Concentração, medida pelo HHI (Herfindahl-Hirschman Index), apenas das rotas indicadas pela dummy $slotres_{kt}$. Fonte: ANAC.
- $route\ HHI_{kt}$ é a concentração, medida pelo HHI (Herfindahl-Hirschman Index), da rota k, no período t. Fonte: ANAC.
- $max\ city\ HHI_{kt}$ é o máximo HHI (Herfindahl-Hirschman Index) da concentração de receitas entre a origem e o destino da rota k, no período t. Ou seja, é uma proxy da concentração no aeroporto. Fonte: ANAC.
- $pax\ per\ flight_{kt}$ é o número médio de passageiros na rota k e período t. Fonte: ANAC.
- $small\ hub_{kt}$ dummy usada para indicar quando o aeroporto com maior número de destinos da rota k possui, no período t, possui de 15 a 44 destinos. Fonte: ANAC.
- $\beta_0, \dots, \beta_{15}$ são parâmetros desconhecidos a serem estimados.
- γ_k e γ_t são, respectivamente, os efeitos fixos de rota e tempo.
- u_{kt} é o termo de erro.

A seguir são mostradas algumas estatísticas sobre atrasos e cancelamentos:

Tabela 4 – Estatísticas de algumas variáveis. Fonte: autor (2016).

Variável	N	Média	SD	Min	Max
prop del flights bad weather	19590	0.17	0.13	0.00	0.96
prop del flights incidents	19590	0.05	0.05	0.00	0.74
prop can flights bad weather	19590	0.01	0.02	0.00	0.39
prop can flights incidents	19590	0.06	0.08	0.00	0.87

4.4 Estratégia de Estimação

Poupou-se o trabalho de testar a presença de heteroscedasticidade¹³ e autocorrelação¹⁴ na base de dados, visto que os estimadores utilizados na construção do modelo são consistentes à presença dessas anomalias.

Para avaliar a multicolinearidade¹⁵, realizou-se o teste VIF (Variation Inflation Factor) considerando o critério citado por Wooldridge (2013, p. 98), o qual se detecta a multicolinearidade para uma variável que apresenta VIF maior ou igual a 10. Assim, detectou-se multicolinearidade em algumas variáveis, não sendo possível estimar o efeito *ceteris paribus* para elas.

Com respeito à endogeneidade de alguns regressores, foi encontrado de maneira consistente com o modelo conceitual apresentado, que as variáveis de estrutura de mercado são endogenamente determinadas e, portanto, correlacionadas com o erro. O procedimento foi consistente com Greenfield (2014). A endogeneidade das variáveis Route HHI e max city HHI foi tratada com o emprego de estimadores de variáveis instrumentais, no caso o 2SGMM (Two-Step Generalized Method of Moment) e 2SLS-HAC (Two-Stage Least Square – Heteroscedasticity and Autocorrelation Consistent). Considerou-se também a estimação por efeitos fixos a fim de controlar as variáveis não observáveis da rota e do tempo. Analisou-se ainda o efeito da negligência da endogeneidade utilizando o estimador de Mínimos Quadrados Ordinários (OLS).

A estratégia de identificação considera instrumentos do tipo de Hausman¹⁶ para as variáveis Route HHI e Max City HHI, visto que representam estrutura de mercado e devem ser consideradas endógenas conforme Greenfield (2014). Importante salientar que Route slot HHI, apesar de representar uma estrutura de mercado, é exogenamente determinada, já que as rotas slotadas são fixadas por um agente regulador de modo que elas não sofrem com os efeitos dos fatores de mercado.

Com este tipo de instrumento, foram utilizados níveis de concentração de outras rotas diferentes da rota a ser instrumentada. O uso do instrumento de Hausman permite explorar a estrutura de painel de dados por assumir que os níveis de concentração são correlacionados através do mercado, mas são independentes uns dos outros a eventos exógenos não observáveis. Desta maneira, considera-se que, apesar destes eventos existirem, eles não

¹³ Fenômeno estatístico que ocorre quando a variância do erro do modelo de regressão não é constante para todas as observações.

¹⁴ Autocorrelação é o fenômeno no qual existe correlação entre integrantes de séries de observações ordenadas no tempo.

¹⁵ Fenômeno comum em modelos de regressões no qual as variáveis independentes possuem relações lineares exatas ou aproximadamente exatas.

¹⁶ Ver Hausman (1996).

afetam rotas geograficamente distintas. Tal assunção torna-se mais realista à medida que as rotas se distanciam e sendo assim cidades próximas não são utilizadas para a instrumentação; por outro lado, cidades demasiadamente distantes também não são utilizadas para a instrumentação, já que se espera que elas não estejam correlacionadas através do mercado. Empregou-se, finalmente, três limites de corte, 150, 300 e 500 quilômetros, para produzir instrumentos alternativos e verificar suas relevâncias e validade.

