

ESTUDO ECONOMÉTRICO E INVESTIGAÇÃO DE PRÁTICAS DE *SCHEDULE PADDING* DE COMPANHIAS AÉREAS NO BRASIL

Ana Beatriz Rebouças Eufrásio

Alessandro V. M. Oliveira

Rogéria de Arantes Gomes

Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica

RESUMO

No transporte aéreo, *schedule padding* se refere à prática de adicionar tempo extra ao tempo de voo programado, melhorando a pontualidade das companhias aéreas e potencialmente reduzindo custos com atrasos. Este trabalho investiga as práticas de *schedule padding* das companhias aéreas brasileiras, analisando suas relações com características operacionais e de competição por meio de um modelo econométrico. Os resultados sugerem que as companhias adicionam mais tempo de voo programado a rotas mais densas, possivelmente buscando melhorar a satisfação do passageiro e reduzir o risco de atrasos e cancelamentos. No entanto, há evidências que menos tempo de voo extra é adicionado em situações em que uma maior eficiência operacional é necessária, como em rotas com maior frequência de voos e maior competitividade e eficiência energética. Por fim, obteve-se evidências de que um *schedule padding* é mais intenso em cidades com aeroportos mais concentrados.

ABSTRACT

In the airline industry, *schedule padding* is the practice of adding an extra time to the schedule flight time, enhancing on-time performance of airlines and potentially reducing delay costs. This paper investigates the *schedule padding* practices of Brazilian carries, analyzing their relationship with operational performance and competition through an econometric model. Our results suggest that airlines set longer extra time to denser routes, possibly searching to improve passenger satisfaction and to reduce the risk of flight disruption. However, we find evidence that less extra time is added when a higher operational efficiency is necessary, as on routes with higher flight frequency and higher fuel efficiency. Regarding competition, the *schedule padding* practices are stronger at cities with more concentrated airports.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento da programação de voos é uma das principais atividades das companhias aéreas, por estar diretamente relacionado à gestão dos custos operacionais e da pontualidade. Programar tempos de voos mais longos proporciona à companhia mais flexibilidade para lidar com possíveis atrasos e ainda cumprir o horário de chegada planejado, prática conhecida como *schedule padding*.

Apesar dessa estratégia mitigar custos relacionados a atrasos, o *schedule padding* pode tornar a utilização das aeronaves e a alocação da tripulação menos eficiente, aumentando os custos operacionais associados. Na verdade, esse tempo extra pode estar melhorando artificialmente a pontualidade das companhias aéreas e ocultando ineficiências do sistema, como espaço aéreo mais congestionado, taxiamentos mais longos e maior consumo de combustível. Outra possibilidade, ainda não explorada na literatura, é que com tempos programados maiores, as companhias aéreas podem reduzir a velocidade de seus voos e alcançar ganhos de eficiência energética. A competição também pode ter um papel importante, já que uma maior pontualidade e custos menores são esperados em rotas mais competitivas.

Esse estudo contribui para a literatura sobre o planejamento da programação de voos (Mayer e Sinai, 2003b; Skaltsas, 2011; Kang e Hansen, 2017; Fan, 2019), analisando como *schedule padding*, velocidade média e competição estão associados. Na literatura, a relação entre custos operacionais e tempo de voo é controversa. Alguns autores argumentam que uma duração de voo maior está associada a custos também maiores, devido ao uso ineficiente de aeronaves e

tripulação (Mayer e Sinai, 2003b). Portanto, quando não há pressões para ser pontual, a companhia aérea busca reduzir seus tempos de voos (Fan, 2019). Para outros autores, maiores tempos de voo programados podem reduzir os custos por reduzir a necessidade de se melhorar a pontualidade, por exemplo com aeronaves mais rápidas e com a contratação de mais funcionários (Prince e Simon, 2009).

Esse trabalho busca desenvolver um modelo econométrico para investigar as práticas de *schedule padding* adotadas pelas companhias aéreas brasileiras, analisando sua relação com competição e desempenho operacional. Enquanto a ocorrência de atrasos no mercado brasileiro reduziu de 32,2% em 2007 para 13,9% em 2017, os casos de voos com chegada antecipada aumentaram de 0,3% para 17,3% no mesmo período (segundo dados do Voo Regular Ativo, ANAC). Analisando o caso das companhias aéreas brasileiras de 2001 a 2018, esse estudo busca investigar se esses melhores índices de pontualidade podem ser, mesmo que parcialmente, explicados pelos maiores tempos de voos programados e se esse aumento está relacionado a reduções das velocidades dos voos e a variáveis de competição.

O presente trabalho está assim dividido: a Seção 2 apresenta uma revisão de literatura sobre estudos de planejamento da programação dos voos; a Seção 3 apresenta a metodologia e o modelo econométrico desenvolvido; a Seção 4 apresenta os resultados do modelo e, por fim, a Seção 5 apresenta as considerações finais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O *schedule padding* como ferramenta de gestão de atrasos

Ao planejar o cronograma de voos, as companhias aéreas buscam otimizar a utilização dos recursos disponíveis (como tripulação e aeronaves), considerando os riscos de possíveis atrasos e cancelamentos. O tempo “bloco-a-bloco”, que se refere à duração entre a partida planejada do voo no aeroporto de origem até a chegada planejada no aeroporto de destino, pode ser ajustado para reduzir tais riscos.

