



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

JOÃO VITOR DE ALENCAR AMORIM

**A INFLUÊNCIA DO E-COMMERCE NA MOVIMENTAÇÃO
DE CARGA AÉREA NO BRASIL**

RECIFE, 2022

JOÃO VITOR DE ALENCAR AMORIM

**A INFLUÊNCIA DO E-COMMERCE NA MOVIMENTAÇÃO DE CARGA AÉREA
NO BRASIL**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do grau em Engenharia Civil.

Área de concentração: Planejamento de Transportes

Orientador: Profa. Dra. Viviane Adriano Falcão

Coorientador: Eng. Hélio da Silva Queiroz Junior

RECIFE, 2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Amorim, João Vitor de Alencar.

A Influência do e-commerce na movimentação de carga aérea no Brasil /
João Vitor de Alencar Amorim. - Recife, 2023.
41 : il., tab.

Orientador(a): Viviane Adriano Falcão

Cooorientador(a): Hélio da Silva Queiroz Junior

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Civil -
Bacharelado, 2023.

1. Engenharia Civil. 2. Transporte Aéreo. 3. Transporte de Cargas. 4. E-commerce. 5. Logística. I. Falcão, Viviane Adriano. (Orientação). II. Queiroz Junior, Hélio da Silva. (Coorientação). III. Título.

620 CDD (22.ed.)

JOÃO VITOR DE ALENCAR AMORIM

**A INFLUÊNCIA DO E-COMMERCE NA MOVIMENTAÇÃO DE CARGA AÉREA
NO BRASIL**

Monografia apresentada ao Curso
de Graduação em Engenharia
Civil da Universidade Federal de
Pernambuco como parte dos
requisitos para obtenção do grau
de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 09 de setembro de 2022.

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Viviane Adriano Falcão (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Eng. Hélio da Silva Queiroz Junior (Coorientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Maurício de Oliveira Andrade (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Francisco Gildemir Ferreira da Silva (Examinador Externo)
Universidade Federal do Ceará

AGRADECIMENTOS

Devo muito a toda minha família pelos ensinamentos e o esforço em garantir que eu trilhasse esse caminho.

Em especial gostaria de agradecer a minha mãe, Nadjane, que esteve lado a lado nessa reta final, me ajudando e motivando, mesmo com todas as suas ocupações. Espero um dia ser tão forte quanto a senhora.

Para a professora Viviane me faltam palavras para expressar como foi fundamental nessa jornada, o seu exemplo de pessoa e professora vou guardar para toda a vida.

A Hélio pela ajuda e disponibilidade, você também foi muito importante nessa etapa.

Por fim, ao meu pai, Gilmar, pelos exemplos de dedicação, e às minhas irmãs, Ana Valéria e Maria Cecília, por toda paciência e carinho.

Muito obrigado,

João Vitor de Alencar Amorim

RESUMO

O comércio eletrônico tornou-se um verdadeiro divisor de águas no setor de carga aérea e deve ser o principal motor de crescimento nos próximos anos. Impulsionados por essa expansão, uma das maiores empresas de e-commerce no Brasil firmou parceria com a Gol, e essa companhia passará a operar com seis aviões cargueiros exclusivos para atender a sua demanda. Este trabalho tem por objetivo apresentar o aumento da demanda por transporte aéreo de carga em decorrência do crescimento do e-commerce, principalmente pós-pandemia, e descrever as principais variáveis que impactam nesse mercado e a influência dos mesmos na carga aérea, possibilitando um planejamento mais assertivo por parte dos principais agentes do transporte aéreo. Como os estudos realizados até o momento focam principalmente no transporte de passageiros, devido a restrições na disponibilidade de dados, buscou-se preencher essa lacuna. Para isto, aplicou-se como método de análise a Regressão Linear em um conjunto de dados advindos de informações fornecidas pelo portal da Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC) sobre a movimentação aérea, como também de pesquisas da Neotrust - empresa responsável pelo monitoramento do comércio eletrônico brasileiro. Os resultados mostraram que a mala postal, a taxa de câmbio, o PIB corrente mensal e o número de casos de Covid-19 são fatores importantes para predizer a carga aérea. Também o e-commerce, representado pela mala postal, influencia positivamente no volume da carga aérea. Desta forma, ao avaliar os comportamentos das variáveis ao longo do tempo, percebeu-se que a demanda por carga aérea está sendo impulsionado pelo e-commerce e, como este vem crescendo, é um forte indicativo para as companhias e aeroportos adequarem-se a esta realidade, bem como implicando na necessidade de investigação mais a fundo destes fatores, considerando que nos últimos dois anos o mercado teve um comportamento atípico devido a Pandemia da Covi-19. Há a necessidade também de investigar mais os produtos cadastrados como mala postal e afunilar o estudo para regiões específicas.

Palavras-chaves: carga aérea; e-commerce; regressão linear.

ABSTRACT

E-commerce has become a real game changer in the air cargo industry and should be the main growth driver in the coming years. Driven by this expansion, one of the largest e-commerce companies in Brazil has partnered with Gol, and this company will now operate with six cargo planes exclusively to meet its demand. This paper aims to present the increased demand for air cargo transport due to the growth of e-commerce, especially after the pandemic, and to describe the main variables that impact this market and their influence on air cargo, enabling more assertive planning by the main agents of air transport. As the studies conducted so far focus mainly on passenger transportation, due to restrictions in data availability, we sought to fill this gap. To this end, the Linear Regression analysis method was applied to a set of data coming from information provided by the National Civil Aviation Agency (ANAC) portal on airline traffic, as well as from research conducted by Neotrust - a company responsible for monitoring Brazilian e-commerce. The results showed that the mailbag, the exchange rate, the monthly current GDP and the number of Covid-19 cases are important factors in predicting air cargo. Also e-commerce, represented by the postal bag, positively influences the volume of air cargo. Thus, when evaluating the behavior of the variables over time, it was noticed that the demand for air cargo is being driven by e-commerce and, as it has been growing, it is a strong indication for companies and airports to adapt to this reality, as well as implies the need to further investigate these factors, considering that in the last two years the market had an atypical behavior due to the Covi-19 Pandemic. There is also the need to further investigate the products registered as mailbags and to narrow the study to specific regions.

Keywords: air cargo; e-commerce; linear regression; linear model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico de participação das empresas aéreas no mercado brasileiro.....	15
Figura 2 - Seção transversal de uma aeronave de passageiros que apresenta transporte de carga porão.....	17
Figura 3 - Perfil da carga doméstica.....	17
Figura 4 - Taxas médias de crescimento anual da carga doméstica.....	18
Figura 5 - Gráfico com quantitativo de sites de-e-commerce.....	19
Figura 6 - Regiões RA e RR para $H1 : 1 \beta 1$	22
Figura 7 - Volume de passageiros mensal entre janeiro de 2018 e junho de 2022.....	30
Figura 8 – Volume de passageiros mensal entre janeiro de 2018 e junho de 2022 agrupadas por região	31
Figura 9 – Volume de carga aérea mensal entre janeiro de 2018 e junho de 2022 agrupadas por tipo de voo, doméstico e internacional	32
Figura 10 – Volume de carga aérea anual no aeroporto de Campinas, entre 2017 e 2021, voos domésticos à esquerda e voos internacionais à direita	32
Figura 11 – Volume de carga aérea anual no aeroporto de Manaus, entre 2017 e 2021, voos domésticos a esquerda e voos internacionais a direita	33
Figura 12 – Volume de carga aérea anual no aeroporto de Recife, entre 2017 e 2021, voos domésticos à esquerda e voos internacionais à direita	33
Figura 13 – Volume de carga aérea anual no aeroporto de Guarulhos, entre 2017 e 2021, voos domésticos à esquerda e voos internacionais à direita.....	33
Figura 14 – Volume de mala postal mensal, entre janeiro de 2018 e junho de 2022, separados por tipo de voo, internacional em linha laranja e linha azul para voos domésticos.....	34
Figura 15 – Volume de mala postal anual no aeroporto de Recife, entre 2017 e 2021, voos domésticos a esquerda e voos internacionais	34
Figura 16 – Volume de mala postal anual no aeroporto de Salvador à esquerda e de Fortaleza a direita, entre 2017 e 2021, ambos voos domésticos	35

Figura 17 – Volume de mala postal anual no aeroporto de Manaus, entre 2017 e 2021, voos domésticos	35
Figura 18 – Índice de Faturamento (linha azul claro) e Índice de Vendas (linha azul escuro), ambos mensais.....	36
Figura 19 – Índice de Faturamento (linha azul claro) e Índice de Vendas (linha azul escuro), ambos anuais.....	37
Figura 20 – Dashboard sobre movimentação aérea brasileira.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quadro com resumo das probabilidades para hipóteses.....22

Tabela 2 - Coeficientes do modelo sobre o índice de faturamento do e-commerce
.....36

Tabela 3 - Coeficientes do modelo sobre o volume de carga aérea.....38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Justificativa e motivação	11
1.2 Objetivos gerais e específicos	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Transporte de Carga Aérea	13
2.2 E-commerce	17
2.3 Inferência Estatística	18
2.3.1 Modelos empíricos	18
2.3.2 Inferência estatística	19
2.3.3 Estimativas por ponto e intervalos de confiança	19
2.3.4 Distribuições de probabilidade	19
2.3.5 Testes de hipótese	20
2.3.6 Coeficiente de Correlação (r):	21
2.3.7 Coeficiente de Determinação (R^2)	22
2.3.8 Regressão Linear Simples	22
2.3.9 Variáveis Proxy	25
2.6.10 Variáveis Dummy	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS	26
4. RESULTADOS	28
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
6 REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A globalização, entendida como a diminuição de barreiras econômicas e imigratórias entre os países, e caracterizada pelo aprofundamento das relações econômicas, sociais, culturais e políticas entre os povos do mundo, provoca diversas mudanças nos três setores da sociedade: governo, mercado e associações sem fins lucrativos.

As indústrias, por exemplo, migraram para regiões com baixo custo de mão de obra; seus produtos têm vida útil menor; e o valor das cargas aumentou, fomentando o crescimento do transporte de cargas.

No Brasil, o transporte rodoviário ainda é dominante no setor logístico, principalmente “em virtude de processos históricos e de vantagens diante de outros modais, como flexibilidade e facilidade de acesso aos pontos de embarque e desembarque, oferecendo um serviço porta a porta aos usuários” (CNT, 2021). No entanto, considerando as dimensões do país, com áreas isoladas dos centros urbanos, esse modo de transporte sofre inúmeros prejuízos devido, principalmente, à infraestrutura rodoviária brasileira que é escassa e de má qualidade, bem como à insegurança.