A variável *pax per flight* é considerada endógena no modelo, pois é correlacionada com fatores não observáveis no modelo tais como horários de pico, por exemplo. Para sua instrumentação consideraram-se instrumentos alternativos gerados pelos GDP (Gross Domestic Product) e números de voos diários nas cidades da rota, ou em cidades próximas de maneira similar a um instrumento de Hausman.

Para tratar a endogenia entre atrasos e cancelamentos conforme Rupp (2005), foram considerados instrumentos alternativos gerados pelo número de voos diários nas cidades da rota ou em cidades próximas de maneira similar a um instrumento de Hausman.

Em relação aos testes de qualidade dos instrumentos, no intuito de checar a ortogonalidade utilizou-se o teste J de Hansen, rejeitando a hipótese nula a um nível de significância de 25%. Como teste da relevância dos instrumentos, foi empregado o teste de Kleiberg-Paap, refutando a hipótese nula a um nível de significância de 10%. E, por fim, utilizou-se o valor da estatística F do teste de Cragg-Donalds e Kleinbergen-Paap a fim de rejeitar a hipótese de instrumentos fracos para ambos os modelos. Os resultados de todos esses testes são apresentados na seção 4.5

4.5 Resultados e Discussões

A Tabela 5 apresenta o resultado das estimações usando o estimador 2SGMM para os modelos de atrasos e cancelamentos, considerando ou não a endogenia entre atrasos e cancelamentos.

Tabela 5 - Resultado das estimações usando o estimador 2SGMM. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

	(1)	(2)	(3)	(4)
	ODDS DEL	ODDS DEL	ODDS CAN	ODDS DEL
Max city pr disrupt	1.4072***	3.0672***	2.0175***	1.3639
Prop flights with bad weather	4.6913***	3.8432***	13.3834***	12.904
Prop flights with incidents	3.9482***	3.3038***	7.9724***	8.1085
Pax per flight (endog.)		7.4141***		-1.9721
Daily flights	0.0105***	0.0182***	-0.0052*	-0.0033
Daily flights slots	0.0017	0.0044**	-0.0043***	-0.0046
Small hub		-0.0016		0.1331
Medium hub		0.2275***		-0.2918
Large hub		0.2422**		-0.4509
Codeshare majors	-0.0563	0.0112	-0.0868	-0.0515
LCC presence	0.2229	0.0727	-0.2529**	-0.2819
Max city LCC pres	-0.3684**	-0.2238	-0.1877	0.1628
Route HHI (endog.)	2.4779***	1.9206***	-3.0784***	-3.9031
Max city HHI (endog.)	-1.8865***	-2.0772***	2.0555***	4.1222
Route slot HHI	-0.0715	0.1089	0.3144***	0.2619
Route slot HHI x reg	0.0307	-0.0223	-0.2661***	-0.2340
ODDS CAN (endog.)		-0.2380*		
ODDS DEL (endog.)				0.7250
Efeito fixo na rota	sim	sim	sim	sim
Efeito fixo no tempo	sim	sim	sim	sim
R-quadrado ajustado	0.5476	0.4016	0.5579	0.3637
Estat. RMSE	0.6188	0.6900	0.8079	0.9690
Estat. KP sobreidentificada	37.1805	29.5643	104.9409	72.494
Estat. teste fraca ident CD	23.0548	8.5780	60.5816	14.846
Estat. teste fraca ident KP	9.4107	5.8369	37.1148	10.725
Estat. testeJ	1.2975	0.2263	0.4416	3.2754
Nr observações	19412	14674	14680	14674

O modelo mostrou-se muito elástico às variáveis *prop flighths with bad weather* e *prop flighths with incidents*, que podem ser consideradas variáveis de geração do problema, visto que mal tempo e problemas técnicos são indispensáveis em um modelo de atraso e cancelamento.

A elasticidade positiva da variável *max city prop disrupt* mostra que as cidades com grande quantidade de atrasos e cancelamentos são as mais sensíveis a problemas do tipo supra referido, pode-se atribuir este fenômeno ao fato de os aeroportos já estarem operando próximo à sua capacidade.

Não foi possível identificar um efeito de melhoria no serviço prestado aos passageiros após o *codeshare* entre TAM e Varig, pois a variável *codeshare majors* não se mostrou estatisticamente significativa em nenhum dos modelos.

As variáveis *daily flighths* e *daily flights slots* (no modelo 2) apresentaram elasticidade positiva para atrasos, sugerindo que uma maior quantidade de voos tende a gerar mais atrasos por sobrecarga no sistema aéreo. No entanto, apenas *daily flighths slots* mostrou-se negativa e estatisticamente significativa para cancelamentos, pois se há um acréscimo na quantidade de voos é decorrente de um aumento da demanda e o cancelamento levaria a prejuízos de perda de oportunidade ou custos de realocação.