Do ponto de vista do passageiro, durações menores de voos podem ser consideradas uma vantagem competitiva, especialmente em rotas com competição intensa (Skaltsas, 2011). No entanto, tempos de voos programados maiores auxiliam a companhia aérea a acomodar possíveis eventos inesperados, o que pode gerar um impacto positivo na qualidade de serviço. Portanto, alguns autores argumentam que voos mais longos provavelmente geram melhores índices de pontualidade, atraindo mais passageiros devido à garantia de menos atraso (Kang e Hansen, 2017; Prince e Simon, 2009; Skaltsas, 2011). As chegadas antecipadas, mais prováveis em voos com tempos programados maiores, também melhoram a satisfação do passageiro (Kang e Hansen, 2017). Yimga e Gorjidooz (2019) associaram o *schedule padding* a efeitos negativos sobre o bem-estar do consumidor. Forbes, Lederman e Yuan (2018) mostram que mesmo o *schedule padding* trazendo mais confiabilidade ao horário de chegada do voo, o tempo total da viagem aumenta, não sendo diretamente evidente se a qualidade do serviço também aumenta.

Apesar dessa prática tornar a operação mais ajustável e aumentar a probabilidade de o voo ser pontual, o *schedule padding* pode representar uma subutilização dos recursos da companhia. Como discutido por Fan (2019), a decisão de adicionar esse tempo extra deve considerar o *trade-off* que existe entre usar mais recursos para aumentar a flexibilidade da operação com maiores tempos de voo, ou usar mais recursos quando um atraso ocorrer. Hao e Hansen

(2014) mostram que baixos índices de pontualidade geralmente aumentam o tempo bloco-a-bloco programado do ano seguinte. Miranda e Oliveira (2018) observam que a adoção do *schedule padding* está relacionada com reduções da ocorrência de atrasos e cancelamentos. No entanto, não observaram evidências que essa prática aumenta os custos operacionais que poderiam ser repassados aos consumidores através da tarifa da passagem.

2.2. Impacto das características operacionais

Ao analisar o impacto de diferentes elementos do voo nas variações dos tempos bloco-a-bloco programados, Skaltsas (2011) observa que o *schedule padding* é mais influenciado pelo tempo de *taxi-out* e pelo tempo de cruzeiro, e menos pelos atrasos nos portões e tempo de *taxi-in*. Forbes *et al.* (2018) mostram que apesar dos melhores índices de pontualidade, os atrasos na partida e os tempos de taxiamento aumentaram significativamente.

Investigando o impacto de características operacionais nos tempos programados de diversas rotas no mundo, Fan (2019) encontra evidências que o espaço aéreo mais congestionado contribuiu para o aumento dos tempos bloco-a-bloco. O aumento da densidade nos aeroportos e no tráfego aéreo trazem mais variabilidades ao sistema, que podem ser responsáveis por atrasos e cancelamentos e pela sua propagação através de um efeito cascata. Adicionar o tempo extra ao tempo de voo reduz os inconvenientes – ocasionais, porém severos – que tais atrasos e cancelamentos podem causar. Além disso, Mayer e Sinai (2003a) identificaram uma maior dificuldade em atingir maiores índices de pontualidade em voos que partem ou chegam em aeroportos *hubs*. Isso possivelmente ocorre devido à chegada de múltiplos voos em um reduzido período de tempo nesses aeroportos, aumentando os congestionamentos. Por conta disso, os autores observam que há uma tendência em aumentar os tempos de viagens em aeroportos *hubs*, buscando mitigar possíveis efeitos cascata. Já com relação ao regime de *slots*, Fan (2019) encontrou evidências que aeroportos coordenados por *slots* tendem a ter tempos de voos programados menores.

Quanto ao número de rotas oferecidas por uma companhia aérea, Prince e Simon (2009) encontraram indícios de deseconomia de escopo na pontualidade, pois é maior a probabilidade de o voo não ser pontual com um maior número de rotas. Esse efeito é mais forte em rotas com um aeroporto de chegada em comum. Os efeitos dos aeroportos *hubs* analisados por Mayer e Sinai (2003a) colaboram com esse resultado. Além disso, Fan (2019) observou que o tipo de aeronave também influencia no tempo de voo programado, com aeronaves maiores geralmente adicionando mais tempo extra.

Alguns estudos associam maior tempo de voo a maiores custos. Mayer e Sinai (2003b) e Forbes *et al.* (2018) observam que maiores tempos de voo programado implicam em um uso menos eficiente dos recursos, com menos voos planejados por tripulação e por aeronave. No entanto, Prince e Simon (2009) argumentam que voos com durações maiores podem reduzir os custos das companhias aéreas, por reduzir a necessidade de se investir em melhorias para a pontualidade, como contratar novos funcionários e modernizar a frota aérea. Além disso, o *schedule padding* pode reduzir custos por permitir que a aeronave voe a velocidades menores, podendo assim reduzir o consumo de combustível, hipótese ainda não testada na literatura.

