



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA E CONTABILIDADE**  
**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA APLICADA**  
**CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

**ISADORA BRAGA PASSOS**

**MODELO DE PREVISÃO DA DEMANDA DE PASSAGEIROS DOMÉSTICOS NO**  
**AEROPORTO DE FORTALEZA**

**FORTALEZA**

**2021**

ISADORA BRAGA PASSOS

MODELO DE PREVISÃO DA DEMANDA DE PASSAGEIROS DOMÉSTICOS NO  
AEROPORTO DE FORTALEZA

Trabalho apresentado ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Carneiro Linhares.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

P321m Passos, Isadora Braga.

Modelo de previsão da demanda de passageiros domésticos no aeroporto de Fortaleza /  
Isadora Braga Passos. – 2021.

39 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará,  
Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Curso de Ciências  
Econômicas, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Fabrício Carneiro Linhares.

1. Modelo Gravitacional. 2. Transporte Aéreo - Demanda de passageiros. 3. Aeroporto  
Internacional de Fortaleza. 4. Ciências Econômicas. I. Título.

CDD 330

---

ISADORA BRAGA PASSOS

MODELO DE PREVISÃO DA DEMANDA DE PASSAGEIROS DOMÉSTICOS NO  
AEROPORTO DE FORTALEZA

Trabalho apresentado ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Economia.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Fabrício Carneiro Linhares. (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Christiano Modesto Penna  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Marcelo Davi Santos  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho a todos que me apoiaram ao longo dessa jornada.

## RESUMO

A previsão da demanda de passageiros do transporte aéreo é relevante devido ao impacto da receita gerada por visitantes no Ceará e para o planejamento de infraestrutura do aeroporto. O presente estudo tem como objetivo obter um modelo adequado de previsão da demanda de passageiros domésticos com destino ao Aeroporto Internacional de Fortaleza ao utilizar o modelo gravitacional, incorporando os efeitos de variáveis geoeconômicas e variáveis de controle. O período analisado foi de 2011 a 2020, com periodicidade trimestral. Os resultados obtidos confirmam o alto impacto das variáveis binárias que indicam o período afetado pela pandemia de COVID-19 e da presença de aeroportos *hub* como origem dos voos, assim como indicam impacto positivo da atividade econômica e infraestrutura de turismo para a demanda por transporte aéreo. Além disso, comprova-se a distância aérea entre aeroportos como fator de impacto negativo para o incremento do fluxo de passageiros. Por fim, pode-se motivar futuros estudos que englobem também os passageiros internacionais e incrementos de dados para a análise da demanda de passageiros no Aeroporto Internacional de Fortaleza.

**Palavras-chave:** Modelo Gravitacional. Demanda por Transporte Aéreo. Aeroporto Internacional de Fortaleza.

## ABSTRACT

The forecast for air transport passenger demand is relevant due to the impact of revenue generated by visitors in Ceará and for airport infrastructure planning. The present study aims to obtain an adequate model of forecasting the demand of domestic passengers bound for the International Airport of Fortaleza when using the gravitational model, incorporating the effects of geoeconomic variables and control variables. The period analyzed was from 2011 to 2020 on a quarterly basis. The results obtained confirm the high impact of the binary variables that indicate the period affected by the COVID-19 pandemic and the presence of hub airports as the origin of the flights, as well as indicating a positive impact of the economic activity and tourism infrastructure for the demand for air transport. In addition, the air distance between airports is proven to be a negative impact factor for the increase in the flow of passengers. Finally, it is possible to motivate future studies that also include international passengers and data increments for the analysis of passenger demand at Fortaleza International Airport.

**Keywords:** Gravitational model. Demand for Air Transport. Fortaleza International Airport.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1</b>	<b>Considerações iniciais.....</b>	<b>9</b>
<b>1.2</b>	<b>Problema de Pesquisa.....</b>	<b>12</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>12</b>
1.3.1	Objetivo Geral.....	12
1.3.2	Objetivos Específicos.....	12
<b>1.4</b>	<b>Metodologia.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>O modelo gravitacional no comércio internacional.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>O modelo gravitacional no transporte aéreo.....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>APLICAÇÃO DO MODELO GRAVITACIONAL.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Variáveis do Modelo.....</b>	<b>18</b>
3.1.1	Variável dependente.....	18
3.1.2	Infraestrutura de turismo.....	19
3.1.3	<i>Hub</i> aéreo.....	20
3.1.4	Distância aérea.....	21
3.1.5	<i>Dummy</i> de controle COVID-19.....	22
3.1.6	Infraestrutura de transporte rodoviário.....	24
3.1.7	Volume de serviços.....	25
3.1.8	Tarifa aérea.....	26
<b>3.2</b>	<b>Formulação do modelo empírico.....</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>33</b>
<b>5.1</b>	<b>Considerações finais.....</b>	<b>33</b>
<b>5.2</b>	<b>Contribuições do estudo.....</b>	<b>33</b>
<b>5.3</b>	<b>Limitações do estudo.....</b>	<b>34</b>
<b>5.4</b>	<b>Sugestões para estudos.....</b>	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>35</b>
	<b>ANEXO A - MODELO A.....</b>	<b>38</b>
	<b>ANEXO B - MODELO B.....</b>	<b>40</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações iniciais

O transporte aéreo passou por incremento tecnológico e uma forte expansão após a segunda guerra mundial, o que evidenciou o potencial da aviação civil (ICAO, 2019). Com o impulso provocado pela desregulamentação do transporte aéreo, os aeródromos na Europa se desenvolveram, o que proporcionou uma base para a aviação comercial. (CASTRO, 2012).

Por promover a integração de rotas domésticas e internacionais, a aviação comercial é objeto de estudos com a finalidade de determinar o impacto do modal de transporte no crescimento da economia sob a ótica do comércio e do turismo. Segundo ICAO (2019), o impacto econômico direto e indireto da indústria de aviação em âmbito global foi estimado em 3,6% do PIB mundial.

No Brasil, apenas em 1927 o transporte aéreo de passageiros teve a primeira operação, mas foi durante as décadas de 1940 e 1950 que aconteceu o primeiro movimento de expansão das empresas nacionais (CNT, 2015). Dessa forma, o mercado brasileiro acompanhou a tendência mundial de crescimento do modal aéreo no pós segunda guerra mundial.

De acordo com a CNT (2015), durante a década de 1990 se iniciou um movimento de desregulamentação do setor aéreo brasileiro. Essa flexibilização foi um plano de ação do governo diante das falências das empresas e do insucesso no controle inflacionário. Devido a isso, a competição foi promovida com a autonomia das companhias aéreas na determinação da tarifa, o que levou a uma descentralização do mercado e permitiu o ingresso de empresas *low cost* a partir de 2001.

Os indicadores do mercado de transporte aéreo da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) mostram que a tarifa aérea real média, considerando todas as rotas monitoradas, passou de R\$ 867,86 em 2003 a R\$ 401,92 em 2018, uma redução de 54% no período. Em contrapartida, a participação do setor aéreo no transporte interestadual de passageiros passou de em 27,9% em 2003 a 70,5% em 2018, quando comparado ao transporte rodoviário segundo os dados da ANTT (2018).

O Brasil é um país de dimensões continentais e com o terceiro maior mercado doméstico, motivos que tornam a infraestrutura aeroportuária ainda mais relevante para o transporte aéreo no país. O processo de desregulamentação, segundo Bettini

e Oliveira (2016) e o conseqüente aumento do tráfego de passageiros evidenciou os problemas de congestionamento e atraso de voos. Por isso, a demanda por investimentos em infraestrutura nos terminais de passageiros desencadeou as rodadas de concessões dos aeroportos.

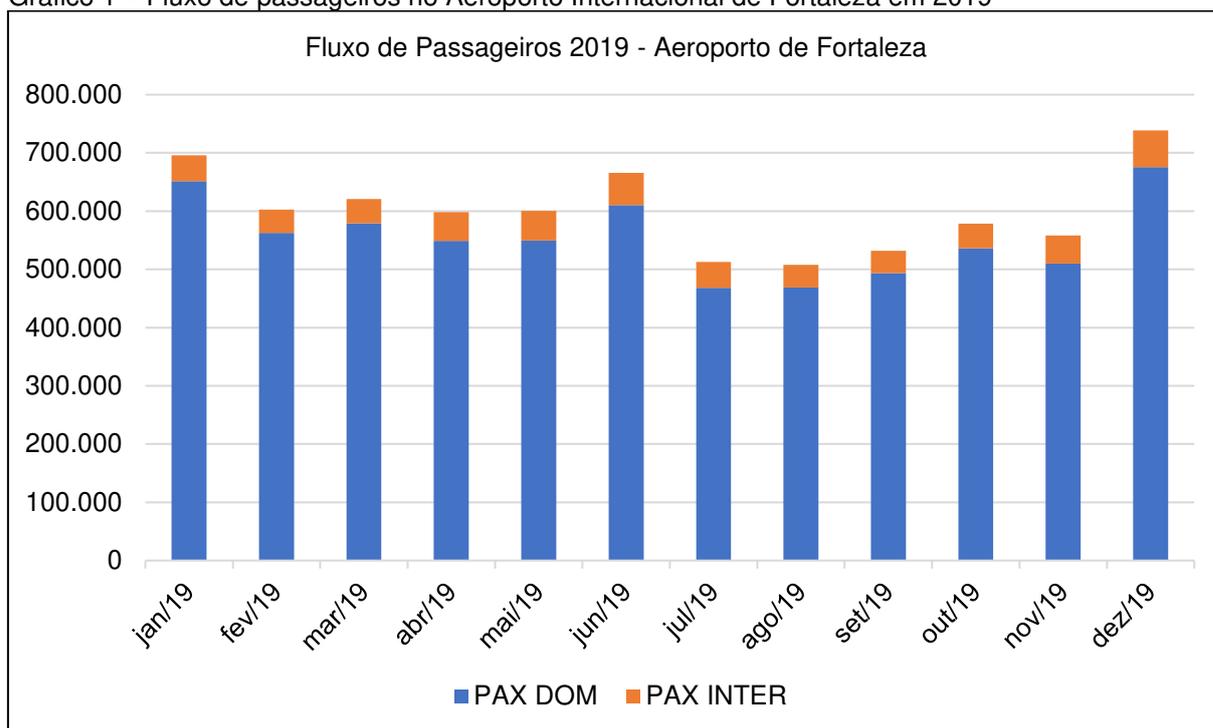
De acordo com a ANAC (2011), a prioridade do modelo brasileiro de concessões é assegurar a qualidade do serviço nos aeroportos, garantir investimentos e adoção de padrões internacionais de operação. Em 2009 haviam cerca de 700 aeródromos no Brasil sob domínio público, dentre esses, a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária – INFRAERO, administrava 67. (FIUZA, 2009). Atualmente, existem 48 aeroportos operados pela INFRAERO e 22 aeroportos concedidos à iniciativa privada.