Assim como Mayer e Sinai (2003) e Bendinelli et al (2016), foi encontrado indício de que a entrada de um LCC no aeroporto encoraja as companhias aéreas incumbentes a internalizar o congestionamento no aeroporto conforme mostra a elasticidade negativa da variável *max city LCC* no modelo (1). Nenhum efeito foi observado dessa variável na quantidade de cancelamentos.

A variável *LCC presence* apresentou elasticidade negativa para cancelamentos, indicando que a entrada de uma LCC em uma rota incentiva a regularidade dos voos de acordo com o princípio da competição-qualidade.

Confirmou-se, através da elasticidade positiva no modelo de cancelamento da variável *route slot HHI*, a hipótese H_1 , no entanto não foi observado impacto nos atrasos, não se confirmando H_3 . A variável *route slot HHI x reg* não indicou significância estatística para atrasos, porém revelou elasticidade negativa para cancelamento. Assim, a hipótese H_2 foi confirmada.

A variável *route HHI* mostrou-se muito elástica, com elasticidade positiva para atrasos, confirmando o princípio da competição-qualidade no qual observamos que rotas mais concentradas estão sujeitas a maiores taxas de atrasos - por Greenfield (2014), Mayer e Sinai (2003), Santos e Robin (2012) e Bendinelli et al (2016), e negativa para cancelamentos.

A variável max city HHI apontou elasticidade negativa para atrasos, confirmando que aeroportos concentrados tendem a possuir menos atrasos (Mayer e Sinai, 2003); e elasticidade positiva para cancelamentos. De fato, a companhia aérea tende a dispor mais esforços para evitar atrasos e cancelamentos em um aeroporto que ela tem grande dominância, pois eles impactariam outros voos da própria companhia.

Observa-se que as duas últimas variáveis apresentam sinais trocados quando se compara o modelo de atrasos e cancelamentos, fato este que sugere a existência de um tradeoff entre atrasos e cancelamentos, conforme Rupp (2005). Tal fenômeno foi melhor investigado pela inclusão da endogenia entre atrasos e cancelamentos nos modelos (2) e (4).

No modelo (2), ficou demonstrado que ODDS CAN possui elasticidade negativa, evidenciando o efeito de mercadorias substitutas (tradeoff) entre atrasos e cancelamentos, já no modelo (4), ODDS DEL possui elasticidade positiva, evidenciando o efeito de mercados complementares. Este efeito havia sido proposto por Rupp (2006) conforme já abordado na seção 3.

As variáveis de hub concordaram com Santos e Robin (2010) e Mayer e Sinai (2003), observando-se que em médios e grandes hubs há uma tendência de maiores taxas de atrasos e menores taxas de cancelamentos. É observado também, pela magnitude da elasticidade dos coeficientes estimados, que esse efeito é mais significativo em hubs grandes do que em médios. A elasticidade positiva de small hub no modelo de cancelamento pode indicar um sobrecarga de pequenos hubs na hora pico.

Pax per flight confirmou a suspeita de que voos com mais passageiros, por ter maior tempo de carregamento e estar mais sujeitos a eventuais problemas com os passageiros, atrasam mais.

4.6 Checks de Robustês

Para análise da robustez dos resultados, foram implementados três checks a fim de verificar a validade e sensibilidade do modelo. Primeiro foram aplicados os estimadores 2SGMM, 2SLS, OLS e LIML. Segundo, suprimiram-se algumas variáveis. E, por fim, houve a introdução de outros conceitos de atrasos, considerando-os além dos 15 minutos na aterrissagem (Arr 15 min), 15 minutos na partida (Dep 15 min) e 30 minutos na aterrissagem (Arr 30 min). As Tabelas são mostradas no Apêndice A – Check de Robustez.

No Apêndice A.1, observa-se que ambos os modelos são robustos a mudança de estimadores, as estimações usando LIML, 2SGMM e 2SLS foram praticamente idênticas, enquanto o uso do estimador OLS mostrou-se inadequado para a modelagem, visto que não leva em conta a endogenia do problema.

No Apêndice A.2, verifica-se que ambos os modelos são robustos a maioria das mudanças de especificações; exceto a variável daily flights no modelo (1) de cancelamentos, todas as mudanças não alteraram os sinais das variáveis e nem sua significância estatística.

No Apêndice A.3, também é possível observar que o modelo é robusto para a maioria dos resultados quando se muda a definição de atrasos do modelo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Síntese

Esta pesquisa desenvolveu um modelo econométrico para atrasos e cancelamentos com o objetivo de analisar se existe subutilização de aeroportos controlados por slots através de cancelamentos, além de investigar a relação entre concorrência, pontualidade e regularidade de voos. Visou também investigar o efeito de regulações que limitam a capacidade do aeroporto exercem a qualidade pontualidade e regularidade de aeroportos controlados por slots.

Os resultados sugerem que rotas cuja origem ou destino envolvem o aeroporto de Congonhas tinham uma tendência maior de serem canceladas se comparado às rotas com origem ou destino nos demais aeroportos, embora esse efeito tenha cessado com as medidas regulatórias de 2007 que reduziram a capacidade do aeroporto.