A adoção de velocidades menores é uma das formas mais simples de se reduzir o consumo de combustível. No entanto, voos mais lentos podem aumentar os custos com outros recursos, tais como tripulação e manutenção, cujos custos dependem do tempo de voo (Edwards *et al.*,

2016). Para cada voo existem velocidades econômicas de subida, cruzeiro e descida, que minimizam a soma dos custos relacionados ao tempo e ao combustível através do *Cost Index* (CI). O CI é um índice de custo operacional, que representa a razão entre o custo por unidade de tempo e custo por unidade de combustível por voo. Esses custos são únicos por voo e por companhia aérea, variando com o tipo de aeronave, localização geográfica, além de estarem sujeitos a flutuações diárias (Young, 2017). Se o *schedule padding* for uma estratégia para reduzir a velocidade do voo e o consumo de combustível, os custos não serão necessariamente menores, já que tempos maiores de voo potencialmente aumentam os custos operacionais dependentes do tempo. Aumentos no custo do combustível podem incentivar a adoção de medidas de melhoria de eficiência energética e, portanto, ajustes no tempo de voo programado. No entanto, Fan (2019) observou impacto quase imperceptível do preço do combustível nos tempos bloco-a-bloco dos voos.

2.3. Impacto da competição

Na literatura atual, a pontualidade é considerada um dos principais indicadores da qualidade do serviço das companhias aéreas (Bendinelli *et al.*, 2016). Diversos estudos encontraram evidências de que as companhias buscam melhorar seus índices de pontualidade em mercados mais competitivos (Mazzeo, 2003; Rupp *et al.*, 2006, Greenfield, 2014, Bendinelli *et al.*, 2016; Miranda e Oliveira, 2018). Em ambientes pouco concentrados, a pontualidade pode ser considerada uma vantagem competitiva, aumentando a qualidade do serviço e atraindo mais consumidores.

Com relação aos tempos de voo, Prince e Simon (2009) e Fan (2019) observaram que as companhias alocam tempos menores em mercados menos competitivos, sofrendo mais atrasos. Kang e Hansen (2017) identificaram que as companhias tendem a aumentar seus tempos de viagem em rotas competitivas. Ou seja, uma das estratégias das companhias aéreas para melhorar seus índices de pontualidade e ganhar vantagem competitiva é aumentar seus tempos de voos programados.

Este trabalho analisa se as práticas de *schedule padding* são motivadas não apenas pelos fatores de desempenho operacional – como a busca por velocidades econômicas de voos e a redução de custos operacionais, mas também por características de competição nos níveis da rota e do aeroporto. O objetivo é investigar se o tempo de voo extra adicionado por muitas companhias aéreas é principalmente uma estratégia para melhorar os índices de pontualidade e adquirir vantagem competitiva localizada. O *schedule padding* pode ser também uma forma de incorporar os atrasos decorrentes de um sistema ineficiente, como congestionamentos nos aeroportos e no espaço aéreo.

3. METODOLOGIA

3.1. Aplicação

O estudo considera os voos domésticos das companhias aéreas brasileiras de 2001 a 2018. No período analisado, o número de passageiros transportados cresceu consideravelmente, de 28,6 milhões em 2001 para 91,1 milhões em 2018. A indústria passou por grandes mudanças estruturais, como o surgimento das companhias *low-cost* Gol Linhas Aéreas em 2001 e Azul Linhas Aéreas em 2008 e a implantação da liberdade tarifária. Com isso, as companhias enfrentaram novas pressões para a redução dos preços das passagens, sendo que algumas não conseguiram ajustar sua gestão de custos ao novo cenário. Isso contribuiu para a falência de grandes empresas aéreas, como Transbrasil, Vasp e Varig, e permitiu que uma nova parcela

da população tivesse acesso ao transporte aéreo.

No entanto, essa demanda crescente foi afetada pelo período do apagão aéreo, que ocorreu entre 2006 e 2007. Essa crise foi marcada pela ocorrência de atrasos e cancelamentos de voos, causados principalmente pela infraestrutura insuficiente dos aeroportos brasileiros e pelas sucessivas greves dos controladores de tráfego aéreo. Neste período, ocorreram dois acidentes aéreos que, associados aos atrasos sucessivos, criaram um ambiente de insegurança e instabilidade. Após atingir o pico de 36,7% em 2007, os atrasos reduziram consideravelmente, como apresentado na Figura 1 (um voo é considerado atrasado quando a diferença entre o horário de chegada real e o horário previsto é maior ou igual a 15 minutos). Além disso, é possível observar um crescimento significativo nas chegadas antecipadas, principalmente depois de 2014, quando a proporção desses voos passou de 5,1% em 2014 para 13,7% em 2015. 2015 foi o primeiro ano em que a proporção de voos com chegada antecipada superou a de voos atrasados (uma chegada é considerada antecipada quando o horário de chegada real é menor do que o horário de chegada planejado). Em 2018, 43,8% dos voos chegaram antecipados, o maior valor registrado no histórico de voos.