Em meio a este cenário, o Aeroporto Internacional de Fortaleza foi concedido para a empresa Fraport Brasil – Fortaleza, que é subsidiária da Fraport AG Frankfurt Airport Services Worldwide, através de leilão realizado em março de 2017, com início das operações a partir de janeiro de 2018 e prazo de concessão de 30 anos.

Após a concessão, o Aeroporto de Fortaleza passou por obras de expansão para aumentar a capacidade do terminal de passageiros para atender as exigências do contrato de concessão, prevendo o aumento da demanda doméstica e internacional.

Segundo SETUR-CE (2016), o turismo doméstico representa 92% da demanda turística do Ceará, São Paulo é principal emissor isolado, sendo o Sudeste a origem de aproximadamente 40% da demanda turística do Estado, enquanto o Nordeste responde por 37%, o Centro-Oeste por 10%, Norte 9% e o Sul com a menor participação, o equivalente a 5%. O gráfico 1 mostra o fluxo de passageiros em 2019 no Aeroporto Internacional de Fortaleza com a divisão por origem do voo, sendo este doméstico ou internacional.

Gráfico 1 – Fluxo de passageiros no Aeroporto Internacional de Fortaleza em 2019



Fonte: Site Oficial do Aeroporto Internacional Pinto Martins.

Em 2010, a receita turística total foi de 7 bilhões de reais e representou participação de 10,8% do PIB estadual. Esse percentual é acima da média brasileira, o que evidencia a relevância da atividade turística para o desenvolvimento econômico do estado do Ceará (SETUR-CE, 2016). O quadro 1 apresenta os dados divulgados pela SETUR-CE para os agregados turísticos do Ceará em 2010 e 2017.

**Tabela 1 - Agregados Turísticos do Ceará – 2010/2017**

<b>Agregados</b>	<b>2010</b>	<b>2017</b>
Demanda Turística Via Fortaleza	2.691.729	3.384.593
Gastos per capita (R\$)	1.510,31	2.651,12
Receita Turística Direta (R\$ milhões)	4.065,3	8.973,0
Renda Gerada (R\$ milhões)	7.114,4	15.702,7
Impacto sobre o PIB (%)	10,5	11,9

Fonte: SETUR-CE, 2017.

O presente estudo discorrerá acerca do modelo de previsão de demanda doméstica para o Aeroporto de Fortaleza com base nos dados históricos de desembarque de passageiros de voos regulares de origem doméstica e variáveis exógenas com base na literatura em discussão.

## **1.2 Problema de Pesquisa**

O cenário apresentado anteriormente evidencia que a demanda pelo transporte aéreo vem aumentando em termos absolutos e proporcionais a outros modais. O planejamento da demanda de passageiros é fundamental para que se formule estratégias de incremento do turismo e para o planejamento da capacidade operacional do terminal de passageiros.

O foco do estudo é o Aeroporto de Fortaleza, pois o estado do Ceará tem percentual relevante de participação do setor de turismo no PIB. Além disso, com base nas rotas domésticas estabelecidas é possível analisar quais variáveis influenciam a dinâmica do fluxo de passageiros.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

De acordo com o problema apresentado, o presente trabalho tem como objetivo geral obter um modelo de previsão de demanda de passageiros das rotas domésticas no Aeroporto Internacional de Fortaleza.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Com a finalidade de conduzir o estudo para atender o objetivo geral, é necessário subdividir este nos objetivos específicos listados abaixo:

- Análise dos dados históricos de passageiros desembarcados em rotas domésticas no Aeroporto Internacional de Fortaleza.
- Escolha de modelo e método de estimação mais adequados aos dados dispostos.
- Definição das variáveis exógenas que serão incluídas no modelo.

## **1.4 Metodologia**

Para viabilizar a análise dos dados históricos, foram obtidos os dados de passageiros embarcados e desembarcados de janeiro de 2011 a dezembro de 2020

no Aeroporto Internacional de Fortaleza através da base de dados disponibilizada pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

Os dados acima foram classificados por trimestre, Unidade da Federação de origem e destino do voo.

Diante da literatura analisada, o modelo gravitacional abrange os custos de transação inerentes ao deslocamento entre a origem e o destino, além de comportar a massa econômica que representa a escala. Logo, foi adotado o modelo gravitacional para previsão da demanda de passageiros domésticos no Aeroporto de Fortaleza.

Após a escolha do modelo foram adotados os métodos de estimação mais adequados à disposição dos dados e obtidos os resultados dos coeficientes das variáveis escolhidas, atingindo assim o objetivo geral do trabalho proposto.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Modelos preditivos de demanda usualmente são divididos entre os modelos de tendência, que consideram a série temporal e a tendência da variável, e os modelos de regressão causal, que tem o método econométrico como o mais utilizado e incluem os efeitos de variáveis explicativas socioeconômicas. (COSTA *et al*, 2008).

A demanda por transporte aéreo pode ser influenciada por macro fatores, cujos exemplos indicados por Holloway (2003) são: o crescimento da economia, a tarifa cobrada pelas companhias aéreas e o preço do transporte rodoviário.

De acordo com Santos (2008), o progresso na oferta de transporte aéreo pode influenciar a demanda. Nesses casos, o surgimento de uma nova rota para atender passageiros que não eram alcançados pelo modal aeroviário, o incremento da frequência de voos e a acessibilidade das tarifas em relação a preço são fatores de atração de demanda.

Além disso, a demanda por transporte aéreo é propensa a flutuações periódicas, por exemplo, no período de férias as rotas turísticas têm incremento do número de passageiros transportados. Ao mesmo tempo, flutuações irregulares podem impactar a demanda pelo modal aeroviário de forma imprevisível, como no caso do Atentado de 11 de setembro. (SANTOS, 2008).

Dado que os fatores que exercem influência sobre a atividade de transporte aéreo são numerosos, um modelo preditivo deve incluir variáveis relevantes para o setor e que representam impactos distintos, para evitar que haja um mesmo fator de influência representado por mais de uma variável no modelo. Dessa forma, evita-se a ocorrência de multicolinearidade no modelo. As variáveis explicativas mais recorrentes em modelos do transporte aéreo são as que representam o mercado através do poder de compra e tamanho da população, preço da tarifa e preço de outros modais de transporte (GODOY, 1997).

### 2.1 O modelo gravitacional no comércio internacional

O modelo gravitacional desenvolvido por Tinbergen (1962) aplica a equação Newtoniana da gravidade com a substituição da massa por uma interpretação econômica. No modelo básico, o fluxo de comércio internacional entre dois países é uma função do PIB referente a cada país e da distância entre eles, observado na

equação (1), além de incluir o logaritmo natural em ambos os lados da igualdade para estimar os parâmetros.

$$F_{ij} = A \frac{(Y_i \cdot Y_j)}{D_{ij}} \quad (1)$$

Em que A é um fator de ajustamento ou de calibração,  $Y_i$  representa o PIB da localidade  $i$  e  $Y_j$  o PIB da localidade  $j$ .  $D_{ij}$  é a distância entre as duas localidades.

As conclusões do modelo acima mostram que há uma correlação positiva entre o PIB e o fluxo de exportações e que a distância entre os países apresenta correlação negativa com o fluxo comercial.

Em adição ao modelo gravitacional básico, Linnemann (1966) formulou que o fluxo de comércio internacional é resultado da interação entre fatores definidos como a oferta do país exportador, a demanda do país importador e a resistência empregada entre ambos os países. Dessa forma, a oferta do país exportador e a demanda do país importador são funções da renda nacional dos países envolvidos no comércio e a resistência é definida como os custos de transação e acordos comerciais estabelecidos.

Bergstrand (1985) incluiu a variável de PIB per capita na formulação do modelo, com o objetivo de sofisticação da demanda, que possibilita a diferenciação de bens de luxo e bens de necessidade. Além disso, o modelo propõe a inclusão de variáveis monetárias, além das variáveis de PIB e distância, e conclui que a taxa de câmbio possui efeito significativo no fluxo comercial.