O estudo confirmou a natureza endógena entre atrasos e cancelamentos, observando que eles podem se comportar como estratégias complementares e substitutas das companhias aéreas, conforme sugerido por Rupp (2006).

Confirmou-se o princípio da competição-qualidade nas rotas, visto que as com menor concorrência evidenciaram maior quantidade de atrasos. Já nos aeroportos, observou-se que aqueles mais concentrados possuem menos atrasos, resultado também observado por Santos e Robin (2010).

Por fim, analisou-se o efeito de hub, quantificado pelo número de destinos do aeroporto, sobre a regularidade e pontualidade dos voos. Os resultados revelaram uma maior tendência de atrasos em maiores hubs, porém houve um menor índice de cancelamentos.

O estudo mostrou que o reforço na restrição da regulação de slots no aeroporto de Congonhas tornou-o menos suscetível aos cancelamentos estratégicos.

5.2 Limitações e Recomendações de Estudos Futuros

Uma limitação do trabalho é que a base de dados contém apenas um aeroporto controlado por slots, desta maneira, pode-se generalizar para aeroportos desse tipo, uma característica específica de Congonhas; uma análise com outros aeroportos controlados por slots poderia ajudar a confirmar os resultados. Outra limitação é o uso de variáveis

dependentes sujeitas à manipulação de cronograma por parte das empresas aéreas, uma vez que elas podem acrescentar um buffer de tempo em seus horários programados de chegada.

Como sugestão de trabalhos futuros, pode-se estudar o efeito da desregulamentação da franquia de bagagens sobre a pontualidade dos voos.

Referências

ATER, I. Internalization of congestion at US hub airports. **Journal of Urban Economics**, v. 72, n. 2, p. 196-209, 2012.

BALL, M. et al. Total delay impact study. In: **NEXTOR Research Symposium, Washington DC**. Disponível em: <http://www.nextor.org>. 2010.

BENDINELLI, W. E.; BETTINI, H. F. A. J.; OLIVEIRA, A. V. M. Airline delays, congestion internalization and non-price spillover effects of low cost carrier entry. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 85, p. 39-52, 2016.

BILOTKACH, V. A Price for Delays: Price-Quality Competition in the US Airline Industry. **University of California**, 2012.

BILOTKACH, V.; LAKEW, P. A. Causes and Effects of Air Traffic Delays: Evidence from Aggregated Data. **Unpublished paper**, 2014.

BREUSCH, T. S.; PAGAN, A. R. A Simple Test for Heteroscedasticity and Random Coefficient Variation. **Econometrica**, v. 47, n. 5, p. 1287-1294, 1979.

CONAC RESOLUÇÃO n. 003/2014. p. 3-6, 2014.

Conheça os 7 aeroportos brasileiros de maior movimento aéreo em 2015 - Blog Sobrevoos. Disponível em: <<https://www.decea.gov.br/blog/?p=515>>. Acesso em: 9 nov. 2017.

COROLLI, L.; LULLI, G.; NTAIMO, L. The time slot allocation problem under uncertain capacity. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v. 46, p. 16-29, 2014.

CRAVO, B. M. A alocação de slots e a concorrência no setor de transporte aéreo. **Journal of Transport Literature**, v. 8, n. 1, p. 159-177, 2014.

CUMBY, R. E.; HUIZINGA, J. Testing the Autocorrelation Structure of Disturbances in Ordinary Least Squares and Instrumental Variables Regressions. **Econometrica**, v. 60, n. 1, p. 185-195, 1992.

Delta says FAA proposal for New York airports could harm consumers - Atlanta Business Chronicle. [s.d.].

Feriado de aeroportos lotados. E Infraero fala em situação “atípica”. 8 jun. 2010.

FLEMING, S. NATIONAL AIRSPACE SYSTEM DOT and FAA Actions Will Likely Have a Limited Effect on Reducing Delays during Summer 2008 Travel Season Highlights. 2008. Flight delays are costing airlines serious money. dez. 2014.

FORBES, S. J. The effect of air traffic delays on airline prices. **International Journal of Industrial Organization**, v. 26, n. 5, p. 1218-1232, 2014.

FUKUI, H. Do carriers abuse the slot system to inhibit airport capacity usage? Evidence from the US experience. **Journal of Air Transport Management**, v. 24, p. 1-6, 2012.

G1 - Congonhas voltará a ter voos para todo o país após 9 anos - notícias em São Paulo. 14 jan. 2016.

G1 > Brasil - NOTÍCIAS - ITA: disparidades nos aeroportos revelam erro de gestão. 15 dez. 2006.

GERENCIAMENTO, C. DE. Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo. [s.d.].