Figura 1: Evolução da proporção de chegadas antecipadas e de chegadas atrasadas no Brasil
(Dados do VRA ANAC com cálculos próprios)

Porém, é possível observar na Figura 1 que a proporção de voos atrasados oscila entre 12% e 16% desde 2013, mesmo com o grande aumento de chegadas antecipadas. Tal comportamento pode ser consequência da adoção de práticas de *schedule padding* encobrendo ineficiências do sistema aeroportuário com os bons índices de pontualidade.

3.2. Dados

A base de dados consiste em um painel de 1396 rotas do mercado aéreo doméstico brasileiro, com observações mensais entre janeiro de 2001 e dezembro de 2018. É considerado apenas o transporte de passageiros e as rotas são pares de cidades direcionais, com o agrupamento de múltiplos aeroportos de uma mesma região. Os dados foram obtidos a partir de diferentes bases de dados publicadas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Os dados de preço de combustível são disponibilizados pela Agência Nacional de Petróleo (ANP).

3.3. Modelo econométrico

A equação (1) apresenta modelo o empírico de práticas de *schedule padding* desenvolvido neste estudo. Nessa especificação, são consideradas três categorias de regressores,

denominadas: características operacionais da rota, características operacionais do aeroporto e características de competição. Essas categorias estão agrupadas em parênteses na Equação (1).

$$\begin{aligned} \text{SCHPAD}_{k,t} = & (\beta_1 \text{DENSITY}_{k,t-\varphi} + \beta_2 \text{FREQ}_{k,t-\varphi} + \beta_3 \text{FUELP}_{k,t-\varphi} \\ & + \beta_4 \text{FUELEFF}_{k,t-\varphi} + \beta_5 \text{SPEED}_{k,t-\varphi} + \beta_6 \text{DELARR}_{k,t-\varphi}) \\ & + (\beta_7 \text{CONGEST}_{k,t-\varphi} + \beta_8 \text{DELO}_{k,t-\varphi} + \beta_9 \text{DELD}_{k,t-\varphi} \\ & + \beta_{10} \text{SLOTPR}_{k,t-\varphi} + \beta_{11} \text{MAXHUB}_{k,t-\varphi}) \\ & + (\beta_{12} \text{HHI}_{k,t-\varphi} + \beta_{13} \text{MAXHHI}_{k,t-\varphi}) + \gamma_k + \gamma_t + u_{kt}, \end{aligned} \quad (1)$$

Neste modelo, k se refere ao par de cidades, t o período de tempo e φ a defasagem de tempo. Como a programação de voos é determinada alguns meses antes de sua operação, a defasagem φ é utilizada para examinar o impacto das características passadas nas práticas de *schedule padding*. É definida uma defasagem de três meses, mas versões alternativas do modelo com outros valores foram testadas e serão discutidas. β_1 a β_{13} são os parâmetros a serem estimados, γ_k e γ_t são respectivamente os efeitos fixos no par de cidades e no período de tempo e u_{kt} o termo do erro. Os outros componentes da Equação (1) são detalhados a seguir:

$\text{SCHPAD}_{k,t}$ é a métrica de *schedule padding*, ou seja, o tempo extra adicionado ao tempo de voo planejado em minutos, utilizada como regressando. Com base em Mayer e Sinai (2003a), inicialmente se computa o tempo mínimo necessário de voo, correspondente ao menor tempo de viagem real para um par de cidades k (adotou-se o 5º percentil). A métrica de *schedule padding* é a diferença entre o tempo de voo planejado e o tempo mínimo necessário (Miranda e Oliveira, 2018). Como a análise engloba um período de 18 anos, podem haver substituições das aeronaves. Devido ao possível impacto da renovação da tecnologia nos tempos de viagem, essa característica é controlada através do cálculo do tempo mínimo necessário para cada par de cidades k e tipo de aeronave. Uma versão alternativa do modelo é analisada, utilizando como regressando o tempo extra real, denominado de *excess time* (EXCTIME). Essa variável, adotada por Mayer e Sinai (2003a), é calculada pela diferença entre o tempo de voo real e o tempo mínimo necessário. Com o *schedule padding* (SCHPAD) é possível analisar como as companhias aéreas planejam seus tempos extras de acordo com características operacionais e de competição. Já com o *excess time* (EXCTIME), como as companhias ajustam na prática seus tempos extras;

$\text{DENSITY}_{k,t-\varphi}$ representa o número total de passageiros transportados. Essa variável tem o objetivo de capturar os ajustes feitos no tempo de voo de acordo com a densidade da rota. As companhias podem se preocupar mais com a satisfação do passageiro e com sua pontualidade nas suas rotas mais densas;

$\text{FREQ}_{k,t-\varphi}$ é o número total de voos no par de cidades considerado. Essa variável busca analisar o efeito de pares de cidades com maiores frequências, que possivelmente devem atingir melhores índices de eficiência operacional, com menores tempos de *turnaround*. No entanto, rotas com maior frequência também são mais vulneráveis a atrasos;

$\text{FUELP}_{k,t-\varphi}$ é uma *proxy* para o preço do querosene de aviação, englobando uma aproximação ao Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS) cobrado pelo estado. Corresponde ao preço médio gravitacional do par de cidades.