A literatura decorrente dos modelos gravitacionais é, em maioria, aplicada ao fluxo de comércio internacional. As evidências sobre os impactos dos acordos comerciais e da união monetária podem ser encontradas em McCallum (1995). O modelo gravitacional genérico definido por Matyas (1997) para o comércio internacional analisa as consequências da exclusão do efeito do tempo e da entidade individual e isso foi possível devido à maior disponibilidade de dados. O referido estudo proporcionou a adição dos efeitos fixos para importador, exportador e tempo no modelo proposto, além das variáveis PIB e distância presentes desde o modelo básico.

Em Piani e Kume (2000), o fluxo comercial bilateral é observado para 44 países no período de 1986 a 1997 a partir do modelo gravitacional e expõe o resultado de significância estatística para renda, distância, idioma e fronteiras geográficas em comum.

## 2.2 O modelo gravitacional no transporte aéreo

O modelo gravitacional pode explicar outros fluxos além do comércio internacional. No transporte aéreo, por exemplo, esse tipo de modelagem pode explicar o potencial de mercado para o fluxo entre pares conectados por uma rota. (HOLLOWAY, 2003). De acordo com Grosche *et al* (2007), no modelo gravitacional sob o contexto do transporte aéreo o fluxo de passageiros entre dois aeroportos é influenciado por fatores socioeconômicos, por exemplo, as atividades de turismo e de negócios.

As variáveis que influenciam o transporte aéreo, no modelo gravitacional, podem ser categorizadas em dois grupos: as variáveis relacionadas a fatores geoeconômicos e a fatores de serviços. Nesse tipo de análise, as variáveis geoeconômicas representam a atividade econômica e as características geográficas da localidade, cidade ou região, em que o aeroporto está inserido. Os fatores relacionados a serviços são variáveis que representam as características do transporte aéreo como prestação de serviço e controladas pelas companhias aéreas. Dentre os fatores geoeconômicos, a representação da atividade econômica pode ser incluída através de variáveis como renda da população. (CALDERÓN, 1997).

Um problema comum ao estudo do transporte aéreo e do comércio internacional, na construção do modelo gravitacional, é o fluxo zero na amostra. Por se tratar de uma matriz de fluxo bilateral da rota entre duas localidades, a presença do fluxo zero será menos comum ao analisar rotas bem estabelecidas no mercado de aviação. Segundo Tinbergen (1962), a inclusão de países menores pode ampliar o número de fluxo zero no modelo aplicado ao comércio internacional, pois a análise é feita considerando a escala global de comércio agregada a nível de país.

Segundo Godoy (1997), as variáveis como tempo de viagem e valor da tarifa tendem a apresentar efeito negativo sobre o número de passageiros transportados, uma vez que são indicadores de resistência para a demanda do modal aeroviário.

Em contrapartida, Rengaraju e Arasan (1997) não incluem a tarifa aérea na construção do modelo de previsão de demanda para o transporte aéreo, pois estaria correlacionada à distância ou tempo de viagem e a omissão da tarifa como variável explicativa do modelo evitaria problemas de multicolineariedade. Outro fator considerado por O'Connor (1982) é que a tarifa aérea assume papel de fator exógeno

para as companhias aéreas, uma vez que as empresas têm controle limitado do preço se estão inseridas em mercados competitivos.

Calderón (1997) apresenta resultados de que a demanda pelo transporte aéreo é inelástica ao preço quando se considera a tarifa econômica irrestrita, portanto tarifas aéreas com desconto moderado não implicam em aumento significativo no número de passageiros.

### **3 APLICAÇÃO DO MODELO GRAVITACIONAL**

Nesta sessão é apresentado modelo de regressão empírico, formulado no modelo gravitacional para análise de demanda do transporte aéreo de passageiros domésticos para o estado do Ceará, por meio dos fluxos interestaduais de desembarque de voos comerciais no Aeroporto Internacional Pinto Martins com origem nas demais capitais brasileiras, durante o período de 2011 a 2020.

Dessa forma, as localidades-alvo selecionadas para a análise de fluxo são os estados brasileiros cujas capitais possuem rotas de voos regulares ao Aeroporto de Fortaleza. Ao optar pelas movimentações aéreas que conectam as demais capitais a Fortaleza, foi possível selecionar localidades de destaque regional e relevantes no âmbito socioeconômico brasileiro.

#### **3.1 Variáveis do Modelo**

Ao selecionar variáveis para o modelo gravitacional, precisa-se avaliar aquelas de impacto relevante para a demanda por transporte aéreo, seja este impacto positivo ou negativo. A determinação das variáveis utilizadas foi baseada na revisão da literatura e em análises similares, porém, limitadas pela disponibilidade de dados.

Segundo Montoro Filho (1971), a demanda por transporte aéreo pode ser representada pelo fluxo de passageiros embarcados e desembarcados, uma vez que o número de assentos disponíveis nas aeronaves indica a oferta, e, devido o volume de passageiros embarcados ser praticamente equivalente ao de passageiros desembarcados, também é possível optar pela representação da demanda a partir de um deles ou da soma de ambos.

Ainda assim, de acordo com Santos (2008) o número de passageiros transportados é a parcela da demanda efetivamente atendida pelo transporte aéreo, mas há ainda uma parcela da demanda não atendida e que não é representada por dados de passageiros transportados.

##### **3.1.1 Variável dependente**

A variável dependente é constituída pelo número de passageiros de voos regulares por rota de origem-destino, obtidos através da base de dados do transporte

aéreo da agência reguladora ANAC. No presente trabalho, os dados são referentes aos fluxos que ligam 17 estados e 1 distrito federal ao Aeroporto Internacional de Fortaleza, durante o período de 2011 a 2020, em frequência trimestral. Sendo a variável dependente uma proxy da demanda pelo transporte aéreo de passageiros, que considera a soma de passageiros desembarcados no destino, o aeroporto de Fortaleza, a partir da Unidade Federativa de origem.

Com a finalidade de evitar maiores problemas devido a presença do fluxo zero, foram escolhidos neste estudo apenas os aeroportos que atendem às capitais dos referidos estados ou distrito federal. Rotas cujo fluxo zero é superior a 70% no período analisado foram excluídas. Na existência de mais de um aeroporto que atende a capital, foi considerado aquele com maior fluxo de passageiros.

A base de dados da ANAC é formulada a partir dos dados enviados pelas companhias aéreas, o que deixa margem para sub-reportagem das informações, uma vez que a companhia aérea é tributada sobre o volume de passageiros transportados.

### 3.1.2 Infraestrutura de turismo

O número de leitos de hospedagem no Estado do Ceará, localidade de destino dos voos, foi escolhido como variável representante do fator de turismo no modelo, utilizado como proxy da infraestrutura turística. Segundo Castelli (2003), a permanência em destinos turísticos se torna viável mediante a oferta de hospedagem no local. Dessa forma, a oferta de leitos de hospedagem representa a capacidade da região em receber turistas.

Segundo SETUR (2016), lazer é o principal motivo de viagem para o Ceará via Fortaleza e representa 44,9% da demanda turística, com receita turística per capita de R\$ 2.248 por visitante a lazer. A tabela 2 contém os dados de motivação de viagem e receita turística da demanda turística do Ceará via Fortaleza em 2016.

**Tabela 2 – Demanda turística do Ceará via Fortaleza, 2016**

Motivação	Turistas		Receita Turística		Impacto no PIB (%)
	Total	%	R\$ Milhões	%	
Lazer	1.456.332	44,9	3274,8	44,8	5,3
Visita a parentes/amigos	651.944	20,2	1193,8	16,3	1,9
Negócios/Trabalho	567.613	17,5	1317,5	18,0	2,1
Congressos/Eventos	363.272	11,2	857,0	11,7	1,4
Outros	204.341	6,3	189,7	2,6	0,3
<b>Total</b>	<b>3.243.501</b>	<b>100,0</b>	<b>7.493,7</b>	<b>93,4</b>	<b>11,7</b>

Fonte: Setur, 2016.

A contribuição do turismo na economia cearense é evidenciada por meio da geração de emprego e renda. De acordo com o estudo realizado pela SETUR (2016), que analisa o desempenho da atividade turística no estado, no período de 2006 a 2016 o fluxo de turistas via Fortaleza apresentou crescimento de 57,3%, o que representa um incremento anual de 4,6%. No mesmo período, o nível de empregos nos setores característicos de consumo turístico no Estado cresceu de 8,0% ao ano. Além disso, a relevância do setor para a economia do Ceará evoluiu através da participação da renda gerada pelo turismo no Produto Interno Bruto (PIB) da economia, que passou de 9,4% em 2006 para 11,7% em 2016.

No presente estudo, os dados de número de leitos de hospedagem foram obtidos da base de dados do Ministério do Turismo e representam os meios de hospedagem com registro no Cadastro do Turismo (CADASTUR).

### 3.1.3 Hub aéreo

A variável *dummy* (HUB) foi incluída no modelo para indicar a atividade de *hub* aéreo no aeroporto da localidade, identificado como aeroporto concentrador de voos de uma ou mais companhias aéreas.