Nessa conjuntura, o transporte aéreo de cargas tem crescido, com um aumento de 7,2 % em relação ao ano passado (ANAC, 2022a), principalmente pela possibilidade de conectar de forma rápida e segura, regiões distantes e de difícil acesso, além de viabilizar o deslocamento de produtos sensíveis com baixo risco de perda ou danificação.

Paralelamente, com as medidas de restrição impostas pela Pandemia da Covid-19, as vendas virtuais deram um salto de quase 50% no faturamento, segundo a Neotrust, em decorrência do fechamento do comércio físico, da intensificação da vida doméstica e do uso da tecnologia para remediar o isolamento social.

1.1 Justificativa e motivação

A demanda por carga aérea só tende a crescer, considerando a produção industrial cada vez maior devido a globalização e a ampliação do comércio eletrônico, em decorrência do acesso à tecnologia e as facilidades dessa modalidade. Segundo a ANAC (2022b), o transporte aéreo de carga (montante de carga paga transportada por quilômetro, em quilos) movimentou 107,1 mil t, sendo destes 71,5% no âmbito internacional. Em consonância, no mercado doméstico, a movimentação sofreu um acréscimo de 15,5% em relação a 2021 e aumento de

104,8% referente a 2020. Portanto, vê-se a importância de investigar se os atores do processo estão preparados para suprir potenciais demandas e os fatores relacionados a isso.

Segundo Chen e Chou (2006) a busca por transporte aéreo de carga aumentou significativamente nos últimos anos, porque os ciclos de vida dos produtos diminuíram e a demanda por entrega rápida aumentou. Ademais, os estudos realizados até o momento focam principalmente no transporte de passageiros devido a restrições na disponibilidade de dados (GONG et al, 2017), e este busca preencher essa lacuna.

Baseando-se em Thomas Van Asch, Wouter Dewulf, Franziska Kupfer, Ivan Cardenas, Eddy Van de Voordeem (2020) que afirmam que o comércio eletrônico tornou-se um verdadeiro divisor de águas no setor de carga aérea e deve ser o principal motor de crescimento nos próximos anos e no crescimento do e-commerce brasileiro. Com faturamento de mais de R\$ 13,8 bilhões no e-commerce, janeiro de 2022 trouxe crescimento de 21% em relação ao mesmo mês de 2021 (R\$ 11,5 milhões) para o setor no Brasil. O volume de compras on-line chegou a 31,1 milhões, 22% a mais que os 25,5 milhões de pedidos do ano anterior.

1.2 Objetivos gerais e específicos

O objetivo geral deste trabalho é analisar a relação entre a demanda de carga aérea e o volume de vendas pelo e-commerce brasileiro, principalmente pós-pandemia.

Como objetivos específicos, pode-se listar:

- Estabelecer os referenciais teóricos sobre os assuntos: transporte de carga aérea, e-commerce, regressão linear e inferência estatística;
- Descrever as principais variáveis que impactam nesse mercado e a influência dos mesmos na carga aérea;
- Possibilitar um planejamento mais assertivo por parte dos principais agentes do transporte aéreo, considerando a expansão do e-commerce;
- Realizar a produção de dashboards que reproduzam análises visuais para o monitoramento de operações aeroportuárias.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O levantamento bibliográfico para embasamento teórico deste estudo foi realizado por meios digitais de informação, incluindo a pesquisa em fontes oficiais do setor público e privado envolvidos com atividades do segmento de carga aérea, trabalhos publicados, além da leitura de livros físicos.

Buscou-se aprofundar os conceitos referentes ao transporte de cargas aéreo, *e-commerce* e estatística inferencial por meio da regressão linear.

2.1 Transporte de Carga Aérea

O transporte aéreo é definido como aquele que consiste no deslocamento pelo ar, de pessoas ou mercadorias, por meio de aviões, helicópteros, balões, dirigíveis, etc., podendo ser nacional ou internacional.

Já o serviço de carga aérea consiste no transporte de produtos por meio de aeronaves, tanto de pequenas encomendas quanto de volumes maiores, com finalidades comerciais.

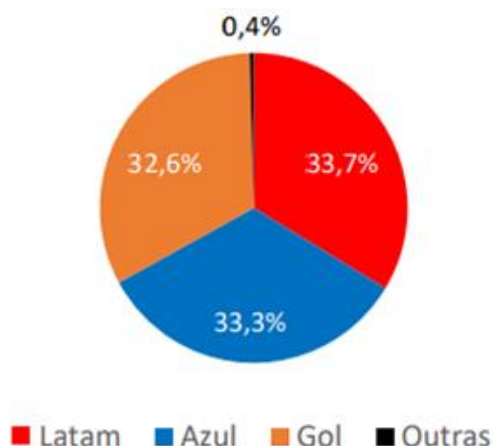
A história do transporte aéreo, segundo Smith Jr (2002), teve início no século XX, com o envio de mala postal nos Estados Unidos e Grã-Bretanha. Inicialmente, reduzido a voos privados e de pequena escala, para, após a Primeira Guerra Mundial, em 1935, iniciar o transporte entre continentes, com uma carga de correspondências dos Estados Unidos para as Filipinas.

Após a Segunda Guerra Mundial, com o desenvolvimento tecnológico obtido, permitindo a construção de aeronaves mais seguras, bem como o advento da globalização consolidou o transporte aéreo de passageiros e de cargas.

No Brasil, conforme Ferreira (2017), a aviação comercial iniciou em 1927, com a criação das duas primeiras empresas aéreas brasileiras. A Varig e o Sindicato Condor, ambas constituídas com auxílio técnico e operacional da empresa alemã Condor Syndikat. Atualmente, segundo a ANAC (2022a), as três principais companhias, Latam, Azul e Gol, representaram, juntas, 99,6% do total de 6,8 bilhões de RPK (do inglês – Revenue Passenger Kilometers).

Figura 1 – Participação das empresas aéreas no mercado brasileiro (em RPK): maio de 2022

Figura 1 - Participação das empresas aéreas no mercado brasileiro (em RPK): maio de 2022



Fonte: ANAC (2022a). Dados obtidos em: junho/2022.

Já o transporte de bens por meio aeronáutico teve seu início na primeira metade dos anos de 1950. Ainda sem expressão, o frete aéreo - transporte de cargas apenas entre aeroportos - era, na verdade, um subproduto do negócio oferecido pelas companhias de transporte de passageiros. Somente em meados de 1970 o transporte de carga aérea se tornou um negócio independente e orientado ao lucro, diferente dos demais meios de transporte rodoviário, ferroviário e marítimo, que desde o início de suas atividades capturaram maior receita no transporte de cargas (CHEN; CHOU, 2006).

Segundo a ANAC a busca por frete aéreo está crescendo bastante. O volume de carga transportada até agosto de 2021 ultrapassou 600 mil toneladas, atingindo o ápice em vinte e um anos.

O Transportation Research Board (TRB, 2015 *apud* LabTrans/UFSC, 2020) lista os principais fatores impulsionadores do crescimento do transporte de carga aérea:

- Crescimento econômico: o transporte aéreo está diretamente relacionado ao crescimento econômico mundial. A demanda pelo modo aéreo é derivada de outras atividades econômicas, somente existindo em função do crescimento dos setores que necessitam do transporte para atingir seus propósitos de fluidez nas trocas comerciais entre os setores produtivos da economia e entre estes e os consumidores finais.
- Globalização: a economia mundial tornou-se e torna-se mais integrada e interdependente. A integração econômica progressiva e a redução constante do protecionismo impulsionam os fluxos globais de comércio e, em conjunto, o tráfego aéreo de carga.
- Estratégias Lean: cada vez mais empresas estão buscando estratégias de estoque enxuto – incluindo estratégias *just-in-time* e *make-to-order* – como uma vantagem competitiva. Essas empresas utilizam o modo aéreo para encurtar os prazos de entrega para o cliente.
- Comércio digital (*e-commerce*): o aumento das vendas via internet provoca um impacto significativo no crescimento do transporte aéreo. (TRB, 2015, *apud* LabTrans/UFSC, 2020)

Com a Pandemia da Covid-19, as compras via internet cresceram bastante, inclusive internacionais. Com isso, pode-se notar que o frete aéreo é ainda um campo da cadeia de suprimentos com amplo espaço para desenvolvimento no mercado internacional. Isso porque, há a necessidade de uma velocidade cada vez mais acelerada, imposta por uma demanda global, oriunda de clientes com anseios crescentes. Anseios estes que não se limitam apenas por qualidade, mas também por flexibilidade de serviços, por rastreamento de carga em tempo real, por garantia de integridade do produto, por informação disponível e confiável, entre outros (ADDE, 2022).

O transporte de cargas tem dois setores: de pequenos e grandes volumes. O transporte de pequenas encomendas, documentos e amostras é denominado, segundo Figueiredo (2015), de remessa. As remessas expressas são as transportadas por uma empresa de frete *courier*, enquanto as remessas postais são conduzidas pela Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos-ECT.

Os principais benefícios da remessa é a agilidade na entrega e a redução da burocracia. No entanto, esse tipo de envio e recebimento de mercadorias tem alguns limites legais quanto ao tipo, peso, dimensões e valor do produto, além de não poder caracterizar como operação comercial.

Já o transporte de grandes volumes com finalidades comerciais pode ser realizado em aeronaves exclusivamente de carga (cargueiras), em aeronaves de passageiros (carga de porão) ou em aeronaves combinadas.

Aeronaves cargueiras possuem função exclusiva para o transporte de carga. Segundo, BRASIL (2022b), podendo ser transportada carga unitizada no deque superior e carga unitizada ou a granel no porão. As vantagens no uso de cargueiros são: baixo custo operacional, maior alcance em voos, menor consumo de combustível e o aumento do espaço para carga. Devido ao crescimento do *e-commerce* em todo o mundo, surgiram também aeronaves cargueiras para a entrega rápida de mercadorias menores.