$\text{FUELEFF}_{k,t-\varphi}$ representa uma métrica de eficiência energética, calculada com a divisão da distância entre o par de cidades pelo volume de combustível consumido. Se o *schedule padding* estiver sendo utilizado para reduzir a velocidade dos voos e o consumo de combustível, é esperado que rotas com melhor eficiência energética estejam associadas a mais *schedule padding*. Se o *schedule padding* for na verdade uma estratégia para incorporar as ineficiências do sistema – congestionamentos e atrasos, mais tempo de voo

pode estar associado a uma eficiência energética menor;

$DELARR_{k,t-\varphi}$ é a proporção de chegadas atrasadas no par de cidades. Com essa variável, o objetivo é analisar o impacto do histórico de atrasos na rota nos ajustes do tempo de voo;

$SPEED_{k,t-\varphi}$ é uma *proxy* para a velocidade média dos voos no par de cidades, obtida pela divisão da distância voada pelo tempo de voo. É esperado que as companhias aéreas programem menos tempo de voo para voos com maiores velocidades;

$CONGEST_{k,t-\varphi}$ é a proporção de voos operados em horas congestionadas no par de cidades. Uma hora é considerada congestionada quando o aeroporto de origem ou de destino opera mais voos do que a capacidade declarada da pista. Essa variável busca analisar como as companhias ajustam seus tempos de voos de acordo com o histórico de congestionamento;

$DELO_{k,t-\varphi}$ e $DELD_{k,t-\varphi}$ representam, respectivamente, a proporção de voos atrasados no aeroporto de origem e no aeroporto de destino. Essas variáveis tem o objetivo de capturar o impacto dos atrasos de outros voos. As companhias podem buscar adicionar mais tempo de voo extra nas rotas cujos aeroportos tem historicamente maiores índices de atrasos. Uma outra versão do modelo substitui as variáveis $DELO_{k,t-\varphi}$ e $DELD_{k,t-\varphi}$ por $MAXDEL_{k,t-\varphi}$, correspondente à proporção máxima de atrasos entre as cidades de origem e destino. Essas variáveis também auxiliam a controlar não-observáveis, como efeitos cascata de atrasos após condições meteorológicas adversa;

$SLOTPR_{k,t-\varphi}$ é a proporção de voos no par de cidades operados em aeroportos controlados por *slots*. O objetivo dessa variável é investigar o efeito dos *slots* no planejamento da programação dos voos. Como *slots* representam uma coordenação dos aeroportos cuja demanda supera a capacidade, é esperado que voos em aeroportos eslotados tenham menor tempo extra adicionado;

$MAXHUB_{k,t-\varphi}$ representa a proporção máxima de passageiros em conexão entre a cidade de origem e destino, se ao menos uma das cidades tiver um aeroporto *hub* classificado como *large hub*, considerando a definição da *Federal Aviation Administration* (FAA). É esperado que aeroportos com níveis de conexões maiores estejam mais vulneráveis a atrasos. É provável que voos nesses aeroportos tenham que esperar passageiros de conexões atrasadas. Portanto, a hipótese é de os tempos extras sejam maiores para valores maiores de $MAXHUB$;

$HHI_{k,t-\varphi}$ é o índice Herfindahl-Hirschman, métrica que representa o nível de concentração de mercado entre as cidades de origem e destino, calculada com base nas participações de mercados das companhias aéreas presentes na rota. Essa variável busca capturar o impacto da concentração de mercado no nível da rota;

$MAXHHI_{k,t-\varphi}$ se refere ao máximo HHI entre as cidades de origem e de destino, considerando as participações de mercado das companhias presentes. O objetivo dessa variável é capturar o efeito da dominância dos aeroportos no nível da cidade.

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva das variáveis consideradas no trabalho. É possível observar que, na amostra considerada, o *schedule padding* médio é quase 50% maior que o *excess time* (o tempo extra real), 14,6 minutos e 10,2 minutos, respectivamente.

Tabela 1: Estatística descritiva das variáveis

Variável	Defasagem	Unidade	Nº Obs	Média	Desvio Padrão	Mín.	Máx.
SCHPAD	-	Minutos (média)	101804	14,634	15,333	0,000	220,000
EXCTIME	-	Minutos (média)	101804	10,241	10,962	0,000	244,500
DENSITY	3 meses	10000 pax (soma)	101804	1,004	2,521	0,000	44,059
FREQ	3 meses	100 (soma)	101804	1,195	2,609	0,010	41,120
FUELP	3 meses	Reais (média)	101804	2,468	0,593	1,168	4,187

FUELEFF	3 meses	100 km/litro	101804	28,596	10,740	15,525	50,035
DELARR	3 meses	%	101804	0,170	0,161	0,000	1,000
SPEED	3 meses	km/h	101804	448,028	144,138	168,778	766,236
CONGEST	3 meses	%	101804	0,123	0,231	0,000	1,000
DELO	3 meses	%	101804	0,163	0,092	0,000	1,000
DELD	3 meses	%	101804	0,163	0,091	0,000	1,000
MAXDEL	3 meses	%	101804	0,193	0,094	0,000	1,000
SLOTPR	3 meses	%	101804	0,116	0,246	0,000	1,000
MAXHUB	3 meses	%	101804	0,146	0,104	0,000	0,472
HHI	3 meses	Index [0,1]	101804	0,727	0,269	0,206	1,000
MAXHHI	3 meses	Index [0,1]	101804	0,581	0,269	0,223	1,000

4. RESULTADOS

A partir do modelo econométrico proposto na Equação (1), um modelo de efeitos fixos *two-way* foi utilizado para estimar os coeficientes de cada variável. Os resultados são apresentados na Tabela 2. As colunas (1) e (2) correspondem aos modelos de *schedule padding* (tempo extra planejado) e as colunas (3) e (4) aos modelos de *excess time* (tempo extra real).