Segundo Almeida e Costa (2014), antes do processo de desregulamentação do transporte aéreo, o modelo de operação das companhias aéreas era ponto a ponto, ou seja, voos diretos para abranger todas as rotas operadas. Devido a desregulamentação do modal aeroviário, as companhias aéreas reestruturaram a operação com a adoção do modelo de sistema de redes chamado *hub & spoke*. Nessa perspectiva, o aeroporto *hub* tem relevância pela capacidade de concentrar um maior número de voos com conexão a aeroportos de menor capacidade, chamados de *spoke*.

Ao operar no modelo *hub & spoke*, a companhia aérea pode ofertar rotas que conectam aeroportos *hub* entre si ou que ligam um aeroporto *hub* a um aeroporto *spoke* (DOGANIS, 2002). Essa estratégia permite que as companhias aéreas ampliem o mercado de atuação e aumentem o número de rotas. A maior capacidade de realocação de voos, frequências e preços no hub de determinada empresa aérea tem como finalidade enfraquecer as empresas concorrentes em certas rotas. (PASIN e LACERDA, 2003).

Aeroportos *hub* possuem maior volume de voos em decorrência da função de servirem como ponte de conexão do fluxo de passageiros com os demais aeroportos. Ao incluir o referido controle, a expectativa é contornar a interferência na variável dependente proporcionada pelo maior tráfego aéreo dos aeroportos de origem que funcionam como *hub* aéreo e, conseqüentemente, operam voos de conexão de passageiros de outras origens além da localidade em que o aeroporto está estabelecido.

O Brasil possui 10 aeroportos *hub* das 3 maiores companhias aéreas nacionais, sendo: Aeroporto de São Paulo-Congonhas (SP), Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos (SP), Aeroporto Internacional Tom Jobim (RJ) e Aeroporto Internacional de Brasília (DF) como *hubs* da LATAM e da GOL; Aeroporto Internacional de Fortaleza (CE) e Aeroporto Internacional de Salvador (BA) como *hubs* da GOL; Aeroporto Internacional do Recife (PE), Aeroporto Internacional de Belo Horizonte (MG), Aeroporto Internacional de Viracopos (SP) e Aeroporto Internacional de Cuiabá (MS) como *hubs* da AZUL.

De acordo com Calderón (1997), os resultados obtidos do modelo de demanda das rotas aéreas internacionais intra-europeias mostram elevado impacto positivo dos respectivos coeficientes de variáveis *dummy* que indicam que uma (HUB1) ou ambas (HUB2) as cidades de origem e destino do voo são *hub* aéreo de uma grande companhia.

#### 3.1.4 Distância aérea

A distância aérea entre os pontos de origem e destino foi incluída como variável no presente modelo. A base para o modelo gravitacional aplicado ao comércio internacional e aos transportes é a Lei Gravitacional da física, cuja definição é que a intensidade da força que atrai dois corpos é diretamente proporcional às massas

destes corpos e inversamente proporcional à distância entre eles. Dessa forma, o conceito de distância foi adaptado para representar a atração da demanda por transporte aéreo entre a localidade de origem e de destino.

Existe uma dualidade no efeito atribuído à distância entre duas localidades na análise do fluxo de passageiros. Ao tratar de relações comerciais, a tendência é que a distância resulte em menor atração, porém, o modal aeroviário possui vantagem operacional em relação a outros modais de transporte quanto maior a distância. (GROSCHE *et al*, 2007).

A distância aérea entre as localidades considera uma distância fixa, ou seja, é uma distância aproximada da rota real desconhecida realizada pela aeronave em determinado fluxo de origem-destino. O resultado esperado para o impacto da variável distância é indefinido, devido ao efeito da dualidade. Espera-se que o aumento da distância tenha como consequência um aumento da tarifa cobrada pela companhia aérea, em decorrência do maior custo ao operar voos com maiores distâncias. O resultado do aumento da tarifa pode ser captado por outra variável que será incluída no modelo para o efeito tarifário mais especificamente. Dessa forma, há o segundo efeito, este positivo, esperado pelo advento da vantagem competitiva do transporte aéreo para maiores distâncias, quando comparado ao transporte rodoviário, por exemplo.

### 3.1.5 *Dummy* de controle – COVID-19

Uma variável *dummy* foi inserida no modelo para captar o efeito da pandemia ocasionada pelo vírus COVID-19 na demanda do modal aeroviário. No Brasil, o primeiro caso confirmado aconteceu em 26 de fevereiro, em São Paulo. Desde então, a pandemia e as ações governamentais foram variadas, com medidas de distanciamento ou isolamento social em algumas localidades.

O maior impacto do cenário pandêmico no transporte aéreo global ocorreu nos meses de abril e maio de 2020, período em que o número de passageiros transportados caiu aos níveis de 10% a 15% do número de passageiros transportados em 2019, de acordo com IATA (2020).

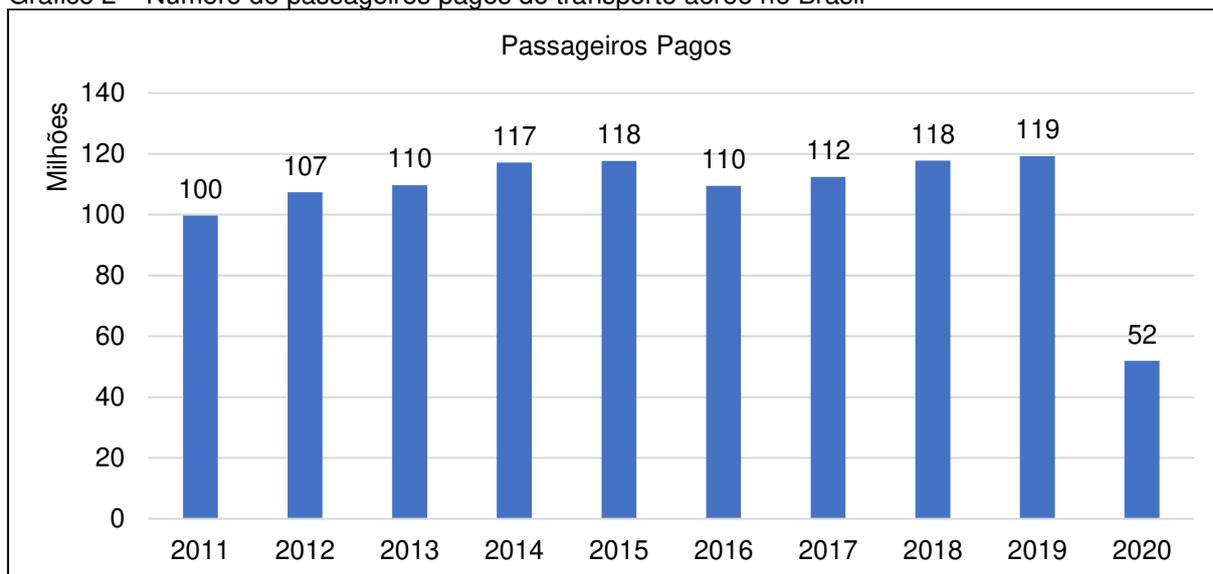
A nível mundial, o efeito ocasionado pela pandemia no ano de 2020 foi de redução de 50% do número de assentos ofertados pelas companhias aéreas e perda de \$350 bilhões de dólares de receita com a operação de transporte aéreo de

passageiros pelas companhias. Para os aeroportos, no âmbito global, houve perda estimada de 64% do fluxo de passageiros e de 65% da receita no ano de 2020 em relação ao período pré-pandemia. (ICAO, 2021).

Em abril de 2020, o mês de maior impacto para a aviação brasileira, a oferta de voos domésticos das 3 maiores companhias aéreas GOL, LATAM e AZUL foi reduzida em cerca de 90%. Além disso, as maiores empresas aéreas somavam 114 aeronaves paradas, do total de 153 aeronaves. (MARGRAF *et al*, 2020).

No Brasil, o número de passageiros pagos em 2020 reduziu 56% em comparação ao ano de 2019, segundo os dados da ANAC. O gráfico 1 traz o número de passageiros pagos da aviação comercial brasileira durante o período de 2011 a 2020.

Gráfico 2 – Número de passageiros pagos do transporte aéreo no Brasil



Fonte: Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC.

No Ceará, em 2020, o número de passageiros de voos domésticos sofreu uma queda de 55%, quando comparado a 2019, enquanto a redução dos passageiros de voos internacionais foi de 75% em relação a 2019. Os voos domésticos regulares do segundo trimestre de 2020 com destino ao Aeroporto de Fortaleza tiveram taxa de ocupação média de 71%, considerando os passageiros pagos, em 134 voos. Enquanto a taxa de ocupação média foi de 79% para o mesmo período de 2019, em 891 voos. (Fonte: Dados ANAC).

As consequências da pandemia pelo COVID-19 afetaram toda a cadeia econômica em que o transporte aéreo está inserido, desde os setores de varejo e serviços ao setor de produção de aeronaves. Devido o fator exógeno de grande

impacto, classificou-se como necessária a inserção da variável *dummy* no presente modelo.

As projeções de cenários, segundo ICAO (2021), mostram que, para a América Latina, o transporte aéreo de passageiros não deve retomar ainda em 2021 ao patamar observado em 2019, mesmo considerando o cenário mais positivo. No entanto, o impacto real da pandemia pelo COVID-19 dependerá da magnitude e do prazo de duração das medidas de restrição de circulação, bem como das condições econômicas e da confiança do mercado no transporte aéreo.