História Aeroportos. Disponível em: <<http://www.ancab.com.br/site/historia-aeroportos.htm#AEROPORTOINTERNACIONALDECONGONHAS>>. Acesso em: 9 nov. 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produto Interno Bruto dos Municípios 2012**. [s.l: s.n.].

GREENFIELD, Daniel. Competition and service quality: New evidence from the airline industry. **Economics of Transportation**, v. 3, n. 1, p. 80-89, 2014.

GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE REPORT. **DOT and FAA Actions Will Likely Have a Limited Effect on Reducing Delays during Summer 2008 Travel Season**. Washington, D.C., 2008.

GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE REPORT. **FAAs Rules Could Be Improved to Enhance Competition and Use of Available Capacity**. Washington, D.C., 2012.

GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE REPORT. **Setting On-time Performance Targets at Congested Airports Could Help Focus FAA's Actions**. Washington, D.C., 2010.

HAUSMAN, J. A. Valuation of new goods under perfect and imperfect competition. In: GORDON, R. J.; BRESNAHAN, T. F. 9Eds.). **The Economics of New Goods**. Chicago, Il: University of Chicago Press, 1996. p. 207-248.

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

LEE, D.; RUPP, N. G. Retracting a gift: How does employee effort respond to wage reductions? **Journal of Labor Economics**, v. 25, n. 4, p. 725-761, 2007.

MADAS, M. A.; ZOGRAFOS, K. G. Airport slot allocation: from instruments to strategies. **Journal of Air Transport Management**, v. 12, n. 2, p. 53-62, 2006.

MAYER, C.; SINAI, T. Network effects, congestion externalities, and air traffic delays: Or why not all delays are evil. **The American Economic Review**, v. 93, n. 4, p. 1194-1215, 2003.

MCKINSEY & COMPANY. **Estudo do Setor de Transporte Aéreo do Brasil: Relatório Consolidado**. Rio de Janeiro, 2010.

Novas regras de distribuição de vagas para pouso e decolagem atrasam - 05/09/2014 - Mercado - Folha de S.Paulo. 5 set. 2014.

OLIVEIRA, A. 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, 2010a.

OLIVEIRA, A. V. M. Acesso a recursos essenciais e poder de mercado: estudo de caso da concessão de slots em aeroportos no Brasil. **Prêmio SEAE de Monografias**, 2007.

OLIVEIRA, A. V. M. A experiência brasileira na desregulamentação do transporte aéreo: um balanço e propositura de diretrizes para novas políticas. **SEAE/MF**, 2007.

OLIVEIRA, A. V. M. Performance dos regulados e eficácia do regulador: uma avaliação das políticas regulatórias do transporte aéreo e dos desafios para o futuro. **Ronaldo Seroa da Motta; Lucia Helena Salgado e Silva. (Org.). Regulação e Concorrência no Brasil: Governança, Incentivos e Eficiência. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, IPEA**, 2007.

OLIVEIRA, A. V. M. Regulação da oferta no transporte aéreo: do comportamento de operadoras em mercados liberalizados aos atritos que emergem da interface público-privado. **Journal of Transport Literature**, v. 1, n. 2, 2010b.

PICARD, P. M.; TAMPIERI, A.; WAN, X. Airport Congestion and Inefficiency in Slot Allocation. 2015.

Ra2014-0336. 2014. Disponível em: http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/resolucoes/resolucoes-2014/resolucao-no-336-de-09-07-2014/@@display-file/arquivo_norma/RA2014-0336.pdf

Ra2014-0338. , 2014. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/resolucoes/resolucoes-2014/resolucao-no-338-de-22-07-2014/@@display-file/arquivo_norma/RA2014-0338.pdf> Ra2014-0386. p. 2016, 2016.

ROLIM, P. S.W.; BETTINI, H. F. A. J.; OLIVEIRA, A. V. M. Estimating the impact of airport privatization on airline demand: a regression-based event study. **Journal of Air Transport Management**, v. 54, p. 31-41, 2016.

RUPP, N. G. Flight delays and cancellations. **Working Paper**, 2005.

RUPP, N. G.; HOLMES, G. M. An investigation into the determinants of flight cancellations. **Economica**, v. 73, n. 292, p. 749-783, 2006.

SALGADO, L. H. Caos aéreo e tragédia dos comuns: falhas de mercado e de governo. 2009.

SANTANA, E. S. M. et al. Análise de custos operacionais e dos atrasos de aeronaves na Área Terminal São Paulo (TMA-SP). **Transportes**, v. 14, n. 1, 2006.

SANTOS, G.; ROBIN, M. Determinants of delays at European airports. **Transportation Research Part B: Methodological**, v. 44, n. 3, p. 392-403, 2010.

SILVA, L. N. et al. O Mercado de “Slots” e a Concessão de Aeroportos à Iniciativa Privada: Caminhos Possíveis para o Setor Aéreo. **Journal of Transport Literature**, v. 4, n. 1, 2010.