Tabela 2: Resultados estimados da regressão

	(1) SCHPAD	(2) SCHPAD	(3) EXCTIME	(4) EXCTIME
Características da rota				
DENSITY	0.6116***	0.6209***	0.4294***	0.4307***
FREQ	-0.7818***	-0.7901***	-0.3015***	-0.3024***
FUELP	-0.8775	-0.8612	-0.3112	-0.3111
FUELEFF	-0.0350**	-0.0358**	-0.0738***	-0.0738***
SPEED	-0.0179***	-0.0178***	-0.0132***	-0.0131***
DELARR	-7.2610***	-7.7745***	-0.2492	-0.4663
Características do aeroporto				
CONGEST	-2.0893***	-2.0693***	-0.4898*	-0.4872*
MAXDEL	6.7971***		1.1500*	
DELO		6.0176***		0.6229
DELD		3.7036***		1.5639***
SLOTPR	-1.4116***	-1.4082***	-0.5229*	-0.5282*
MAXHUB	-2.4735*	-2.5021*	-2.0843*	-2.0702*
Competição				
HHI	-0.5924	-0.5920	0.3549	0.3532
MAXHHI	1.6203***	1.6494***	1.8668***	1.8661***
<i>Defasagem</i>				
	3 meses	3 meses	3 meses	3 meses
R ² ajustado	0.4870	0.4871	0.5835	0.5836
Estatística RMSE	11.1941	11.1923	6.8573	6.8569
Nº de Observações	100580	100580	100019	100019

Notas: Resultados produzidos com estimador de efeitos fixos *two-way*, consistente a heterocedasticidade e autocorrelação (HAC); Representações do p-valor: * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01; Controle do mix de aeronaves com a adição das proporções de cada tipo de aeronave; Estatísticas R e RMSE obtidas a partir de um modelo LSDV equivalente.

A variável DENSITY foi estatisticamente significativa e positivamente relacionada com o *schedule padding* e com o *excess time*. Com esse resultado, há evidências que rotas mais densas tendem a ter mais tempo extra planejado (modelos 1 e 2) e mais tempo extra adicionado na prática (modelos 3 e 4). Esse comportamento pode ser consequência de uma estratégia para melhorar a pontualidade das companhias aéreas, especialmente em rotas mais densas, nas quais custos com atrasos e satisfação dos passageiros são mais relevantes. Analisando os resultados da variável FREQ, é possível observar que rotas com maior

frequência tem geralmente menos tempo de voo extra adicionado. As companhias geralmente buscam atingir melhores índices de eficiência operacional nesses voos, com menores tempos de *turnaround* e com uso mais eficiente de aeronaves e tripulação. Os resultados indicam que, nesses casos, menos tempo extra é adicionado.

O preço do combustível (FUELP) não foi estatisticamente significativo em nenhum dos modelos. Esse resultado indica que não há mudanças significativas no tempo extra de voo após um aumento ou redução do preço do combustível, consistente com o resultado de Fan (2019). Apesar de Fan (2019) ter observado significância estatística em algumas versões do seu modelo para essa variável, o impacto foi quase imperceptível. Porém, é possível que o efeito de uma mudança no preço do combustível demore mais do que três meses para se materializar, já que as companhias podem fazer acordos e contratos com as distribuidoras com antecedência. Outras versões do modelo, com uma defasagem maior, são analisadas, como apresentado na subseção seguinte de análise de robustez.

A variável SPEED foi estatisticamente significativa e negativamente relacionada ao *schedule padding* e ao *excess time*, indicando que voos com velocidades maiores necessitam de menos tempo extra adicionado, como esperado. Porém, o resultado negativo e significativo de FUELEFF traz evidências de que voos com melhores índices de eficiência energética tem menos tempo extra adicionado, tanto o planejado (*schedule padding*) quanto o real (*excess time*). Isso traz evidências contrárias à hipótese de que o *schedule padding* poderia ser uma ferramenta de redução de combustível através de voos com velocidades menores.

Já para a variável DELARR, o coeficiente negativo e estatisticamente significativo estimado nos modelos 1 e 2 indicam que menos *schedule padding* é adicionado em rotas que atrasam mais historicamente. Apesar de contraintuitivo, esse resultado pode ser consequência do não ajuste dos tempos de voos: voos que atrasam mais tem menos tempo extra. Na prática (modelos 3 e 4), não se observam ajustes significativos na duração dos voos em rotas com mais atrasos na chegada. Assim como para a variável FUELP, é importante realizar testes de robustez, analisando modelos com outra defasagem.