### 3.1.6 Infraestrutura de transporte rodoviário

O modal aeroviário, assim os demais outros produtos e serviços, pode apresentar outros modais de transporte como bens substitutos. A questão da escolha do consumidor pelo modal de transporte envolve aspectos como o preço, eficiência, qualidade do serviço e tempo de deslocamento de um meio de transporte. (MONTORO FILHO, 1971). Dessa forma, a escolha do indivíduo por um determinado modal engloba um conjunto de aspectos e pode variar conforme a necessidade dele.

No Brasil, para Pereira e Lessa (2011), o transporte rodoviário foi o centro dos investimentos da política nacional de transportes, ao mesmo tempo que o capital internacional da indústria automobilística ingressou no país, com destaque no período durante o governo de Juscelino Kubitschek.

Apesar da priorização do modal rodoviário em relação a outros meios de transporte pela política de transportes no Brasil, segundo estudos da Confederação Nacional de Transportes (CNT), a extensão total da malha rodoviária em 2019 era de 1.720.700 km e somente 12,4% desse total é composto por rodovias pavimentadas. No período de 2009 a 2019, a malha de rodovias pavimentadas cresceu apenas 0,5%. De acordo com a Pesquisa CNT de Rodovias (2020), 59,2% das rodovias avaliadas, em 2019, apresentaram algum tipo de problema no estado geral. Enquanto isso, o número de veículos registrados apresentou crescimento de 59,5% no período de 2010 a 2019.

No presente estudo, a variável definida como quilômetros de rodovias federais pavimentadas no Estado correspondente à localidade de destino, foi inserida no modelo como *proxy* para infraestrutura rodoviária. Desse modo, busca-se a incorporação no modelo do principal modal substituto do transporte aéreo no estado

do Ceará e a representação dos acessos interestaduais por meio das rodovias federais.

### 3.1.7 Volume de serviços

Segundo IPEA (2010), existe uma forte correlação entre demanda por transporte aéreo e crescimento do PIB.

O Brasil tem potencial para expandir o mercado do transporte aéreo, diferente de economias maduras cuja elasticidade de crescimento da demanda em relação ao crescimento de PIB tende ao declínio. (BAIN & COMPANY, 2007, apud IPEA, 2010, p. 56).

Durante o período de 1997 a 2006, a movimentação de passageiros pelo transporte aéreo no Brasil cresceu a uma taxa anual de 9,7%, enquanto o crescimento do PIB foi de 2,4%.

O PIB tem como objetivo mensurar o grau de atividade econômica em determinada localidade a partir da soma, em valores monetários, de todos os bens e serviços produzidos. Porém, a nível estadual, o PIB calculado através de uma metodologia aplicada igualmente a todas as Unidades Federativas tem periodicidade anual. Neste estudo, os dados são de frequência trimestral, por isso, utiliza-se como *proxy* para o grau de atividade econômica a variável volume de serviços no Estado referente à localidade de origem, obtida por meio da Pesquisa Mensal de Serviços (IBGE).

A Pesquisa Mensal de Serviços (PMS) produz indicadores para acompanhamento do comportamento conjuntural dos principais segmentos do setor de serviços do Brasil, em que a variável investigada é a receita bruta nominal de serviços, e é realizada através de pesquisa por amostragem probabilística em todas as Unidades da Federação. No presente trabalho, a série utilizada é o volume de serviços do último mês do trimestre com ajuste sazonal. O índice de volume de serviços é obtido pela deflação dos valores nominais correntes por índices de preços específicos para cada grupo de atividade, e para cada Unidade da Federação, construídos a partir dos relativos de preços do IPCA.

### 3.1.8 Tarifa aérea

Segundo Holloway (2003), a tarifa paga pelo passageiro às companhias aéreas é um dos macro fatores que exercem influência sobre a demanda por transporte aéreo.

Para Santos (2008), o incremento tecnológico e o conseqüente aumento de produtividade das companhias aéreas proporcionou a redução das tarifas. Um outro fator de destaque é a maior competição no mercado da aviação comercial, o que motiva a redução de preço das passagens. Calderón (1997) mostra que a demanda por transporte aéreo é inelástica em relação à tarifa aérea quando se considera a tarifa econômica sem restrições a políticas como troca, cancelamento ou reembolso, enquanto descontos moderados aplicados a passagens com restrições não geram incremento significativo no tráfego aéreo.

A sensibilidade da demanda em relação a tarifa está relacionada com o motivo da viagem, pois viagens a lazer levam a uma maior elasticidade da demanda em relação ao preço da passagem, enquanto viagens a trabalho indicam menor sensibilidade da demanda em relação à tarifa. (SANTOS, 2008).

Sabe-se que o lazer é o principal motivo da viagem de passageiros que desembarcam no Aeroporto de Fortaleza, o que leva a esperar um efeito negativo da tarifa aérea no modelo de previsão da demanda. Porém, é preciso considerar a hipótese de correlação da tarifa com a distância, pois o custo da operação aumenta conforme a distância. Neste trabalho foram incluídos dois modelos, A e B, que variam a relação à presença da tarifa aérea como variável explicativa.

A tarifa aérea utilizada no modelo B foi obtida por meio da base de dados da ANAC. Por se tratar de um modelo empírico de periodicidade trimestral, foi calculada a tarifa média do trimestre para cada rota analisada e representada no modelo por meio da variável LTM.

## 3.2 Formulação do modelo empírico

A formulação do modelo gravitacional tem base na lei newtoniana da gravidade, de modo que o fluxo bilateral entre as localidades é proporcional à “massa” (tamanho da economia e infraestrutura) atribuída às Unidades da Federação, sob a ótica do presente estudo, e inversamente proporcional à respectiva distância. Apesar da

origem na equação newtoniana de gravidade, o modelo gravitacional em aplicações econômicas pode derivar dos fundamentos teóricos dos modelos Ricardiano e Hecksher-Ohlin.

O modelo adotado no presente estudo tem como base os modelos empíricos gravitacionais discutidos em Montoro Filho (1971) e Grosche *et al* (2007) e os conceitos básicos de demanda por transporte aéreo sintetizados por Santos (2008).

O modelo gravitacional genérico adaptado para o transporte aéreo, neste estudo, apresenta a seguinte formulação:

$$NP_{ij,t} = \exp(a_{ij} + \delta_t + \sum_{h=1}^H \beta_n Z_{n,ij} + \sum_{l=1}^L \beta_m S_{m,ij} + \sum_{r=1}^R \beta_k W_{k,i} + \sum_{v=1}^V \beta_l P_{l,ij}) \cdot \varepsilon_{ij,t} \quad (2)$$

A variável  $NP_{ij,t}$  é o volume de passageiros domésticos do transporte aéreo da origem  $j$  para o destino  $i$  no período  $t$ . O termo  $a_{ij}$  representa os efeitos fixos para os pares de origem e destino,  $j$  e  $i$ , que estima parâmetros não observáveis e invariantes em relação ao tempo. O termo  $\delta_t$  capta o efeito tendência em relação ao tempo. As variáveis  $Z_{n,ij}$  são determinantes geoeconômicas, divididas por Calderón (1997) em duas categorias: fatores de atividade econômica e fatores de deslocamento. As variáveis  $S_{m,ij}$  são relacionadas aos preços pagos pelo passageiro. As variáveis  $W_{k,i}$  trazem os fatores de infraestrutura de transporte e de turismo no destino  $i$ . As variáveis  $P_{l,ij}$  representam controles especiais que exercem algum tipo de viés sobre a variável dependente.

Diante da hipótese de correlação entre tarifa aérea e distância discutida anteriormente, o presente estudo traz a formulação de dois modelos, A e B, em que o segundo apresenta a tarifa aérea como variável. As equações dos modelos A e B resultam da log-linearização da equação (2)

O modelo A é especificado na equação 3.1, abaixo,

$$\ln NP_{ijt} = a_{ij} + \delta_t + \beta_1 Y_{j,t} + \beta_2 NL_{i,t} + \beta_3 HUB_{j,t} + \beta_4 DCovid_{t} + \beta_5 Distancia_{ij} + \beta_6 RP_{i,t} + \beta_7 CON_{i,t} + \beta_8 CON_{j,t} + \beta_9 HUB_{j,t} \quad (3.1)$$

No modelo especificado acima, os regressores  $Y_{j,t}$  (volume de serviços na origem  $j$  com ajuste sazonal) e  $Distancia_{ij}$  (distância aérea em quilômetros entre

origem  $j$  e destino  $i$ ) compreendem as variáveis geoeconômicas. Os regressores  $NL_{i,t}$  (número de leitos de hospedagem no destino  $i$ ) e  $RP_{i,t}$  (quilômetros de rodovia federal pavimentada no destino  $i$ ) são *proxys* das variáveis de infraestrutura de turismo e transporte na localidade de destino do voo. As variáveis  $HUB_{j,t}$  (*dummy* que indica se o aeroporto da origem  $j$  é *hub* aéreo),  $HUB_{i,t}$  (*dummy* que indica se o aeroporto de destino  $i$  é *hub* aéreo),  $D_{covid,t}$  (*dummy* que indica período igual ou superior ao segundo trimestre de 2020),  $CON_{i,t}$  (*dummy* indicando aeroporto concedido à administração privada no destino  $i$ ) e  $CON_{j,t}$  (*dummy* indicando aeroporto concedido à administração privada na origem  $j$ ) capturam os efeitos de vieses que podem existir na amostra.