Slots redistribuídos · AERO Magazine. mar. 2015.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory Econometrics: A Modern Approach**. 5th. ed. Mason: Cengage Learning, 2013. 912 p.

Apêndice A – Check de Robustez

A.1 Estimadores

Tabela 6 - Check de robustez por troca de estimadores para o modelo de atrasos. Fonte: au

	OLS	LIML	2SLS	2S
Max city pr disrupt	1.4822***	3.0714***	3.0540***	3.06
Prop flights with bad weather	4.9076***	3.8376***	3.8470***	3.84
Prop flights with incidents	4.3015***	3.2921***	3.3027***	3.30
Pax per flight (endog.)	0.1049	7.4881***	7.4543***	7.4
Daily flights	-0.0004	0.0184***	0.0183***	0.0
Daily flights slots	0.0010	0.0045**	0.0045**	0.00
Small hub	-0.0993***	-0.0014	-0.0021	-0.00
Medium hub	0.0103	0.2276***	0.2266***	0.22
Large hub	-0.0247	0.2394**	0.2385**	0.24
Codeshare majors	-0.0086	0.0095	0.0091	0.0
LCC presence	-0.1474***	0.0721	0.0711	0.07
Max city LCC pres	-0.2616*	-0.2240	-0.2253	-0.2
Route HHI (endog.)	-0.2328***	1.9096***	1.9034***	1.92
Max city HHI (endog.)	-0.0614	-2.0711***	-2.0714***	-2.07
Route slot HHI	-0.0802	0.1117	0.1104	0.10
Route slot HHI x reg	0.0806	-0.0241	-0.0235	-0.02
ODDS CAN (endog.)	0.0621***	-0.2392*	-0.2362*	-0.2
Efeito fixo na rota	sim	sim	sim	sim
Efeito fixo no tempo	sim	sim	sim	sim
R-quadrado ajustado	0.6409	0.3995	0.4028	0.40
Estat. RMSE	0.5346	0.6913	0.6894	0.69
Estat. KP sobreidentificada		29.5643	29.5643	29.5
Estat. teste fraca ident CD		8.5780	8.5780	8.57
Estat. teste fraca ident KP		5.8369	5.8369	5.83
Estat. testeJ		0.2251	0.2263	0.22
Nr observações	14674	14674	14674	146

Tabela 7 - Check de robustez por troca de estimadores para o modelo de cancelamento. Fonte

	OLS	LIML	2SLS	2S
Max city pr disrupt	1.5878***	1.2884***	1.3067***	1.3
Prop flights with bad weather	13.4410***	12.8700***	12.8974***	12
Prop flights with incidents	7.9519***	8.1271***	8.1168***	8.1
Pax per flight (endog.)	-0.6603***	-1.9810	-2.0021	-1.9
Daily flights	0.0044**	-0.0037	-0.0035	-0.0
Daily flights slots	-0.0049***	-0.0047**	-0.0047**	-0.0
Small hub	0.1742***	0.1348*	0.1356*	0.1
Medium hub	-0.0709	-0.3094***	-0.3018***	-0.2
Large hub	-0.1849**	-0.4679***	-0.4601***	-0.4
Codeshare majors	-0.1353***	-0.0532	-0.0561	-0.0
LCC presence	0.0727**	-0.2918**	-0.2807**	-0.2
Max city LCC pres	-0.1662	0.1926	0.1786	0.1
Route HHI (endog.)	-0.1477**	-4.0581***	-3.9397***	-3.9
Max city HHI (endog.)	-0.0403	4.3907***	4.2545***	4.1
Route slot HHI	0.2723***	0.2641**	0.2629**	0.2
Route slot HHI x reg	-0.2093**	-0.2343*	-0.2322*	-0.2
ODDS DEL (endog.)	0.0083	0.7969***	0.7625***	0.7
Efeito fixo na rota	sim	sim	sim	sim
Efeito fixo no tempo	sim	sim	sim	sim
R-quadrado ajustado	0.6036	0.3227	0.3444	0.3
Estat. RMSE	0.7648	0.9997	0.9836	0.9
Estat. KP sobreidentificada		72.4945	72.4945	72
Estat. teste fraca ident CD		14.8467	14.8467	14
Estat. teste fraca ident KP		10.7254	10.7254	10
Estat. testeJ		3.1560	3.2754	3.2
Nr observações	14674	14674	14674	14

A.2 Suprimindo Variáveis

Tabela 8 - Teste de robustez suprimindo variáveis para o modelo de atrasos. Fonte: autor