A carga de porão consiste em oferecer a capacidade ociosa no porão da aeronave para o transporte de mercadorias. Companhias de transporte aéreo de passageiros podem fornecer serviços de transporte de carga oferecendo a capacidade ociosa no porão da aeronave que fica disponível após o carregamento dos itens relacionados ao passageiro (alimentos/bebidas, material da empresa e bagagem). As aeronaves de passageiros possuem limitações no tamanho da carga que aceitam, levando em consideração, além dos itens pessoais dos passageiros, as limitações da estrutura da aeronave. A vantagem no transporte de cargas na aeronave de

passageiros está na flexibilidade de destinos, pois há voos frequentes de passageiros para diversos destinos.

Figura 2 - Seção transversal de uma aeronave de passageiros que apresenta transporte de carga porão

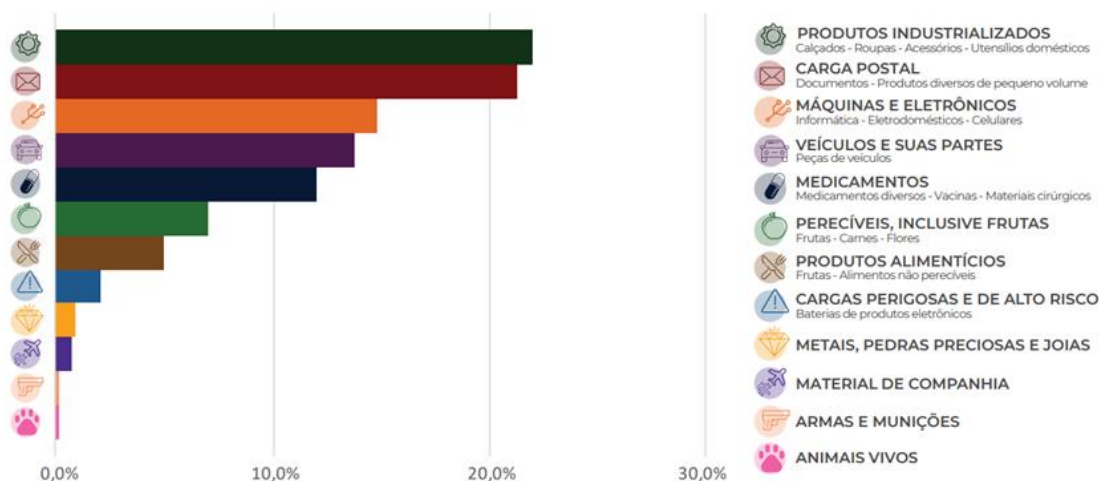


Fonte: TBR (2015 apud BRASIL, 2022b)

Aeronaves combinadas são aquelas que podem ser usadas para transportar passageiros e/ou carga, podendo ter uma divisória na cabine para permitir ambos os usos ao mesmo tempo. Pouco utilizadas no Brasil, essas aeronaves normalmente apresentam uma porta de carga de grandes dimensões, bem como fixadores no piso da cabine para permitir que os assentos sejam adicionados ou removidos rapidamente, possibilitando uma conversão rápida entre funções (TRB, 2015).

Os principais produtos de carga aérea em 2018, segundo BRASIL (2022c) são apresentados na figura a seguir:

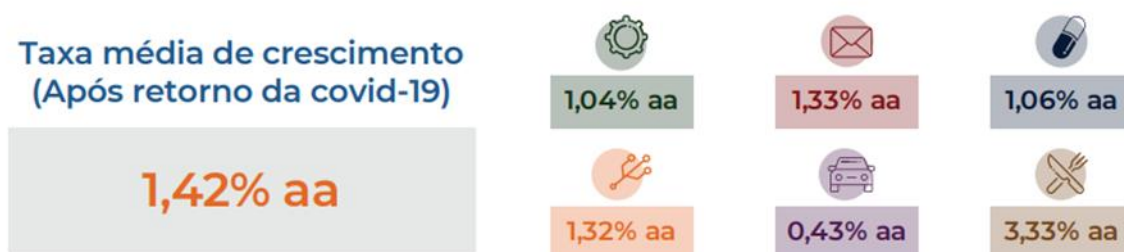
Figura 3 – Perfil da carga doméstica



Fonte: Documentos de CT-e (2018 apud BRASIL 2022c)

A tendência de crescimento da carga doméstica observada em 2018, se sustentou no ano seguinte e persistiu com o retorno das atividades comerciais pós Covid-19, como verificamos na imagem abaixo:

Figura 4 – Taxas médias de crescimento anual da carga doméstica



Fonte: LabTrans/UFSC (2021)

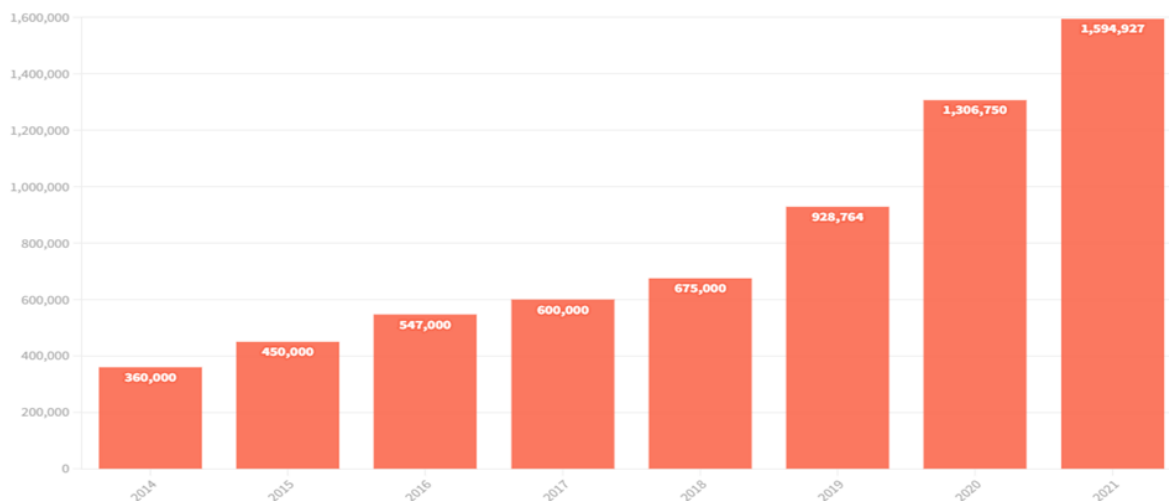
O crescimento de 1,33% ao ano na carga postal, apresentado na figura acima, pode ser um indicativo da expansão da utilização do meio aéreo para o transporte dos produtos do comércio eletrônico, conforme afirma LabTrans/UFSC (2021): “esses tipos de carga caracterizam-se por estar muito presentes na carga proveniente do *e-commerce*”.

2.2 E-commerce

É a abreviação em inglês de comércio eletrônico, um tipo de comércio *on-line*, onde todo o processo de compra e venda de produtos e serviços é realizado via internet, por meio de canais digitais ou entre dispositivos conectados, dispensando, muitas vezes, o espaço físico.

Com as restrições impostas pela pandemia, esse movimento de compra e venda *on-line* aconteceu como uma tentativa do comércio, principalmente de pequenos e médios empreendedores, de sobreviver à crise mantendo o volume de vendas. Segundo pesquisa da BigDataCorp e PayPal, (empresa de tecnologia que captura e entrega dados do mercado e empresa de pagamentos on-line, respectivamente), a expansão do *e-commerce* no Brasil teve números expressivos em 2021, totalizando quase 1,59 milhão de lojas online, 22,05% a mais do que em 2020, quando o comércio digital saltou 40%. A variação indica que, na média, no último ano, 789 novas lojas on-line foram criadas por dia no Brasil. O ritmo de crescimento do *e-commerce* no País desde 2015 chega a uma taxa anualizada de 23,69%.

Figura 5 - Quantitativo de sites de-commerce



Fonte: BigDataCorp

Reflexo direto dos efeitos da Pandemia sobre a economia e da necessidade de digitalização das empresas, o comércio eletrônico por negócios com volume financeiro menor segue em alta. Em 2020, os *e-commerces* com faturamento de até R\$ 250 mil ao ano correspondiam a 48,06%. Enquanto que, atualmente, chegam a representar 52,73% do total.

2.3 Inferência Estatística

2.3.1 Modelos empíricos

Como afirma Barros Neto, Scarminio e Bruns (2010) um importante conceito que precisa ser entendido quando se deseja modelar informações advindas de observações é a diferença entre modelos empíricos e mecanicistas.

No caso de modelos mecanicistas, parte-se do pressuposto que todos os fatores envolvidos no evento são conhecidos e espera-se um resultado exato. Normalmente estão relacionados a fenômenos físicos, como a mecânica Newtoniana, ao explicar os fenômenos astronômicos não relativísticos como consequência de interações gravitacionais.

Já os modelos empíricos levam em conta a incerteza das observações e os fatores envolvidos que foram ignorados. Ao se plotar um gráfico com as observações empíricas é perceptível que não faz sentido modelar uma equação que passa perfeitamente por todos os pontos, mas normalmente indicam uma tendência, uma curva simples que os pontos parecem estar tentando repousar sobre ela.

2.3.2 Inferência estatística

Como afirma Dantas (2012, p.71), “o objetivo da inferência estatística é tirar conclusões sobre parâmetros populacionais com base em estatísticas amostrais, podendo ser através de estimação ou teste de hipóteses”.

A estimação, por sua vez, pode ser pontual ou intervalar, enquanto que em testes de hipóteses parte-se de pressupostos e através de informações amostrais se obtêm evidências a favor da hipótese e portanto a aceita, ou caso contrário, a rejeita.

2.3.3 Estimativas por ponto e intervalos de confiança

Estimativas pontuais são aquelas em que o resultado é um único valor, como por exemplo, quando a média da população é estimada pela média aritmética da amostra. Já com a média e o desvio padrão se faz uma estimativa intervalar, isto é, se define um intervalo de confiança no qual há certa probabilidade da média está contida nele.

Segundo Dantas (2012), a estimação por intervalo está relacionada a uma distribuição de probabilidade. Além de que os dados têm uma tendência de se concentrar em torno de valores particulares como a média, moda e mediana, que são conhecidos, portanto, como estimadores de tendência central.

Da mesma forma, estimadores de dispersão são utilizados para medir o quão concentrados do valor central estão esses dados, são exemplos dessas medidas a variância, desvio padrão e o coeficiente de variação (CV). O último, é definido como a razão entre o desvio padrão e a média e para Martins uma dispersão é considerada baixa quando o CV é menor que 0,10, alta quando está acima de 0,30, e para os demais valores é considerada intermediária.