Diante da hipótese de correlação entre tarifa aérea e distância discutida anteriormente, a formulação do modelo B inclui a tarifa aérea como variável, que foi omitida no modelo A.

O modelo B é especificado na equação 3.2, abaixo,

$$\ln NP_{ijt} = \alpha_{ij} + \delta \cdot t + \beta_1 \cdot Y_{j,t} + \beta_2 \cdot NL_{i,t} + \beta_3 \cdot HUB_{j,t} + \beta_4 \cdot D_{Covid,t} + \beta_5 \cdot Distância_{ij} + \beta_6 \cdot RP_{i,t} + \beta_7 \cdot CON_{i,t} + \beta_8 \cdot CON_{j,t} + \beta_9 \cdot HUB_{i,t} + \beta_{10} \cdot TarMed_{ij,t-2} \quad (3.2)$$

O regressor  $TarMed_{ij,t-2}$  (tarifa aérea média do trimestre por rota da origem  $j$  ao destino  $i$ ) foi incluído para representar o efeito do preço pago pelo passageiro e a defasagem atribuída no modelo foi de 2 trimestres devido à programação antecipada de viagens e o prazo para efeito de preço na demanda.

Os modelos neste estudo foram estimados segundo os métodos de Heckman e Poisson Pseudo Maximum Likelihood (PPML). Na amostra, 17,5% das observações para a variável  $NP_{ij,t}$  são de fluxo zero. De acordo com Hurd (1979), a heterocedasticidade ocasionada pela exclusão de observações zero resulta em amostra viesada. Segundo Silva e Tenreyro (2006), para inclusão de registros zeros no fluxo de passageiros o método PPML é o mais adequado.

## 4 RESULTADOS

A amostra testada nos modelos A e B tem periodicidade trimestral, o que resulta no total de 40 intervalos de tempo observados, de 2011 a 2020.

No total, foram analisadas as rotas de 18 origens, de capitais brasileiras para o Aeroporto de Fortaleza, incluindo valores de fluxo zero das origens consideradas. As rotas de baixa regularidade, com fluxo zero superior a 30% para os intervalos analisados, foram desconsideradas na amostra.

Na estimação dos modelos, foram acrescentadas as variáveis binárias para captar efeitos fixos de cada localidade de origem. No entanto, essas variáveis binárias foram excluídas para determinadas origens por apresentarem multicolinearidade com os demais regressores.

Nas tabelas 3 e 4 é apresentado um resumo dos principais resultados obtidos através da estimação dos modelos A e B, respectivamente. O método Mínimos Quadrados Ordinários ou OLS foi incluído com o objetivo de ser o método de estimação mais básico a ser utilizado como referência em comparação aos métodos sugeridos neste estudo, assim, pode-se comprovar a melhor adequação destes.

Os resultados para os diferentes modelos e métodos de estimação foram convergentes. Porém, o método de Poisson Pseudo Maximum Likelihood (PPML) se mostrou como o mais adequado à amostra, cujo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) nos modelos A e B foi superior a 0,9. Segundo Godoy (1997) a utilização do modelo para previsão do transporte aéreo é viável se  $R^2$  for superior a 0,9. Além disso, os coeficientes analisados estimados através do método PPML, em comparação aos demais métodos, possuem maior grau de significância estatística ao apresentarem menor valor-p.

Através dos coeficientes, é possível interpretar o efeito das variáveis na determinação da variável dependente, número de passageiros. Dessa forma, em ambos os modelos e considerando os diferentes métodos de estimação, o volume de serviços como *proxy* de atividade econômica apresenta sinal positivo, o que corrobora com a literatura existente, indicando que a demanda por transporte aéreo com destino ao Ceará partindo das demais capitais brasileiras aumenta devido ao crescimento do volume de serviços nos Estados de origem dos voos.

A variável *dummy* que indica o aeroporto de origem como *hub* aéreo apresenta coeficiente positivo superior a 1 e valor-p inferior a 0,01 em ambos os modelos

considerando todos os métodos de estimação. O resultado está de acordo com as expectativas, visto que aeroportos *hub* concentram voos de demais origens, operando como local de conexão de voos. O impacto substancial de aumento de 144% na demanda, considerando o modelo A e estimação pelo método PPML, está muito próximo da magnitude do resultado obtido por Calderón (1997). Para o período analisado de 2011 a 2020, os 5 aeroportos com maior movimentação de passageiros em voos regulares com destino ao aeroporto de Fortaleza são aeroportos *hub*, que juntos somam 70% do fluxo, localizados nas capitais dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Pernambuco, Bahia e do Distrito Federal.

O número de leitos de hospedagem como variável *proxy* da infraestrutura turística na localidade de destino, Estado do Ceará, apresenta coeficiente de efeito positivo sobre a variável dependente e está de acordo com o resultado encontrado por Calderón (2007), cujo modelo corrobora com a hipótese de que destinos turísticos têm efeito positivo sobre o volume de passageiros.

O coeficiente da variável *dummy* que capta os efeitos da pandemia pelo COVID-19 é negativo, com valor-p inferior a 0,01 em todas os métodos de estimação, o que confirma a expectativa de que os efeitos negativos em relação à restrição de viagens e isolamento social têm impacto de redução do volume de tráfego aéreo. Os resultados obtidos sugerem redução de cerca de 50% no número de passageiros durante os trimestres sob efeito direto do COVID-19, dessa forma, estima-se que a perda em receita turística oriunda de passageiros domésticos a lazer foi de R\$ 630 milhões para o Ceará do 2º ao 4º trimestre de 2020, considerando a receita turística per capita por visitante a lazer no Ceará via Fortaleza divulgado pela SETUR (2016).

A distância aérea em quilômetros como *proxy* da distância percorrida na rota efetivamente realizada pelo voo apresenta efeito negativo em relação ao volume de passageiros pela maioria dos métodos estimados, exceto no modelo B, que inclui a tarifa, pelo método Heckman. É possível que haja correlação entre a variável distância e tarifa aérea, uma vez que a maior distância implica em maiores custos que é refletido no aumento do preço da passagem em relação a rotas de menor distância.

O regressor incluído no modelo que representa quilômetros de rodovias pavimentadas tem coeficiente de efeito negativo em todas as estimativas, porém não estatisticamente significativa. O resultado pode ser comprometido dada a limitação da variável em captar a infraestrutura real de transporte rodoviário como substituto ao transporte aéreo.

**Tabela 3** - Estimacões para o modelo A, desconsiderando a tarifa aérea

Variáveis	OLS	HECKMAN	PPML
Y	0.0175951** (-0.0059984)	0.0168882*** (0.0045843)	0.0125187*** (0.0022477)
NL	0.0000325*** (0.00000897)	0.0000325*** (0.00000972)	0.0000188*** (0.00000379)
HUBorg	3.748273*** (0.5733956)	4.456436*** (0.1431732)	1.441981*** (0.0638822)
dumcovid	-0.6304473*** (0.1727301)	-0.6214516*** (0.1326334)	-0.5243193*** (0.1104695)
Distancia	-0.0005252** (0.0002231)	-0.0000516 (0.0000806)	-0.00144*** (0.0000666)
RP	-0.0000275 (0.0008215)	-0.0000845 (0.0010313)	-0.000346 (0.000344)
N	594	594	720
R <sup>2</sup>	0.8716		0.94279006

Fonte: Elaboracão própria

Nota: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1. Resultados completos em anexo.

**Tabela 4** - Estimacões para o modelo B, considerando a tarifa aérea

Variáveis	OLS	HECKMAN	PPML
Y	0.0220999** (-0.0067044)	0.0213447*** (0.0046561)	0.0127859*** (0.0025144)
NL	0.0000344*** (0.0000088)	-0.0000345*** (0.00000938)	0.0000184*** (0.00000377)
HUBorg	5.351014*** (0.1846529)	4.433898*** (0.1411699)	4.807505*** (0.137047)
dumcovid	-0.662468*** (0.1713608)	-0.6486098*** (0.1281343)	-0.5303855*** (0.1126656)
Distancia	-0.0003439 (0.0002568)	0.0000496 (0.0000839)	-0.0014282*** (0.0000792)
RP	-0.0000296 (0.0007357)	-0.000127 (0.0009939)	-0.0003902 (0.0003427)
LTM	-0.0016783*** (0.0004768)	-0.0016053*** (0.000305)	-0.0004449** (0.0001752)
N	561	561	684
R <sup>2</sup>	0.8815		0.94186555

Fonte: Elaboracão própria

Nota: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1. Resultados completos em anexo.

Nos quadros 1 e 2 são apresentadas a descrição das principais variáveis usadas nos modelos A e B, respectivamente, e se o impacto estimado é positivo ou negativo em relação à variável dependente para cada método de estimação.