	(1)	(2)	(3)	(4)
	ODDS DEL	ODDS DEL	ODDS DEL	ODDS DEL
Max city pr disrupt	3.0694***	2.9669***	3.1107***	3.0694***
Prop flights with bad weather	3.8867***	3.8945***	3.8132***	3.8867***
Prop flights with incidents	3.3718***	3.3986***	3.2650***	3.3718***
Pax per flight (endog.)	5.6438***	7.4529***	7.7641***	5.6438***
Daily flights	0.0177***	0.0181***	0.0188***	0.0177***
Daily flights slots	0.0037**	0.0047***	0.0048**	0.0037**
Small hub		-0.0067	0.0008	-0.0067
Medium hub		0.2171***	0.2347***	0.2171***
Large hub		0.2352**	0.2443**	0.2352**
Codeshare majors	0.0032		0.0114	0.0032
LCC presence	0.0738		0.0734	0.0738
Max city LCC pres	-0.2070		-0.2203	-0.2070
Route HHI (endog.)	1.9036***	1.9477***	1.9293***	1.9036***
Max city HHI (endog.)	-1.9575***	-2.1231***	-2.0775***	-1.9575***
Route slot HHI	0.0745	0.1054		0.0745
Route slot HHI x reg	0.0284	-0.0234		0.0284
ODDS CAN (endog.)	-0.2435**	-0.2192*	-0.2452*	-0.2435**
Efeito fixo na rota	sim	sim	sim	sim
Efeito fixo no tempo	sim	sim	sim	sim
R-quadrado ajustado	0.4333	0.4128	0.3877	0.4333
Estat. RMSE	0.6716	0.6836	0.6980	0.6716
Estat. KP sobreidentificada	29.3365	32.1291	28.2081	29.3365
Estat. teste fraca ident CD	8.7054	9.3589	8.0995	8.7054
Estat. teste fraca ident KP	5.7966	6.3484	5.5609	5.7966
Estat. testeJ	0.1018	0.1517	0.1821	0.1018
Nr observações	14674	14674	14674	14674

Tabela 9 - Teste de robustez suprimindo variáveis para o modelo de cancelamentos. Fonte:

	(1) ODDS CAN	(2) ODDS CAN	(3) ODDS CAN	(4) ODDS CAN
Max city pr disrupt	0.9134*	1.4223***	1.3323***	1.3323***
Prop flights with bad weather	12.6444***	12.9112***	12.9127***	12.9127***
Prop flights with incidents	8.1654***	8.1110***	8.1207***	8.1207***
Pax per flight (endog.)	-3.9070	-1.0499	-1.9326	-1.9326
Daily flights	-0.0123***	-0.0013	-0.0037	-0.0037
Daily flights slots	-0.0051**	-0.0050***	-0.0037*	-0.0037*
Small hub		0.1325*	0.1379*	0.1379*
Medium hub		-0.2206**	-0.3082***	-0.3082***
Large hub		-0.3767***	-0.4741***	-0.4741***
Codeshare majors	0.0109		-0.0518	-0.0518
LCC presence	-0.2091		-0.2820**	-0.2820**
Max city LCC pres	0.3602		0.1884	0.1884
Route HHI (endog.)	-3.9768***	-3.6969***	-3.9730***	-3.9730***
Max city HHI (endog.)	5.2247***	3.7619***	4.3195***	4.3195***
Route slot HHI	0.3502**	0.2533**		0.2533**
Route slot HHI x reg	-0.4124***	-0.2081*		-0.2081*
ODDS DEL (endog.)	1.1304***	0.6059***	0.7645***	0.7645***
Efeito fixo na rota	sim	sim	sim	sim
Efeito fixo no tempo	sim	sim	sim	sim
R-quadrado ajustado	-0.3997	0.2756	0.1406	0.1406
Estat. RMSE	1.4367	1.0335	1.1258	1.0335
Estat. KP sobreidentificada	20.1933	33.7045	38.4774	41.1111
Estat. teste fraca ident CD	4.0254	7.0292	7.6153	8.1111
Estat. teste fraca ident KP	2.8790	4.8557	5.5736	5.9259
Estat. testeJ	3.3389	2.0670	2.3383	2.2222
Nr observações	14295	14295	14295	14295

A.3 Definição de Atrasos

Tabela 10 - Teste de robustez usando diferentes definições de atrasos para o modelo de atrasos. F

	Arr 15 min ODDS DEL	Dep 15 min ODDS DEL	Arr ODD
Max city pr disrupt	3.0672***	3.2876***	2.99
Prop flights with bad weather	3.8432***	3.3681***	3.29
Prop flights with incidents	3.3038***	2.8550***	2.64
Pax per flight (endog.)	7.4141***	6.2484***	6.42
Daily flights	0.0182***	0.0164***	0.01
Daily flights slots	0.0044**	0.0035**	0.00
Small hub	-0.0016	0.0151	0.07
Medium hub	0.2275***	0.2101***	0.40
Large hub	0.2422**	0.1609	0.32
Codeshare majors	0.0112	0.0202	0.10
LCC presence	0.0727	-0.0607	0.00
Max city LCC pres	-0.2238	-0.1939	-0.28
Route HHI (endog.)	1.9206***	1.0771*	1.87
Max city HHI (endog.)	-2.0772***	-2.1824***	-2.94
Route slot HHI	0.1089	0.3893***	0.15
Route slot HHI x reg	-0.0223	-0.2859***	0.02
ODDS CAN (endog.)	-0.2380*	-0.2656**	-0.21
Efeito fixo na rota	sim	sim	sim
Efeito fixo no tempo	sim	sim	sim
R-quadrado ajustado	0.4016	0.4311	0.42
Estat. RMSE	0.6900	0.6705	0.71
Estat. KP sobreidentificada	29.5643	29.3378	30.8
Estat. teste fraca ident CD	8.5780	8.5459	8.96
Estat. teste fraca ident KP	5.8369	5.7829	6.08
Estat. testeJ	0.2263	0.9715	2.54
Nr observações	14674	14594	142