2.3.4 Distribuições de probabilidade

Para Dantas a distribuição de probabilidade para os dados populacionais se faz necessário ao estimar os parâmetros. Dessas distribuições há tanto discretas quanto contínuas, por exemplo, a distribuição de Poisson, a Binomial e a Hipergeométrica são discretas, enquanto que a Gaussiana, a t de Student e a Snedecor são contínuas.

A distribuição normal é uma das mais importantes e a função densidade de probabilidade dessa distribuição depende apenas de dois parâmetros, a média da população e o

desvio padrão. Já a *t* de Student é utilizada quando precisa-se inferir sobre as médias populacionais sem conhecer os desvios padrão.

Quando deseja-se testar a significância global dos modelos de regressão, a distribuição de Snedecor é bastante útil. Consiste em verificar se a razão entre duas variâncias são estatisticamente diferentes, ao nível de significância especificado.

2.3.5 Testes de hipótese

Como visto anteriormente, a inferência estatística pode ser por estimativa ou teste de hipóteses. A hipótese pode ser entendida como uma afirmação condicional sobre a população. Normalmente, uma hipótese nula, representada por H_0 , e outra alternativa, representada por H_1 , sendo uma o oposto da outra. O teste consiste em aceitar ou rejeitar uma hipótese estatística com base em elementos amostrais.

Martins (2008) aponta que ao realizar os testes, dois tipos de erro podem acontecer, quando se rejeita o que seria verdade e quando se aceita o que seria falso, o primeiro é nomeado de erro tipo I, enquanto o segundo, um erro tipo II. Sendo α a probabilidade de ocorrência do erro tipo I e β a probabilidade de ocorrência do erro tipo II. A seguir essas possibilidades:

Quadro 1 - Resumo das probabilidades para hipóteses

		Realidade	
		H_0 verdadeira	H_0 falsa
Decisão	Aceitar H_0	Decisão correta ($1 - \alpha$)	Erro tipo II (β)
	Rejeitar H_0	Erro tipo I (α)	Decisão correta ($1 - \beta$)

Fonte: (Martins, 2008, p. 203)

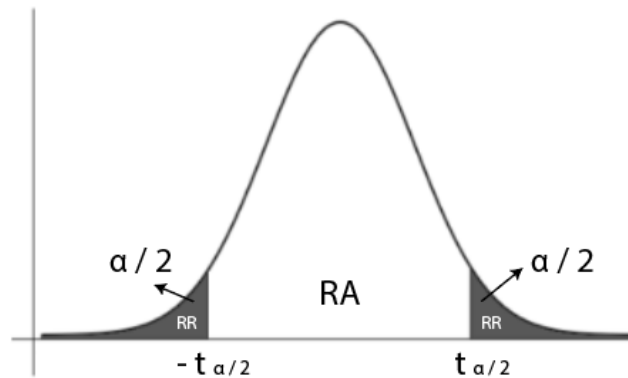
Segundo Dantas (2012), o teste pode ser unicaudal ou bicaudal e para sua formulação é preciso de uma distribuição de probabilidade e um nível de significância estabelecido.

Um exemplo de teste é o de *t* de Student, que acontece em cinco etapas:

1. Definir $H_0: \beta_1 = 0$ e $H_1: \beta_1 \neq 0$ ou $H_1: \beta_1 > 0$ ou $H_1: \beta_1 < 0$;
2. Fixar a probabilidade de erro α e escolher a distribuição *t* com grau de liberdade igual à $n - 2$, sendo n o tamanho da amostra;

3. Construir as regiões de aceitação (RA) e rejeição (RR) de acordo com a hipótese alternativa utilizada;

Figura 6 - Regiões RA e RR para $H_1: \beta_1 \neq 0$



Fonte: (Martins, 2008, p. 321)

4. Calcular o valor da variável t_{cal} com base nos dados amostrais;

$$t_{cal} = \frac{\hat{\beta}_1}{\sqrt{\hat{\sigma}^2 / S_{xx}}}$$

5. Se t_{cal} estiver dentro da área de rejeição, então H_0 será uma hipótese falsa e H_1 será aceita como verdadeira.

2.3.6 Coeficiente de Correlação (r):

Definido o modelo, pode-se verificar a qualidade deste a partir de outras análises, como a de correlação e determinação. Segundo Rodrigues (2012), a análise de correlação tem como objetivo a avaliação do grau de associação entre duas variáveis, ou seja, mede a “força” de relacionamento linear entre as variáveis.

Já Sartoris (2003, p. 47) afirma que “o coeficiente de correlação é obtido retirando-se o efeito dos valores de cada uma das variáveis sobre a variância”, como pode ser visto na equação:

$$R_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Onde:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \text{ e } \bar{y} = \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{n},$$

2.3.7 Coeficiente de Determinação (R^2)

Este coeficiente pode ser entendido como a medida da qualidade geral do ajustamento do modelo de regressão, pois indica que proporção da variação do regressando, é explicada pela variável explanatória. O seu valor pode variar entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo de 1, melhor o ajustamento.

Abaixo, a expressão matemática para o coeficiente de determinação:

$$R_{xy}^2 = \frac{(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}))^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}.$$

2.3.8 Regressão Linear Simples

A palavra regressão foi utilizada pela primeira vez por Francis (1886).ao indicar que a média das alturas de pessoas filhas de pais altos era menor do que a média da altura de seus pais, e a média das alturas de pessoas com pais baixos era maior que a média da altura de seus pais, isto é, nos dois casos as médias partiam de extremos (pais altos e pais baixos) e **regrediam** a uma média populacional.

Porém atualmente regressão pode ser melhor descrita como o estudo da dependência de uma variável (variável dependente) em relação a outra ou a outras variáveis (variáveis explanatórias) visando estimar o valor médio da população (Gurajati, 2011).

Denomina-se então regressão linear quando essa relação tenta ser descrita por uma equação na qual os parâmetros não possuem expoentes diferentes de 1 e não aparecem multiplicados ou divididos por outros parâmetros, por exemplo:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + u$$

Onde Y é a variável dependente, X_1, X_2, \dots, X_n são as variáveis explanatórias, $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ são os coeficientes e u é o distúrbio.

Quando o modelo contém apenas uma variável explicativa, o processo é chamado de regressão linear simples, entretanto, o que ocorre na maioria dos casos é a regressão linear múltipla, quando possuímos mais de uma variável independente relacionada com a variável explicada.

Como esse processo é estocástico, sempre haverá esse erro (u) presente na estimativa. A regressão, portanto, consiste em encontrar os coeficientes que tornem esse erro o mais próximo possível de zero. Para isso utiliza-se o Método dos Mínimos Quadrados (MMQ).

Este, que além de MMQ, pode ser chamado de MQO (Mínimos Quadrados Ordinários) ou ainda OLS (do inglês *Ordinary Least Squares*) é a técnica de estimação mais amplamente utilizada na econometria. Partindo do pressuposto que um conjunto de dados pode ser explicado por uma função afim, busca-se encontrar essa função que melhor se ajuste ao conjunto.

Esse processo consiste em descobrir os coeficientes da equação de tal forma que minimize a soma dos quadrados das diferenças entre o valor estimado e o valor real observado, isto é, o distúrbio. Dessa forma, o grau do ajuste do modelo aos dados observados é maximizado.

Considerando a equação com apenas um regressor e a variável dependente, tal como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + u$$

O distúrbio (u) seria:

$$u = Y - \beta_0 + \beta_1 X$$

E a soma dos quadrados da diferença:

$$\sum_{i=1}^n u^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 + \beta_1 X_i)^2$$

Que para minimizá-la, isto é, encontrar o mínimo da função, toma-se as derivadas iguais a zero:

$$(\partial \sum_{i=1}^n u^2) / \partial \beta_0 = 0$$

$$\left(\partial \sum_{i=1}^n u^2 \right) / \partial \beta_1 = 0$$

Com isso encontra-se os coeficientes da equação, que eram as incógnitas do problema:

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x}$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i x_i - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)(\sum_{i=1}^n x_i)}{n}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n}}$$

Este processo pode ser realizado para qualquer quantidade de regressores, pois sempre se findará em um sistema de equações com k incógnitas e k equações, sendo $k - 1$ o número de variáveis independentes. Como a quantidade de coeficientes a serem descobertos é igual a quantidade de equações, o sistema possuirá uma solução única para o modelo, isto é, a função única que melhor se ajusta aos dados observados.

Porém, como o objetivo de encontrar esse modelo é fazer inferências a partir dele, entendendo e predizendo os valores relacionados ao mesmo, alguns requisitos precisam ser seguidos. Ao todo o modelo clássico de regressão linear está sustentado em sete hipóteses (Gujarati, 2011), são elas:

1. Embora não precise ser linear nas variáveis, a linearidade nos parâmetros é fundamental para o MMQ ser utilizado.
2. O termo erro e os regressores são independentes, isto é, o desvio não pode ser expresso em função das variáveis independentes e nem vice e versa.
3. $E(u_i | X_i) = 0$ que pode ser definido como o valor médio ou esperado do termo de erro aleatório é zero dado o valor X_i
4. A variância ou dispersão do desvio é a mesma independente do valor das variáveis regressoras. Esta pode ser chamada da hipótese de homocedasticidade
5. Não há autocorrelação entre os termos de erro, isto é, o desvio entre um dado observado e o valor estimado não está relacionado com outro desvio de outros dados.

6. O número de parâmetros a serem estimados deve ser menor que o número de observações.
7. Não deve haver valores discrepantes em relação aos demais na amostra e nem os valores observados precisam ter certa variabilidade entre os regressores, pois com valores iguais o modelo se tornaria limitado aos mesmos.

2.3.9 Variáveis *Proxy*

Nem sempre é possível observar uma variável de interesse e portanto, se utiliza variáveis proxy, isto é, variáveis que representam outras. Já que a quantidade de produtos provenientes do e-commerce, transportados por vias aéreas, não é um dado disponível ou diretamente observável, faz-se necessário a utilização de alguma variável intrinsecamente relacionada com a mesma.

Como afirma LabTrans/UFSC (2021), os itens cadastrados como carga postal são em sua maioria produtos relacionados ao comércio eletrônico, e portanto supõe-se que este volume de mala postal seja um bom representante para a variável em questão.

2.6.10 Variáveis Dummy

Variáveis dummy são regressores binários, isto é, assumem o valor de 0 ou 1. Normalmente é um artifício inserido pelo pesquisador para representar variáveis qualitativas ou classificativas, já que não necessariamente são coletados dessa forma.