**Quadro 1 – Definição e impacto das variáveis explicativas no modelo A**

Variáveis	Definição	OLS	HECKMAN	PPML
Y	Volume de serviços da UF da localidade de origem	positivo	positivo	positivo
NL	Número de leitos de hospedagem (destino)	positivo	positivo	positivo
HUBorg	<i>Dummy</i> que indica aeroporto de origem como hub aéreo	positivo	positivo	positivo
dumcovid	<i>Dummy</i> que indica período igual ou superior ao 2º trimestre de 2020	negativo	negativo	negativo
Distancia	Distância aérea entre origem e destino	negativo	negativo	negativo
RP	Quilômetros de rodovias pavimentadas da UF de destino	negativo	negativo	negativo

Fonte: Elaboração própria

**Quadro 2 – Definição e impacto das variáveis explicativas no modelo B**

Variáveis	Definição	OLS	HECKMAN	PPML
Y	Volume de serviços da UF da localidade de origem	positivo	positivo	positivo
NL	Número de leitos de hospedagem (destino)	positivo	negativo	positivo
HUBorg	<i>Dummy</i> que indica aeroporto de origem como hub aéreo	positivo	positivo	positivo
dumcovid	<i>Dummy</i> que indica período igual ou superior ao 2º trimestre de 2020	negativo	negativo	negativo
Distancia	Distância aérea entre origem e destino	negativo	negativo	negativo
RP	Quilômetros de rodovias pavimentadas da UF de destino	negativo	negativo	negativo
LTM	Tarifa aérea média cobrada entre origem e destino	negativo	negativo	negativo

Fonte: Elaboração própria

## **5 CONCLUSÃO**

### **5.1 Considerações finais**

O referido estudo apresentou os modelos gravitacionais A e B de previsão de demanda para o fluxo de desembarque doméstico de passageiros no Aeroporto Internacional de Fortaleza, utilizando os métodos Poisson Pseudo Maximum Likelihood (PPML) e Heckmann. Os métodos escolhidos foram comparados ao método de estimação Mínimos Quadrados Ordinários como forma de teste e os métodos PPML e Heckmann obtiveram melhores resultados em relação aos coeficientes de estimação e ao ajuste do modelo.

Os modelos A e B convergem em relação aos sinais dos coeficientes estimados, no entanto, é preciso considerar as relações lineares que a tarifa aérea do modelo B possui com variável dependente que representa a distância.

Foi possível obter uma estimativa de impacto econômico ligado diretamente à pandemia pelo COVID-19 na perda de receita de turismo, bem como comprovar os resultados de impacto da infraestrutura de turismo para a demanda de passageiros, embora esta seja de magnitude inferior aos demais coeficientes. Além disso, como esperado, foi comprovado o impacto positivo sob a movimentação de passageiros das variáveis que representam a atividade econômica e presença de aeroportos *hub*.

### **5.2 Contribuições do estudo**

O presente estudo permite uma melhor tomada de decisões estratégicas para o planejamento de turismo no Estado do Ceará e para a administração do Aeroporto Internacional de Fortaleza. Mostra-se que o controle do cenário de pandemia, o incremento de rotas regulares que liga os demais aeroportos *hub* do país ao Aeroporto de Fortaleza e o incremento de demais atividades de serviço são meios para se atingir um maior número de visitantes ao Estado do Ceará via Fortaleza e, conseqüentemente, gerar crescimento da receita de turismo.

### **5.3 Limitações do estudo**

Os dados coletados para representar a infraestrutura de turismo e de transportes se apresentam como limitações, visto que são aspectos que exigem um conjunto de variáveis para serem medidos. Não há uma série de dados para períodos relevantes de tempo que envolve o custo de turismo e custo de transportes, por isso não foram incluídos no modelo.

Além disso, o elevado impacto da variável *hub* aéreo sugere a necessidade de uma análise de demanda por transporte aéreo que considera a real origem do passageiro, e não apenas o aeroporto em que este embarcou, pois a presença de passageiros em conexões pode subestimar os demais fatores relacionados à origem e superestimar a presença do *hub* aéreo.

### **5.4 Sugestões para estudos**

Sugere-se que estudos futuros contemplem a demanda por transporte aéreo internacional, pois apesar de representar baixo volume em comparação à demanda doméstica, a receita de turismo internacional por visitante pode demonstrar ser superior à receita doméstica. Dessa forma, obter o impacto da demanda internacional é necessário pelo potencial turístico do Ceará e para se obter uma estratégia de fomento das rotas aéreas internacionais.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Cláudia Ribeiro de; COSTA, Carlos. A operação das companhias aéreas nos aeroportos hub & spoke e nas bases operacionais. **PASOS: Revista de Turismo y Patrimonio Cultural**, v. 12, n. 4, p. 765-775, 2014. Disponível em: <[http://www.pasosonline.org/Publicados/12414/PS0414\\_08.pdf](http://www.pasosonline.org/Publicados/12414/PS0414_08.pdf)>. Acesso em: 2 mar. 2021.

ANAC, 2017. **Painel de indicadores**. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/painel-de-indicadores-dotransporte-aereo>>. Acesso em: 6 jan. 2021.

BERGSTRAND, J. h. The Gravity Equation in International Trade: some Microeconomic Foundations and Empirical Evidence. **The Review of Economics and Statistics**, v. 67, n. 3, p. 474-481, 1985. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/1925976?seq=1>>. Acesso em: 3 mar. 2021.

BETTINI, H.F.A.J.; OLIVEIRA, A.V.M. Two-sided platforms in airport privatization. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 93, p. 262-278, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.06.003>>. Acesso em: 8 mar. 2021.

CALDERÓN, Jorge. Demand model for scheduled airline services on international European routes. **Journal of Air Transport Management**, v. 3, n. 1, p. 23-35, 1997. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969699797827895>>. Acesso em: 16 dez. 2020.

CASTELLI, G. **Administração hoteleira**. 9. ed. Caxias do Sul: Educus, 2003. 731p.

CASTRO, Paulo. Aeródromos, aeroporto, cidade-aeroporto e aerotrópolis: uma (re)visão de conceitos. **Caderno cursos de doutoramento em geografia FLUP 2012**. Disponível em: <<https://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/9959.pdf>>. Acesso em 20 fev. 2021.

CNT. **Transporte e Economia: Transporte Aéreo de Passageiros**. Disponível em: <[https://issuu.com/transporteactual/docs/transporte\\_e\\_economia\\_transporte\\_a\\_](https://issuu.com/transporteactual/docs/transporte_e_economia_transporte_a_)>. Acesso em: 10 dez. 2020.

COSTA, Jocilene Otilia da, *et al.* Vocação turística das cidades brasileiras: Análise de modelo de previsão de demanda do transporte aéreo. **VII SITRAER (Simpósio de transporte aéreo)**. 2008. Rio de Janeiro.

DOGANIS, Rigas. **Flying Off Course: The Economics of International Airlines**. 3. ed. Londres: Routledge, 2002. 349 p.

FIUZA, Eduardo P. S.; PIONER, Heleno Martins. **Estudo econ mico sobre regula o e concorrência no setor de aeroportos**. Rio de Janeiro: Agência Nacional de Avia o Civil, 2009.

GODOY, Kleber Gaertner de. **A previsão do tráfego aéreo de passageiros**. 1997. 97 p. Dissertação (Mestrado em Administração) - FGV/EAESP, 1997. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/5477/1199901718.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 22 fev. 2021.

GROSCHE, T. et al. Gravity models for airline passenger volume estimation. **Journal of Air Transport Management**, v. 13, p. 175-183, 2007.

HOLLOWAY, Stephen. **Straight and level: practical airline economics**. 2. ed., 2003. 654 p.

ICAO. **News and developments from the international civil aviation organization**. Vol. 74, n. 2, 2019. Disponível em: <<https://www.unitingaviation.com/mags/ICAOJournal2019Vol74No2/index.html#page=1>>. Acesso em: 23 fev. 2021.

IBGE. **Divisão Regional do Brasil em Mesorregiões e Microrregiões Geográficas**. 1990. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv2269\\_1.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv2269_1.pdf)>. Acesso em: 14 dez. 2020.

IPEA. Panorama e Perspectivas para o Transporte Aéreo no Brasil e no Mundo. **Série Eixos do Desenvolvimento Brasileiro**: Comunicados do Ipea, n. 54, 31 maio 2010.

KUME, H., PIANI, G. **Fluxos bilaterais de comércio e blocos regionais: uma aplicação do modelo gravitacional**. Brasília: IPEA, 2000 (Texto para Discussão, 749).

LINNEMANN, H. An Econometric Study of International Trade Flows. **The Economic Journal**, v. 77, ed. 306, p. 366–368, 1 jun. 1967. Disponível em: <<https://doi.org/10.2307/2229319>>. Acesso em: 9 fev. 2021.

MARGRAF, Alencar Frederico *et al.* Pandemia 2020 e o impacto nas companhias aéreas brasileiras. **Revista Jurídica Luso-Brasileira**, ano 6, n. 5, p. 29-64, 2020. Disponível em: <[https://www.cidp.pt/revistas/rjlb/2020/5/2020\\_05\\_0029\\_0064.pdf](https://www.cidp.pt/revistas/rjlb/2020/5/2020_05_0029_0064.pdf)>. Acesso em: 2 fev. 2021.

MATYAS, Laszlo. Proper Econometric Specification of the Gravity Model. **The World Economy**, v. 20, ed. 3, p. 363-368, 1997. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/1467-9701.00074>>. Acesso em: 21 fev. 2021.

McCALLUM, J. M. National Borders Matter: Canada-US: Regional Trade Patterns. **American Economic Review**, v. 85, n. 3, p. 615-623, jun. 1995.

O'CONNOR, William E. **An Introduction to Airline Economics**. 2. ed. New York: Praeger, 1982. 286 p.