Tabela 11 - Teste de robustez usando diferentes definições de atrasos para o modelo de cancelamento

	Arr 15 min ODDS DEL	Dep 15 min ODDS DEL	Arr ODD
Max city pr disrupt	1.3639***	1.1437**	1.195
Prop flights with bad weather	12.9045***	12.8076***	12.71
Prop flights with incidents	8.1085***	7.9882***	8.155
Pax per flight (endog.)	-1.9721	-4.1969	-2.989
Daily flights	-0.0033	-0.0075*	-0.005
Daily flights slots	-0.0046**	-0.0055**	-0.004
Small hub	0.1331*	0.1258	0.035
Medium hub	-0.2918***	-0.4003***	-0.572
Large hub	-0.4509***	-0.5246***	-0.631
Codeshare majors	-0.0515	-0.0341	-0.118
LCC presence	-0.2819**	-0.1945	-0.266
Max city LCC pres	0.1628	0.2262	0.330
Route HHI (endog.)	-3.9031***	-3.8053***	-4.675
Max city HHI (endog.)	4.1222***	5.0536***	5.990
Route slot HHI	0.2619**	0.0062	0.205
Route slot HHI x reg	-0.2340*	-0.0418	-0.304
ODDS DEL (endog.)	0.7250***	0.9621***	0.973
Efeito fixo na rota	sim	sim	sim
Efeito fixo no tempo	sim	sim	sim
R-quadrado ajustado	0.3637	0.2497	0.189
Estat. RMSE	0.9690	1.0507	1.093
Estat. KP sobreidentificada	72.4945	43.6285	41.03
Estat. teste fraca ident CD	14.8467	8.6785	8.139
Estat. teste fraca ident KP	10.7254	6.2915	5.976
Estat. testeJ	3.2754	3.3125	2.232
Nr observações	14674	14594	14295

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO			
1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 21 de novembro de 2017	3. REGISTRO N° DCTA/ITA/TC-107/2017	4. N° DE PÁGINAS 55
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Atrasos e cancelamentos de voos: slots aeroportuários atenuam o problema dos passageiros?			
6. AUTOR: Victor de Abreu Pinheiro Miranda			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: 1. Atrasos. 2. Cancelamentos. 3.Slots.			
9.PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Atraso; Voo; Qualidade de serviço; Terminais de passageiros; Modelos econômicos; Transportes.			
10. APRESENTAÇÃO: <input checked="" type="checkbox"/> Nacional <input type="checkbox"/> Internacional ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientador: Prof. Dr. Alessandro Vinícius Marques de Oliveira. Publicado em 2017.			
11. RESUMO: Essa pesquisa desenvolve um modelo econométrico para atraso e cancelamento de voos a fim de investigar a influência da concentração de mercado no transporte aéreo na qualidade do serviço prestado aos passageiros, levando em consideração a questão da distribuição de slots aeroportuários. Foram analisados os efeitos da imposição de regime slots aeroportuários sobre os indicadores de regularidade e pontualidade de voos das companhias aéreas afetadas, analisando se a atual regulação de slots atinge o objetivo de permitir o uso mais eficiente da capacidade do aeroporto sem prejudicar a qualidade do serviço. Foi analisado o caso do aeroporto de brasileiro de Congonhas, o único no país que funciona totalmente por slots, que em 2007 sofreu, por questões de segurança, restrições operacionais mais severas como redução de capacidade horária de pista, vedação de conexões e regra de perímetro. Os resultados sugerem que rotas menos competitivas de aeroportos controlados por slots cancelam mais que aquelas de aeroportos não controlados, no entanto, a regulação inibiu essa tendência. Observou-se também que a entrada de uma empresa de baixo custo em uma rota gera uma tendência de diminuição de cancelamentos. Foi possível observar com os dois modelos uma tendência de trade off entre atrasos e cancelamentos por parte das empresas. Portanto, utilizou-se uma modelagem por equações simultâneas a fim de tratar essas variáveis como eventos dependentes.			
12. GRAU DE SIGILO: <input checked="" type="checkbox"/> OSTENSIVO <input type="checkbox"/> RESERVADO <input type="checkbox"/> SECRETO			