Neste trabalho será usada para indicar que o mês da observação se refere ao mês de Novembro, nesse caso a variável terá o valor 1 e nos demais meses, o valor 0.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Uma pesquisa pode ser classificada quanto ao ponto de vista dos objetivos, quanto à sua natureza, quanto ao ponto de vista da forma de abordagem ao problema, e quanto ao ponto de vista dos procedimentos técnicos.

De acordo com Gil (2002) pesquisa descritiva visa estabelecer relações entre variáveis. Portanto, em relação ao ponto de vista dos objetivos, esta pesquisa é classificada como descritiva, porque se busca estabelecer a relação existente entre a demanda de carga aérea e volume de vendas pelo e-commerce brasileiro.

Em relação à natureza, este trabalho é classificado como pesquisa aplicada, pois visa à aplicação e o desenvolvimento de modelagem matemática com base em dados reais da ANAC e Neotrust com o uso de estatística e, mais especificamente, regressão linear.

A base de dados para aplicação da modelagem foi restringida apenas aos anos de 2018 a 2021. Tal seleção foi feita devido à pouca confiabilidade com dados mais antigos e pelos diversos fatores que precisariam ser incluídos no modelo caso o período de análise se estendesse. Portanto, se diversos períodos tivessem sido selecionados, dificilmente um bom modelo linear se adequaria aos dados.

Outro motivo para a restrição dos dados ao período mencionado está relacionado ao fato de haver uma quantidade razoável de dados. Assim, consegue-se uma amostra populacional suficientemente grande para a realização das técnicas estatísticas.

Quanto à forma de abordagem ao problema, esta pesquisa classifica-se como quantitativa, observando-se o fato de que as etapas são fundamentadas em técnicas estatísticas, como regressão linear, testes de linearidade e de adequação dos dados ao modelo proposto.

Como já citado, esse estudo utilizou os dados de movimentação de carga e passageiros registrados pelas companhias aéreas e informados à ANAC, sendo que estes passaram por tratamento pela Secretaria Nacional da Aviação Civil (SAC) e são disponibilizados através do portal Hórus (<https://horus.labtrans.ufsc.br/>).

Na base de dados original da ANAC há informações desde o ano 2000, totalizando 937.067 observações até o dia 24/07/2022. Através do Hórus há uma redução, sendo disponibilizados registros a partir de 2004, totalizando 102.629 registros até o final de Julho deste ano. Como este estudo se restringiu aos anos de 2018 a 2021 e os dados foram agrupados por meses, as análises estatísticas foram realizadas com 48 registros mensais.

Tais tratamentos aos quais esses dados foram submetidos são a eliminação dos registros em que o voo apresentou aeródromos de origem e destino idênticos e a eliminação dos registros de voos classificados como "não se aplica" e "improdutivo".

As informações presentes nessa nova base de dados são distribuídas entre os campos “ICAO”, “Aeródromo”, “Município/UF”, “Ano”, “Mês”, “Tipo de voo”, “Passageiro (un)”, “Aeronave (un)”, “Carga Aérea (kg)”, “Mala Postal (kg)”, “Grupo de Voo” e “Sentido”.

Sendo “ICAO” o campo referente ao código utilizado pela Organização Internacional da Aviação Civil (sigla em inglês) para designar os aeródromos. “Tipo de voo” pode ser doméstico, quando o aeródromo de origem e o de destino estão presentes no Brasil, ou internacional, quando um dos aeroportos não está em território nacional.

“Passageiro (un)” é a quantidade total de passageiros (pagos e gratuitos) que ocupam assentos na aeronave, sem especificar passageiros em conexão. “Aeronave (un)” se refere a quantidade total de movimentações no aeroporto, considerando decolagens e pousos.

“Carga Aérea (kg)” é a quantidade total, expressa em quilogramas, de todos os bens que tenham sido transportados na aeronave (carga paga e gratuita de porão e cargueiro), exceto correio e bagagem. Já “Mala Postal (kg)”, é a quantidade total, expresso em quilogramas, de objetos transportados de rede postal em cada trecho de voo realizado.

“Grupo de Voo” pode ser regular ou não regular, os regulares são realizados regularmente e sob uma numeração de Horário de Transporte (HOTRAN), já os não regulares são realizados de uma forma não continuada e não estão sob uma numeração de HOTRAN. Por fim, “Sentido”, se refere a embarque ou desembarque.

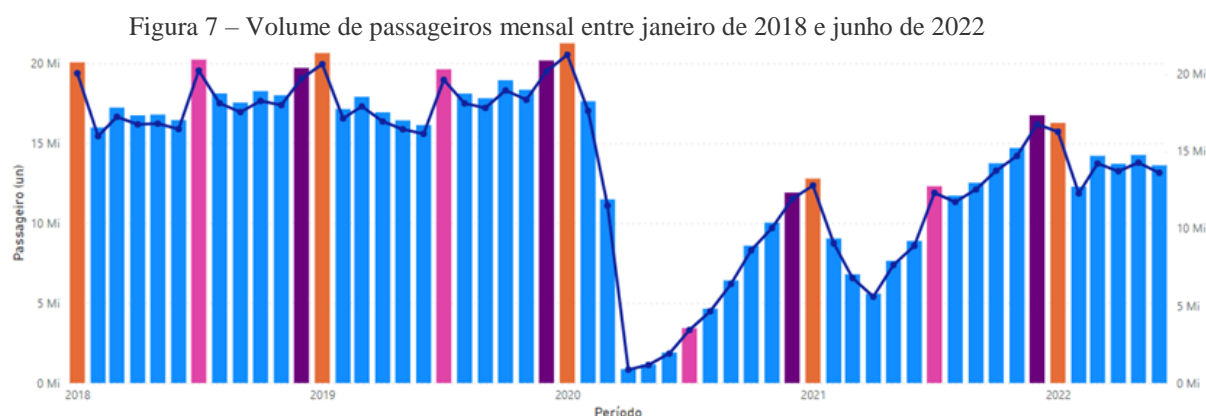
Após coleta desses dados já tratados, o próximo passo consiste em explorá-los, isto é, fazer uma análise exploratória. Nessa etapa busca-se criar relações entre variáveis, verificar a evolução das mesmas no decorrer do tempo, examinar e estudar as características desses dados antes de submetê-los a uma aplicação estatística.

4. RESULTADOS

Definido o contexto, a base de dados utilizada e as variáveis a serem analisadas, esta seção traz os resultados da modelagem.

De início, ao observar o volume mensal de passageiros transportados entre Janeiro de 2018 e Junho de 2022, percebe-se duas características importantes: os picos nos meses de Janeiro, Julho e Dezembro, e a considerável queda na movimentação de passageiros a partir de Fevereiro de 2020.

No gráfico abaixo, os meses que se destacam estão com cores diferentes, laranja para Janeiro, rosa para Julho e roxo para Dezembro, que coincidem com as férias escolares no país, época em que o volume de viagens cresce, tanto para destinos nacionais como internacionais.



Fonte: Adaptado de ANAC (2022)

Já a queda na movimentação de passageiros a partir dos primeiros meses de 2020 pode ser explicada pelo fechamento das fronteiras dos países em decorrência da Pandemia de Covid-19 que ganhava proporções mundiais nessa época.

Estima-se que em novembro de 2019 tenha ocorrido a primeira infecção do SRA-CoV-2, conhecido como Covid-19, em um humano, na cidade de Wuhan, província de Hubei, China. A doença é uma infecção respiratória aguda causada pelo betacoronavírus, potencialmente grave, de elevada transmissibilidade e de distribuição global que já infectou quase 600 milhões de pessoas no mundo e matou cerca de 6,5 milhões.

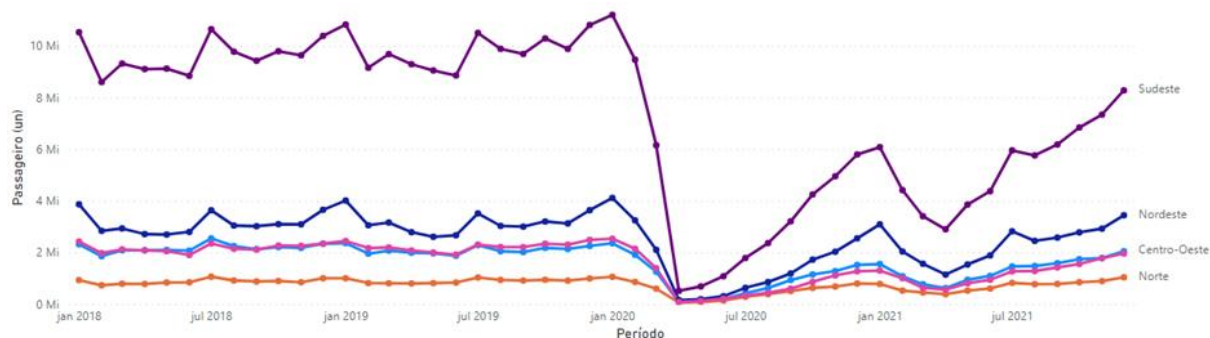
Em 26 de fevereiro de 2020, o primeiro caso da doença no país foi confirmado em um homem de 61 anos, na cidade de São Paulo, segundo o Ministério da Saúde brasileiro. Assim como no Brasil, o vírus se disseminou por todo o mundo e, em 11 de março de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou o estado de pandemia global.

Reagindo a essa declaração, vários países ao redor do mundo anunciaram o fechamento das suas fronteiras, o que refletiu diretamente na interrupção das atividades de transporte aéreo.

Os efeitos foram sentidos nos mais diversos aspectos desse mercado, a demanda doméstica, medida em passageiros quilômetros pagos (RPK), por voos no mercado doméstico teve redução de 93,1% em abril de 2020, na comparação com abril de 2019. A redução da demanda era esperada em virtude da implementação da Malha Aérea Essencial que reduziu em 91,6% a oferta de voos no país. Em março, mês em que foram anunciadas as primeiras medidas de isolamento e fechamento de fronteiras, a demanda doméstica por voos registrou redução de 32,9% (ANAC, 2020b).

Ao verificar essas mesmas informações separadas por regiões do Brasil, percebe-se que a região Sudeste tem uma grande vantagem em relação às demais, sendo responsável por cerca de 50% da movimentação de passageiros. Em segundo lugar está a região Nordeste, e em último a região Norte. É notável os picos nos meses de janeiro, julho e dezembro também para todas as regiões, porém esses meses são mais discrepantes na região Sudeste e Nordeste, o que pode ser um indicativo das viagens internacionais e para praias do Nordeste nesse período de férias.