PASIN, Jorge Antonio Bozoti; LACERDA, Sander Magalhães. A reestruturação do setor aéreo e as alternativas de política para a aviação comercial no Brasil. **Revista**

do **BNDES**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 19, p. 217-240, 1 jun. 2003. Disponível em: <<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/11575>>. Acesso em: 22 fev. 2021.

RENGARAJU, V.R.; ARASAN, V. T. MODELING FOR AIR TRAVEL DEMAND. **Journal of Transportation Engineering**, v. 118, ed. 3, 1992. Disponível em: <https://ascelibrary.org/journal/jtepbs>. Acesso em: 12 mar. 2021.

SANAR SAÚDE, SANAR MED. Linha do tempo do coronavírus no Brasil. Publicado em: 20/03/2020. Disponível em: <<https://www.sanarmed.com/linha-do-tempo-do-coronavirus-no-brasil>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

SANTOS, A. F. Demanda por Transporte Aéreo e seus Desdobramentos. **RELIT**, v. 2, n. 2, p. 94-113, 2008.

SETUR-CE. **EVOLUÇÃO RECENTE DO TURISMO NO CEARÁ 2006/16**. Disponível em: <<https://www.setur.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/59/2016/11/evolucao-turismo-2006-2016-artigo.pdf>>. Acesso em: 14 fev 2021.

\_\_\_\_\_. **Indicadores Turísticos 2006/2017**. Disponível em: <<https://www.setur.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/59/2018/10/Indicadores-2006-2017.pdf>>. Acesso em: 18 fev 2021.

SILVA, J. M. C. S.; TENREYRO, S. The Log of Gravity. **The Review of Economics and Statistics**, v. 88, ed. 4, p. 641-658, 2006. Disponível em: <<http://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/rest.88.4.641>>. Acesso em: 24 fev. 2021.

TINBERGEN, J. Shaping the world economy: suggestions for an international economy policy. **New York: Twentieth Century Fund**, 1962.

## ANEXO A – MODELO A

### Modelo Gravitacional A (sem tarifa aérea média)

Variáveis	OLS	HECKMAN	PPML
Y	0.0175951** (-0.0059984)	0.0168882*** (0.0045843)	0.0125187*** (0.0022477)
NL	0.0000325*** (0.00000897)	0.0000325*** (0.00000972)	0.0000188*** (0.00000379)
HUBorg	3.748273*** (0.5733956)	4.456436*** (0.1431732)	1.441981*** (0.0638822)
dumcovid	-0.6304473*** (0.1727301)	-0.6214516*** (0.1326334)	-0.5243193*** (0.1104695)
Distancia	-0.0005252** (0.0002231)	-0.0000516 (0.0000806)	-0.00144*** (0.0000666)
RP	-0.0000275 (0.0008215)	-0.0000845 (0.0010313)	-0.000346 (0.000344)
CONorg			
CONdest			
HUBdest			
dumorg1		-1.462657*** (0.1793447)	
dumorg2	3.644546*** (0.230917)	2.61825*** (0.1439414)	2.908527*** (0.1341483)
dumorg3	-0.2282148 (0.5155498)	-0.8142361*** (0.1902937)	-1.580999*** (0.2335481)
dumorg4	-0.1895191 (0.1186226)	-1.308239*** (0.1887387)	0.128502** (0.0646189)
dumorg5	0.6614228** (0.2570719)	-0.7690705*** (0.1610525)	1.655882*** (0.0868983)
dumorg6	2.89498*** (0.5834271)	2.684012*** (0.2011599)	0.6112577*** (0.0652309)
dumorg7	-1.245835*** (0.3083745)	-2.770148*** (0.1534793)	-0.0265226 (0.1122649)
dumorg8	3.334418*** (0.4609665)	2.893654*** (0.1711061)	1.474519*** (0.0743323)
dumorg9		-0.1703094 (0.2446132)	-2.760626*** (0.2301416)
dumorg10		-0.9285169*** (0.2062153)	
dumorg11	2.496654*** (0.5980325)	2.355824*** (0.2049851)	0.1116341* (0.0664464)
dumorg12	0.9497927*** (0.20357260)	-0.2184147 (0.1615213)	0.2882079 (0.1981243)
dumorg13	0.8458897** (0.3614772)	-0.8218472*** (0.1505647)	2.293263*** (0.1179556)
dumorg14	0.2469342***	2.356899***	

	(0.6105443)	(0.2087526)	
dumorg15	0.3934413	-0.8612013***	0.1542217
	(0.2499729)	(0.1670513)	(0.2738112)
dumorg16	1.422463***		1.491462***
	(0.2203581)		(0.2027083)
dumorg17	0.2936881		-2.362831***
	(0.5304026)		(0.161285)
dumorg18	1.748751***		3.356353***
	(0.4094492)		(0.1251243)
idtime	-0.0210929**	-0.0210852***	-0.0058215**
	(0.0082337)	(0.007104)	(0.002547)
_cons	5.54679***	5.659356**	9.8153***
	(-2.046753)	(2.300412)	(0.7267689)
N	594	594	720
R <sup>2</sup>	0.8716		0.94279006
$\chi^2$		0.43	

Nota: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1, Desvio padrão entre parênteses, representação do modelo:

$$\ln NP_{ijt} = \alpha_{ij} + \delta.t + \beta_1.Y_{j,t} + \beta_2.NL_{i,t} + \beta_3.HUB_{j,t} + \beta_4.D_{Covid,t} + \beta_5.Distancia_{ij} + \beta_6.RP_{i,t} + \beta_7.CON_{i,t} + \beta_8.CON_{j,t} + \beta_9.HUB_{j,t}$$

## ANEXO B – MODELO B

### Modelo Gravitacional B (com tarifa aérea média)

Variáveis	OLS	HECKMAN	PPML
Y	0.0220999** (-0.0067044)	0.0213447*** (0.0046561)	0.0127859*** (0.0025144)
NL	0.0000344*** (0.0000088)	-0.0000345*** (0.00000938)	0.0000184*** (0.00000377)
HUBorg e	5.351014*** (0.1846529)	4.433898*** (0.1411699)	4.807505*** (0.137047)
dumcovid	-0.662468*** (0.1713608)	-0.6486098*** (0.1281343)	-0.5303855*** (0.1126656)
Distancia	-0.0003439 (0.0002568)	0.0000496 (0.0000839)	-0.0014282*** (0.0000792)
RP	-0.0000296 (0.0007357)	-0.000127 (0.0009939)	-0.0003902 (0.0003427)
LTM	-0.0016783*** (0.0004768)	-0.0016053*** (0.000305)	-0.0004449** (0.0001752)
CONorg			
CONdest			
HUBdest			
dumorg1		-1.267724*** (0.1826892)	
dumorg2	3.56952*** (0.210817)	2.670195*** (0.1428887)	2915735*** (0.143528)
dumorg3	-0.1221507 (0.4436287)	-0.646848*** (0.1899622)	-1.539232*** (0.2269229)
dumorg4	-1.92096*** (0.3285398)	-1.387439*** (0.1886836)	-3.284605*** (0.1092297)
dumorg5	-0.9401332*** (0.2235834)	-0.6766015*** (0.1603174)	-1.694846*** (0.068928)
dumorg6	2.747538*** (0.5262639)	2.535496*** (0.2042295)	0.5409485*** (0.0643912)
dumorg7	-2.9287*** (0.1539836)	-2.741658*** (0.1521389)	-3.401525*** (0.0772515)
dumorg8	3.168649*** (0.4009642)	2.762056*** (0.1738874)	1.431846*** (0.0745408)
dumorg9		-0.1772304 (0.241506)	-2.688204*** (0.2252972)
dumorg10	-1.763706*** (0.3994402)	-1.068015*** (0.2073867)	-3.425356*** (0.1379326)
dumorg11	2.239602*** (0.5227252)	2.088966*** (0.2115222)	
dumorg12	0.7846103*** (0.207585)	-0.23624 (0.1614338)	0.2482707 (0.2131425)
dumorg13	-0.822304*** (0.1095504)	-0.7565593*** (0.1493814)	-1.053097*** (0.044351)
dumorg14	2.259485*** (0.5415385)	2.13138*** (0.2140134)	
dumorg15	0.5336797** (0.2621794)	-0.5546151*** (0.1800435)	0.1173769 (0.3015384)
dumorg16	1.236389*** (0.2460963)		1.472556*** (0.2177132)
dumorg17	0.2852966 (0.5024367)		-2.386254*** (0.1707794)

dumorg18			
idtime	-0.0181793*	-0.0183702**	-0.005101*
	(0.0092341)	(0.0072582)	(0.0026847)
_cons	5.678037***	5.912872***	1.011025***
	(1.902317)	(2.218762)	(0.7266821)
N	561	561	684
R <sup>2</sup>	0.8815		0.94186555
$\chi^2$		1.20	

Nota: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1, Desvio padrão entre parênteses, representação do modelo:

$$\ln NP_{ijt} = \alpha_{ij} + \delta \cdot t + \beta_1 \cdot Y_{j,t} + \beta_2 \cdot NL_{i,t} + \beta_3 \cdot HUB_{j,t} + \beta_4 \cdot D_{Covid,t} + \beta_5 \cdot Distancia_{ij} + \beta_6 \cdot RP_{i,t} + \beta_7 \cdot CON_{i,t} + \beta_8 \cdot CON_{j,t} + \beta_9 \cdot HUB_{i,t} + \beta_{10} \cdot TarMed_{ij,t-2}$$