Os resultados negativos e significativos de CONGEST nos modelos 1 e 2 apontam que as companhias aéreas buscam reduzir os tempos extras programados nos aeroportos mais congestionados. Possivelmente nesses aeroportos as companhias precisam ter uma operação mais eficiente, não adicionando no planejamento da programação muito mais tempo de voo além do necessário. Porém, na prática, o índice de congestionamento dos aeroportos não parece influenciar significativamente o tempo extra adicionado na prática. Para a amostra analisada, esses resultados vão contra os obtidos por Fan (2019). Importante ressaltar que talvez parte do efeito dessa variável seja capturado pelas variáveis de atraso.

As variáveis MAXDEL, DELO, DELD apresentam coeficientes positivos e estatisticamente significativos nos modelos de *schedule padding*. Esses resultados indicam que as companhias aéreas aumentam os tempos extras de seus tempos de voo programados nos aeroportos que historicamente tem maiores taxas de atrasos, seja o aeroporto de origem ou destino. Esses atrasos fogem do controle da companhia aérea, diferentemente do atraso representado pela variável DELARR. No entanto, apenas o atraso no destino foi estatisticamente significativo para o modelo do *excess time*, indicando que, na prática, mais tempo extra é adicionado aos voos que chegam em aeroportos com maiores índices de atraso.

O resultado negativo e significativo da variável SLOTPR nos modelos 1 e 2 indica evidências que as companhias adicionam menos tempo extra à duração programada de voos que partem ou chegam em aeroportos controlados por *slots*. Esse resultado corresponde ao obtido por Fan (2019). No entanto, na prática, não há evidências suficientes de que menos tempo extra de voo é adicionado em aeroportos eslotados. Já a intensidade de conexões em aeroportos *hubs* (MAXHUB) é considerada pouco significativa nos tempos extras planejados e reais, resultado diferente do encontrado por Mayer e Sinai (2003a) e Prince e Simon (2009). Provavelmente, nesses aeroportos, a necessidade de ter uma operação mais rápida e eficiente é maior do que a de ser pontual.

Quanto à competição, há evidências de que a concentração de mercado no nível da rota (HHI) não é significativa para as práticas de *schedule padding*, enquanto a concentração no nível da cidade (MAXHHI) é significativa. Além disso, é positivamente relacionada. Ou seja, menos *schedule padding* é adicionado em mercados mais competitivos. Esse resultado contrasta com os obtidos por Prince e Simon (2009), Kang e Hansen (2017) e Fan (2019). Na amostra analisada, uma competição maior provavelmente faz com que as companhias necessitem reduzir seus custos, de forma a manter suas tarifas competitivas. Como apresentado nos resultados anteriores, o *schedule padding* e o *excess time* estão associados a uma eficiência operacional menor. Portanto, a vantagem competitiva é adicionar menos tempo extra de voo, reduzindo custos e conseqüentemente preço de passagem. A pontualidade passa a ser um aspecto secundário.

4.1. Análise de Robustez

A Tabela 3 apresenta os resultados estimados para um modelo com defasagem de 12 meses. Observa-se que para as variáveis DENSITY, FREQ, FUELEFF, SPEED, CONGEST, MAXDEL e MAXHHI os resultados foram bem semelhantes aos obtidos anteriormente. A variável FUELP se tornou estatisticamente significativa e negativamente relacionada com o *schedule padding*. Como o aumento do preço de combustível induz à melhoria da eficiência energética, esse resultado reforça que quando a companhia precisa ser mais eficiente no uso de combustível, há redução do tempo extra programado. Uma possível explicação para o FUELP ser estatisticamente significativa com defasagem de 12 meses é que o efeito das flutuações do preço do combustível demora mais do que 3 meses para se materializar no planejamento do cronograma de voos.

A variável DELARR foi pouco significativa no modelo 5 e 6 do *schedule padding*, porém estatisticamente significativa no nível de 1% no modelo 7 e 8 do *excess time*. Esse comportamento pode reforçar que as companhias aéreas não consideram seus atrasos históricos no planejamento da programação de voos, discutido anteriormente. Porém, na prática, as companhias acabam precisando adicionar tempos extras a seus voos, como pode ser observado pelos coeficientes positivos e significativos nos modelos 7 e 8. A variável SLOTPR também deixou de ser estatisticamente significativa.

Tabela 3: Resultados estimados da regressão (teste de robustez)

	(5) SCHPAD	(6) SCHPAD	(7) EXCTIME	(8) EXCTIME
Características da rota				
DENSITY	0.4895***	0.4926***	0.3811***	0.3798***
FREQ	-0.6944***	-0.6970***	-0.3562***	-0.3547***
FUELP	-2.5320***	-2.5272***	-0.7295	-0.7339