Figura 8 – Volume de passageiros mensal entre janeiro de 2018 e junho de 2022 agrupadas por região

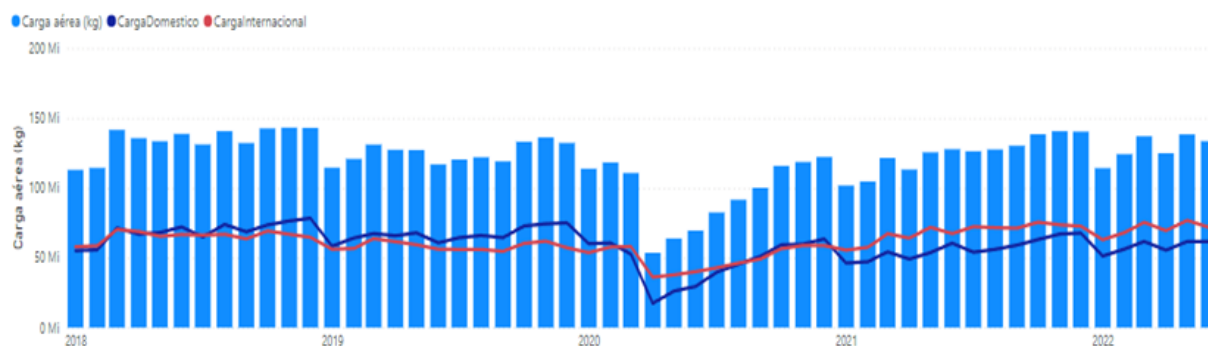


Fonte: Adaptado de ANAC (2022)

Em relação à carga aérea esse mesmo comportamento é observado, porém o impacto da pandemia foi menor, tanto na redução da demanda quanto na recuperação da mesma a valores normais. No gráfico abaixo, as barras indicam o volume mensal em kg da carga aérea transportada nacionalmente entre janeiro de 2018 e junho de 2022, a linha vermelha é referente a parte dessa carga que é importada ou exportada e a linha azul é a carga movimentada dentro do país.

Além do fato do volume de carga aérea já ter se recuperado após a pandemia, percebe-se que o volume de carga internacional (linha vermelha) ultrapassou o de carga doméstica (linha azul) após o período pandêmico.

Figura 9 – Volume de carga aérea mensal entre janeiro de 2018 e junho de 2022 agrupadas por tipo de voo, doméstico e internacional



Em algumas regiões, como Manaus e Campinas, o volume de carga aérea, tanto doméstica, quanto internacional, aumentou significativamente após a pandemia. Já em Recife, esse aumento foi observado apenas para cargas domésticas e em Guarulhos, o inverso, apenas cargas internacionais cresceram após a pandemia.

Figura 10 – Volume de carga aérea anual no aeroporto de Campinas, entre 2017 e 2021, voos domésticos a esquerda e voos internacionais a direita

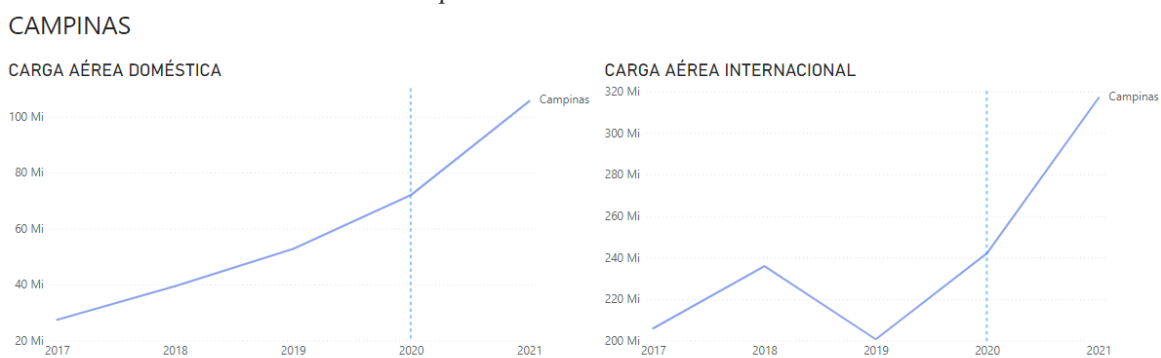
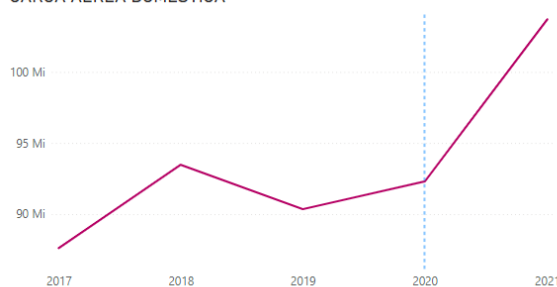


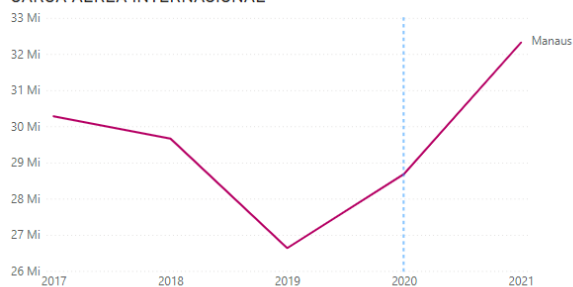
Figura 11 – Volume de carga aérea anual no aeroporto de Manaus, entre 2017 e 2021, voos domésticos a esquerda e voos internacionais a direita

MANAUS

CARGA AÉREA DOMÉSTICA



CARGA AÉREA INTERNACIONAL

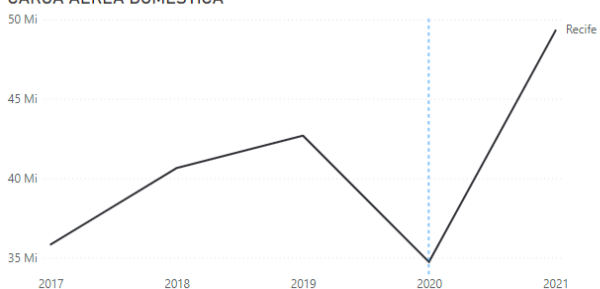


Fonte: Adaptado de ANAC (2022)

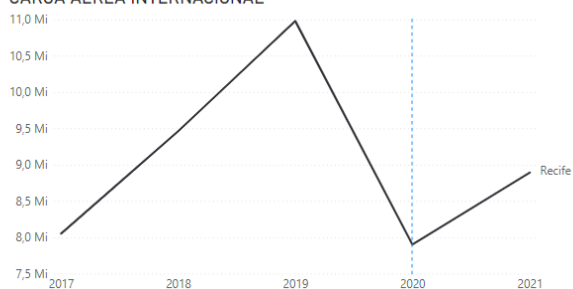
Figura 12 – Volume de carga aérea anual no aeroporto de Recife, entre 2017 e 2021, voos domésticos a esquerda e voos internacionais a direita

RECIFE

CARGA AÉREA DOMÉSTICA



CARGA AÉREA INTERNACIONAL

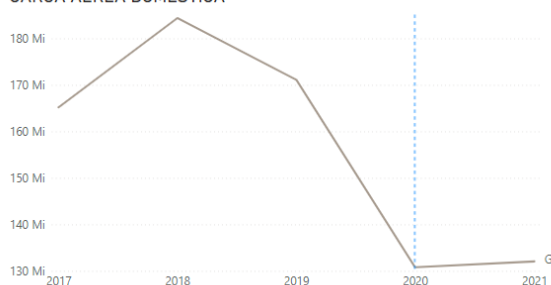


Fonte: Adaptado de ANAC (2022)

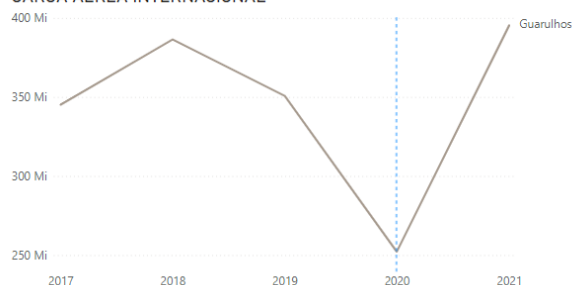
Figura 13 – Volume de carga aérea anual no aeroporto de Guarulhos, entre 2017 e 2021, voos domésticos a esquerda e voos internacionais a direita

GUARULHOS

CARGA AÉREA DOMÉSTICA



CARGA AÉREA INTERNACIONAL

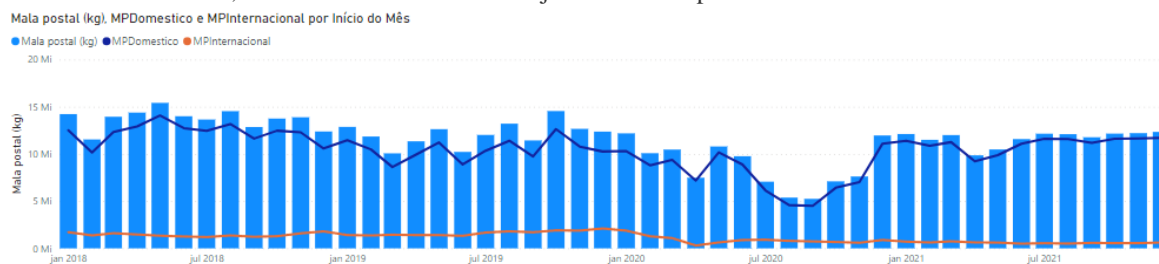


Fonte: Adaptado de ANAC (2022)

Assim como a carga aérea, a mala postal se recuperou bem da pandemia, e a queda na movimentação não foi tão acentuada como no caso do volume de passageiros. No cenário nacional é perceptível que a demanda vem diminuindo com o passar do tempo, porém, em algumas capitais do Nordeste e do Norte, o volume de mala postal transportado em 2021 foi maior que em 2019. No caso de Recife, por exemplo, esse aumento é observado tanto em voos

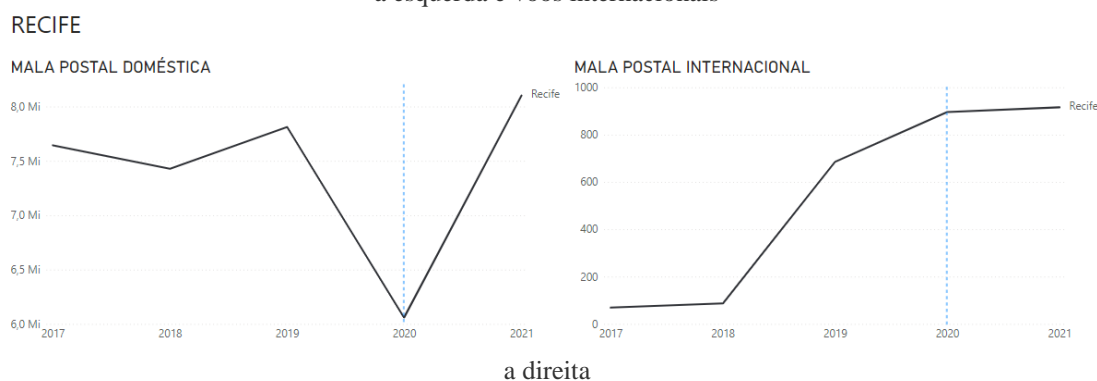
domésticos como internacionais. Já em Manaus, o volume em plena pandemia foi acima que no ano anterior, 2019.

Figura 14 – Volume de mala postal mensal, entre janeiro de 2018 e junho de 2022, separados por tipo de voo, internacional em linha laranja e linha azul para voos domésticos



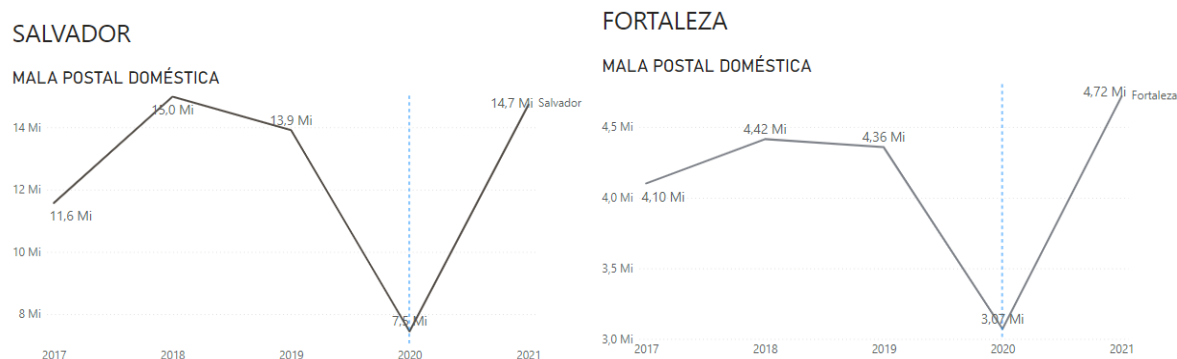
Fonte: Adaptado de ANAC (2022)

Figura 15 – Volume de mala postal anual no aeroporto de Recife, entre 2017 e 2021, voos domésticos a esquerda e voos internacionais a direita



Fonte: Adaptado de ANAC (2022)

Figura 16 – Volume de mala postal anual no aeroporto de Salvador a esquerda e de Fortaleza a direita, entre 2017 e 2021, ambos voos domésticos

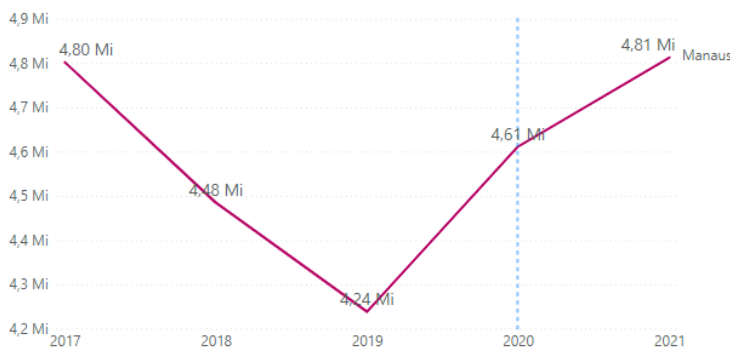


Fonte: Adaptado de ANAC (2022)

Figura 17 – Volume de mala postal anual no aeroporto de Manaus, entre 2017 e 2021, voos domésticos

MANAUS

MALA POSTAL DOMÉSTICA



Fonte: Adaptado de ANAC (2022)

No caso do e-commerce, a base de dados analisada foi a da Neotrust, empresa voltada para coleta de dados do e-commerce brasileiro e estudo de soluções para parceiros do comércio eletrônico, dos anos de 2018 a 2021. A partir dessas informações, foi plotado o gráfico abaixo, do índice de faturamento e de vendas do comércio eletrônico do Brasil.

Fica evidente que tais índices vêm crescendo no período observado, de Janeiro 2018 a Dezembro de 2021, que os meses de Novembro são os mais importantes para o setor e como a pandemia teve influência na demanda por produtos ofertados de forma online.

Figura 18 – Índice de Faturamento (linha azul claro) e Índice de Vendas (linha azul escuro), ambos mensais



Fonte: Adaptado de Neotrust (2021)

Essas observações visuais são fortalecidas através dos resultados encontrados pela regressão linear dessas variáveis. O índice de faturamento do e-commerce no período é utilizado como variável dependente, a taxa de câmbio, o PIB corrente, o número de casos de covid-19 são utilizadas como variáveis explicativas, além de variável dicotômica para considerar o comportamento atípico no mês de novembro.

O modelo pode ser observado abaixo pela Equação (1) e em seguida o quadro com o detalhamento das estatísticas do mesmo.

$$\hat{Y} = -243 - 0,0003 \times C\grave{A}M\grave{B}IO + 0,0074 \times COVID + 0,0006 \times PIB + 132 \times NOV \quad (1)$$

Quadro 2 – Coeficientes do modelo sobre o índice de faturamento do e-commerce

Estatística de Regressão		ANOVA	
R ²	83%	F	significância
R ² ajustado	81%	50,70	9,87795E-16
Coeficientes		Stat t	valor-P
INTERSECÇÃO	-242,65	-3,12	3,25E-03
CÂMBIO	-0,0003	-5,21	5,07E-06
CASOS DE COVID	0,0074	5,21	5,14E-06
PIB CORRENTE	0,0006	4,82	1,82E-05
NOVEMBRO	132,35	6,21	1,78E-07

Fonte: Adaptado de ANAC (2022)

Como indicado pelo R² ajustado, conseguimos explicar 81% da variabilidade do índice de faturamento no período. Através do valor-P, podemos verificar que todas as variáveis independentes são significantes para o modelo ao nível de 99%, isto é, com 99% de certeza podemos afirmar que a taxa de câmbio é importante para predizer o índice de faturamento do e-commerce brasileiro, da mesma forma para o número de Casos de Covid, para o PIB corrente, e para a variável dicotômica representante de novembro.

Além disso, esse modelo como um todo possui uma significância de 99%, o que pode ser interpretado como que é melhor predizer o índice de faturamento por esse modelo do que simplesmente estimá-lo pela sua média.

Considerando este estudo e mantendo todas as demais variáveis constantes, à medida que a razão entre o dólar e o real aumenta em 1, o índice de faturamento cai 0,0003 pontos. Da mesma forma, mantendo as demais variáveis constante, a cada 1.000 novos casos de covid-19, o índice aumenta 7,4 pontos, e a cada R\$ 1.000.000,00 de aumento do PIB, o índice aumenta 0,0006 pontos, além de que nos meses de novembro o índice faturamento é em média 132,35 pontos acima que nos demais meses.

Ao analisar, o mesmo gráfico do índice de faturamento com o índice de vendas no decorrer do tempo, porém com os dados agrupados por ano, percebemos que a partir de 2020 a razão entre o faturamento e as vendas vem caindo, isto é, o ticket médio dos produtos comercializados em 2020 e 2021 é menor do que em épocas antes da pandemia.

Figura 19 – Índice de Faturamento (linha azul claro) e Índice de Vendas (linha azul escuro), ambos anuais



Fonte: Adaptado de Neotrust (2021)

Vê-se, portanto, que a comercialização através do e-commerce vem crescendo e que a pandemia teve forte influência positiva para as vendas. Ademais, a mala postal também apresenta aumento da movimentação nos principais destinos em que os produtos do e-commerce são transportados por vias aéreas.

Com isso, e com o indicativo pela revisão bibliográfica de que os principais produtos cadastrados como mala postal são de origem do e-commerce, foi utilizado a mala postal como *proxy* para o volume de produtos do e-commerce transportados pelo modal aéreo.

O modelo pode ser observado abaixo, no qual confirma que a mala postal tem importância para predizer a carga aérea brasileira.

O modelo pode ser observado abaixo Equação (2) e em seguida o quadro com o detalhamento das estatísticas do mesmo.

$$\hat{Y} = -54.766.253 + 5 \times MP - 1899 \times COVID + 194 \times PIB \quad (2)$$

Quadro 3 - Coeficientes do modelo sobre o volume de carga aérea

Estatística de Regressão		ANOVA	
R ²	66%	F	significância
R ² ajustado	64%	28,95	1,7111E-10
Coeficientes		Stat t	valor-P
INTERSECÇÃO	-54766253,26	-2,35	2,34E-02
MALA POSTAL (KG)	5,02	6,30	1,24E-07
NÚMERO CASOS COVID	-1899,19	-4,46	5,63E-05
PIB CORRENTE	193,66	5,53	1,63E-06

Fonte: Adaptado de Anac (2022)