FUELEFF	-0.0292**	-0.0291**	-0.0632***	-0.0627***
SPEED	-0.0165***	-0.0165***	-0.0138***	-0.0137***
DELARR	-0.9658*	-1.0107*	1.4021***	1.0422***
Características do aeroporto				
CONGEST	-1.9431***	-1.9374***	-0.5559**	-0.5572**
MAXDEL	2.5771**		0.0951	
DELO		1.5912		-0.6670
DELD		1.3766		2.2866***
SLOTTPR	0.2378	0.2481	-0.5659	-0.5798
MAXHUB	-0.3889	-0.4291	-1.0923	-1.0508
Competição				
HHI	-0.8360*	-0.8338*	0.0988	0.0908
MAXHHI	1.6044***	1.6234***	2.4378***	2.4323***
<i>Defasagem</i>	<i>12 meses</i>	<i>12 meses</i>	<i>12 meses</i>	<i>12 meses</i>
R ² ajustado	0.4725	0.4725	0.5520	0.5521
Estatística RMSE	10.7549	10.7551	6.6893	6.6880
Nº de Observações	93094	93094	92593	92593

Notas: Resultados produzidos com estimador de efeitos fixos *two-way*, consistente a heterocedasticidade e autocorrelação (HAC); Representações do p-valor: * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01; Controle do *mix* de aeronaves com a adição das proporções de cada tipo de aeronave; Estatísticas R e RMSE obtidas a partir de um modelo LSDV equivalente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de um modelo econométrico, esse trabalho investigou os determinantes das práticas de *schedule padding* das companhias aéreas brasileiras. Na amostra analisada, nota-se que quando as companhias buscam melhorias de eficiência operacional – incluindo melhorias de eficiência energética, as práticas de *schedule padding* são evitadas. Os resultados indicam que essa estratégia tem como objetivo impulsionar a pontualidade dos voos em rotas mais densas, casos em que a satisfação dos passageiros e os custos com atrasos são mais relevantes. Em parte, o *schedule padding* incorpora algumas ineficiências do sistema, como maior tempo extra adicionado para os voos cuja origem ou destino sejam aeroportos com maior ocorrência de atrasos. Quanto à competição, voos em aeroportos mais concentrados tem mais *schedule padding*. Em mercados menos concentrados, a redução do *schedule padding* pode resultar em menores custos operacionais. A pontualidade se torna uma vantagem competitiva secundária.

Esse trabalho pode auxiliar companhias aéreas a identificar pontos de ineficiência no planejamento dos cronogramas de seus voos. Pesquisas futuras poderiam analisar a relação entre o *schedule padding* e o *turnaround time*. A eficiência na operação de solo pode ser prejudicada se a duração do voo não for planejada adequadamente. Além disso, pode-se analisar o impacto da modernização do controle de tráfego aéreo e das reformas regulatórias de gestão de atrasos e de alocação de *slots* nas práticas de *schedule padding*.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), 301344/2017-5.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bendinelli, W. E., Bettini, H. F. e Oliveira, A. V. (2016). Airline delays, congestion internalization and non-price spillover effects of low-cost carrier entry. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 85, 39-52.
- Edwards, H. A.; Dixon-Hardy, D. e Wadud, Z. (2016). Aircraft cost index and the future of carbon emissions

- from air travel. *Applied energy*, 164, 553-562.
- Fan, T. P. C. (2019). Schedule creep—In search of an uncongested baseline block time by examining scheduled flight block times worldwide 1986–2016. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 121, 192-217.
- Forbes, S. J., Lederman, M. e Yuan, Z. (2018). Do Airlines Pad Their Schedules? *Review of Industrial Organization*, 1-22.
- Greenfield, D. (2014). Competition and service quality: New evidence from the airline industry. *Economics of Transportation*, 3(1), 80-89.
- Hao, L. e Hansen, M. (2014). Block time reliability and scheduled block time setting. *Transportation Research Part B: Methodological*, 69, 98-111.
- Kang, L. e Hansen, M. (2017). Behavioral analysis of airline scheduled block time adjustment. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 103, 56-68.
- Mazzeo, M. J. (2003). Competition and service quality in the U.S. airline industry. *Review of Industrial Organization*, 22(4), 275–296.
- Mayer, C. e Sinai, T. (2003a). Network effects, congestion externalities, and air traffic delays: Or why not all delays are evil. *The American Economic Review*, 93(4), 1194-1215.
- Mayer, C. e Sinai, T. (2003b). Why do airlines systematically schedule their flights to arrive late? Working paper.
- Miranda, V. A. e Oliveira, A. V. (2018). Airport slots and the internalization of congestion by airlines: An empirical model of integrated flight disruption management in Brazil. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 116, 201-219.
- Prince, J. e Simon, D. (2009). Multimarket Contact and Service Quality: Evidence from On-Time Performance in the U.S. Airline Industry. *The Academy of Management Journal*, 52(2), 336-354.7
- Rupp, N.; Owens, D. e Plumly, L. (2006). Does competition influence airline on-time performance? *Advances in airline economics*, 1, 251-272.
- Skaltsas, G. (2011). Analysis of airline schedule padding on US domestic routes. Master's thesis. Massachusetts Institute of Technology.
- Yimga, J. e Gorjidoz, J. (2019). Airline schedule padding and consumer choice behavior. *Journal of Air Transport Management*, 78, 71-79.
- Young, T. M. (2017). Performance of the Jet Transport Airplane: Analysis Methods, Flight Operations, and Regulations. John Wiley & Sons.