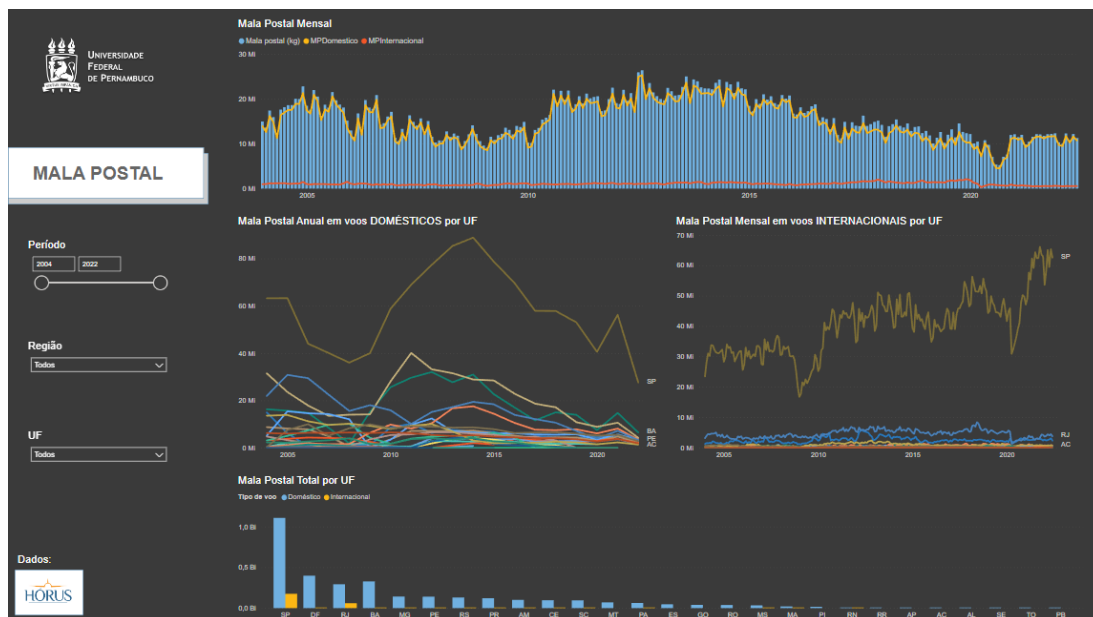
Como pode-se observar pelo valor-P, todas as variáveis independentes são significantes para o modelo ao nível de 99%, exceto a intersecção que é significativa ao nível de 95%, isto é, com 99% de certeza podemos afirmar que a Mala Postal é importante para predizer a demanda de Carga Aérea, da mesma forma para o Número de Casos de Covid e para o PIB corrente.

Ademais, esse modelo como um todo possui uma significância de 99%, o que pode ser interpretado como que é melhor predizer a carga aérea por esse modelo do que simplesmente estimá-la pela sua média. Entretanto, a variabilidade do volume de carga aérea, na amostra utilizada, é explicada apenas em 64%, isto é, precisa-se de mais variáveis independentes para justificar a demanda por carga aérea com mais assertividade, e ao incluir mais parâmetros no modelo, o valor dos coeficientes atuais pode sofrer certa oscilação.

Considerando o modelo deste estudo e mantendo todas as demais variáveis constantes, à medida que o volume de Mala Postal cresce em 1 kg, o volume de Carga Aérea aumenta 5 kg. Da mesma forma, mantendo as demais variáveis constantes, a cada novo caso de covid, o volume de carga aérea transportada cai cerca de 1900 kg, e a cada R\$ 1.000.000,00 de aumento do PIB, o volume de carga aérea aumenta em quase 200 kg.

No processo de análise foi elaborado um painel interativo que pode ser útil para pesquisas futuras e por isso está disponibilizado no endereço web: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiOGExZDIwNjUtOGFhMS00ZWVjLWFiZTAAtYmRIMWY2M2JmYTljIiwidCI6ImUyZjc3ZDAwLTAxNjMtNGNmNi05MmIwLTQ4NGJhZmY5ZGY3ZCJ9>.

Figura 20 – Dashboard sobre movimentação aérea brasileira



Fonte: Adaptado de ANAC (2022)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No cenário nacional, a carga aérea não apresenta crescimento, porém em regiões específicas, como Manaus, Salvador e Recife, predominantemente Norte e Nordeste, apresenta tal crescimento, o que pode estar associado ao transporte de e-commerce para essas regiões que tem sido o foco das plataformas de comércio eletrônico, já que reduzindo o tempo de entrega, aumenta o volume de vendas.

Conclui-se que o e-commerce está procurando outras alternativas para o envio de mercadorias além da realizada pela Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos, CORREIOS. Para grandes volumes de entregas diárias, contratos com outras transportadoras podem ser mais vantajosos, além de que marketplaces, como o Mercado Livre, possuem companhias aéreas próprias.

Além de que entre os “Produtos industrializados” e “Máquinas e eletrônicos”, é possível identificar um volume expressivo de cargas provenientes de e-commerce, como calçados, roupas, acessórios, utensílios domésticos, equipamentos de informática e eletrodomésticos.

Como boa parte desses produtos provenientes do e-commerce estão sendo registrados diretamente como carga aérea é provável que a influência do comércio eletrônico na carga aérea tenha sido subestimada no último modelo apresentado.

Além disso, ao se analisar o comportamento das empresas de e-commerce, percebe-se um investimento no transporte aéreo para entrega de produtos em longas distâncias, com o objetivo de reduzir esse tempo de entrega para dois dias na maior parte do país.

Possíveis trabalhos futuros podem ser desenvolvidos a partir dessa temática, considerando que ainda é pequeno o número de trabalhos brasileiros sobre o tema e há várias possibilidades de aprofundamento. Uma dessas opções é fazer uma análise regional ou até mesmo por aeroporto, assim como investigar melhor os tipos de cargas para diferentes rotas.

Foi observado também que grandes plataformas de e-commerce, como o Mercado Livre, possuem parcerias com certas companhias para transporte dos seus produtos. Analisar essas companhias em específico pode trazer maiores informações sobre a influência do comércio eletrônico na carga aérea.

6 REFERÊNCIAS

ADDE, T. **O que é frete aéreo e como ele funciona?**. 2022. Artigo disponível em: <www.nuvemshop.com.br/blog/frete-aereo>. Acesso em: 01 agost 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC), Brasília-DF. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/aceso-a-informacao/dados-abertos/areas-de-atuacao/todos-os-dados-abertos>>. Acesso em: 25 de jul 2022

ALECRIM, E. **Mercado Livre usará aviões da Gol para acelerar entregas em todo Brasil**. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/noticias/2022/04/19/mercado-livre-usara-avioes-da-gol-para-acelerar-entregas-em-todo-o-brasil>> Acesso em: 21 agost 2022

BARROS NETO, Benício de; SCARMINIO, Ieda Spacino; BRUNS, Roy Edward. Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010

BRASIL. Ministério da Infraestrutura (MInfra). Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC). Desempenho. [Brasília, DF], 2022a. Disponível em: <<https://horus.labtrans.ufsc.br/gerencial/?auth=s#Movimentacao/Desempenho>> . Acesso em: 6 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura (MInfra). Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC). Desempenho. Brasília-DF, 2022b. Disponível em: <<https://horus.labtrans.ufsc.br/api//Files/CargaAerea/>>. Acesso em: 6 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura (Minfra). Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC). Sistema Hórus. Versão 9.5.13.307. Brasília, DF, 2020c. Disponível em: <<https://horus.labtrans.ufsc.br/gerencial/#Principal>>. Acesso em: 19 jun. 2020.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Programa de Disseminação das Estatísticas do Trabalho (PDET). Novo CAGED – Maio 2022. [Brasília, DF], 2022c. Disponível em: <http://pdet.mte.gov.br/novo-caged>. Acesso em: 6 jul. 2022.

BIGDATACORP. **Perfil do E-Commerce Brasileiro**, 7ª edição da pesquisa, disponível em <<https://bigdatacorp.com.br/estudo-perfil-do-e-commerce-brasileiro-7a-edicao/>>. Acesso em: 21 ago. 2022.

CHEN, C. H, CHOU S. Y. A BSC Framework for Air Cargo Terminal Design: Procedure and Case Study. **Journal of Industrial Technology** Volume 22, Number 1 - January 2006 through March 2006, disponível em: <<https://www.iastatedigitalpress.com/jtmae/articles/>>. Acesso em 30 maio 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE (CNT). **Agenda institucional transporte e logística 2022**. – Brasília: CNT : SEST SENAT : ITL, 2022. Disponível em: <file:///C:/Users/Nadjane/Downloads/Agenda%20Institucional%20Transporte%20e%20Log%20C3%ADstica%202022.pdf> Acesso em : 10 ago de 2011

Congresso Brasileiro de História Econômica, XII & Conferência Internacional de História de Empresas, 13ª, 2017, Niterói, RJ. **Um breve histórico da aviação comercial brasileira** Josué Catharino Ferreira, disponível em: <<https://www.abphe.org.br/arquivos/josue-catharino-ferreira.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2022

DANTAS, R. A. Engenharia de avaliações: uma introdução à metodologia científica. São Paulo: Pini, 2012.

FIGUEIREDO, R. M. A de. **Um estudo de localização de “HUBS” no transporte aéreo de cargas brasileiro**. Rafael Mesquita Antunes de Figueiredo; orientador: Nélío Domingues Pizzolato. – Rio de Janeiro : PUC, Departamento de Engenharia Industrial, 2005. 89 f. Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial.

GALTON, F. “**Family likeness in stature**”. **Proceedings of Royal Society**. Francis Galton - Londres, 1886. v. 40, p. 42-72

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002

Gurajati, D. N. **Econometria Básica** Damodar N. Gujarati 5 edição 2011

LABTRANS/UFSC. **Carga Aérea**. Vol 1. Florianópolis, 2020

MARTINS, Gilberto de Andrade. Estatística geral e aplicada. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008

RODRIGUES, S. C. A. Modelo de Regressão Linear e suas Aplicações, tese de dissertação. Universidade da Beira Interior - Portugal, disponível em: <<https://ubiblorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/1869/1/Tese%20Sandra%20Rodrigues.pdf>> acesso em: 01 de maio de 2022

RONDINELLI, J.; GONÇALVES, G. e FREITAS, G. Quem vai entregar mais rápido. **Revista E-commercebrasil**, disponível em <<https://revista.ecommercebrasil.com.br/revistaAnteriores/65>>. Acesso em: 20 ago. 2022

SARTORIS, A. **Estatística e introdução à econometria**. São Paulo: Saraiva, 2003

SMITH JR, M. J. **The Airline Encyclopedia 1909-2000**. The Scarecrow Press, Inc. Lanham, Maryland, and Oxford 2002. Disponível em <<https://cloudflare-ipfs.com/ipfs/bafykbzacebdrowp5wujcjc37xikyoxfcerdofba326u2rig6o6el7ev5bch4i?filename=Myron%20J.%20Smith%20Jr.%20-%20The%20Airline%20Encyclopedia%201909-2000%20%283%20vol.%20set%29-Scarecrow%20Press%20%282002%29.pdf>> Acesso em: 01 jun. 2022.