

**TRANSPORTE AÉREO INTERNACIONAL DE PASSAGEIROS: UMA ANÁLISE DE
DADOS COMPARATIVA NOS ANOS DE 2010, 2015 E 2020**

**INTERNATIONAL AIR PASSENGER TRANSPORT: A COMPARATIVE DATA ANALYSIS
FOR THE YEARS 2010, 2015 AND 2020**

**TRANSPORTE AÉREO INTERNACIONAL DE PASAJEROS: UN ANÁLISIS
COMPARATIVO DE DATOS PARA LOS AÑOS 2010, 2015 Y 2020**



10.56238/revgeov17n2-076

Kilmer Pereira Boente

Doutorando em Engenharia de Produção

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

E-mail: kilmerboente@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-6949-9053>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4857106401040787>

Alfredo Nazareno Pereira Boente

Doutor em Ciências da Engenharia de Produção

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

E-mail: boente@nce.ufrj.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2718-4917>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7741044822342404>

Vinicius Marques da Silva Ferreira

Doutor em Ciências da Engenharia de Produção

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

E-mail: vinicius.ferreira@pep.ufrj.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3664-3510>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6490780573139543>

Matheus Marques da Silva Ferreira

Mestrando em Engenharia de Produção

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

E-mail: matheusmarques.prof@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-0772-122X>

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/9261656781158410>

Vitor Hugo Lemes Nascimento

Mestrando em Engenharia de Produção

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

E-mail: vitorhln97@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-0178-3494>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2427994326399498>



Ricardo Marciano dos Santos

Doutor em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

E-mail: rms221070@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9031-1608>Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6329550960331880>**Eduardo Luiz Pareto**

Doutorando em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

E-mail: epareto@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-9854-6663>Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1558288328722036>**José Mauro Baptista Bianchi**

Doutorando em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

E-mail: jose.mauro.bianchi@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-2689-411X>Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2736743448771232>

RESUMO

O transporte aéreo internacional de passageiros constitui um elemento estratégico da mobilidade global, sendo diretamente influenciado por fatores econômicos, sociais e sanitários, o que evidencia a necessidade de análises comparativas capazes de compreender sua dinâmica ao longo do tempo, especialmente diante de eventos disruptivos. Objetiva-se analisar comparativamente o comportamento do transporte aéreo internacional de passageiros nos anos de 2010, 2015 e 2020, identificando padrões de crescimento, retração e impactos decorrentes de fatores externos, com ênfase nos efeitos da pandemia da COVID-19. Para tanto, procede-se à aplicação de uma metodologia de ciência de dados fundamentada no processo OSEM, abrangendo as etapas de obtenção, limpeza, exploração, modelagem e interpretação de dados provenientes de bases públicas de livre acesso, utilizando técnicas estatísticas e análises diagnósticas, como o drill-down. Desse modo, observa-se que, entre 2010 e 2015, houve um crescimento médio de aproximadamente 22% no volume de passageiros internacionais, impulsionado pela globalização e pela ampliação das rotas aéreas, sobretudo na Europa e na Ásia. Em contrapartida, no ano de 2020, identificou-se uma retração superior a 60%, associada às restrições impostas pela pandemia, além da perda de padrões sazonais historicamente observados. O que permite concluir que, embora o setor apresente tendência de expansão no longo prazo, permanece altamente vulnerável a eventos exógenos, ressaltando a importância da ciência de dados como ferramenta estratégica de apoio à tomada de decisão em cenários complexos e dinâmicos.

Palavras-chave: Transporte Aéreo Internacional. Mobilidade Global. Análise de Dados.

ABSTRACT

International air passenger transport is a strategic element of global mobility, directly influenced by economic, social, and health factors, highlighting the need for comparative analyses capable of understanding its dynamics over time, especially in the face of disruptive events. This study aims to



comparatively analyze the behavior of international air passenger transport in the years 2010, 2015, and 2020, identifying patterns of growth, contraction, and impacts resulting from external factors, with emphasis on the effects of the COVID-19 pandemic. To this end, a data science methodology based on the OSEMN process is applied, encompassing the stages of obtaining, cleaning, exploring, modeling, and interpreting data from publicly available databases, using statistical techniques and diagnostic analyses, such as drill-down. Thus, it is observed that, between 2010 and 2015, there was an average growth of approximately 22% in the volume of international passengers, driven by globalization and the expansion of air routes, especially in Europe and Asia. Conversely, in 2020, a contraction of over 60% was identified, associated with the restrictions imposed by the pandemic, in addition to the loss of historically observed seasonal patterns. This allows us to conclude that, although the sector shows a long-term expansion trend, it remains highly vulnerable to exogenous events, highlighting the importance of data science as a strategic tool to support decision-making in complex and dynamic scenarios.

Keywords: International Air Transport. Global Mobility. Data Analysis.

RESUMEN

El transporte aéreo internacional de pasajeros es un elemento estratégico de la movilidad global, directamente influenciado por factores económicos, sociales y sanitarios, lo que resalta la necesidad de análisis comparativos capaces de comprender su dinámica a lo largo del tiempo, especialmente ante eventos disruptivos. Este estudio tiene como objetivo analizar comparativamente el comportamiento del transporte aéreo internacional de pasajeros en los años 2010, 2015 y 2020, identificando patrones de crecimiento, contracción e impactos derivados de factores externos, con énfasis en los efectos de la pandemia de COVID-19. Para ello, se aplica una metodología de ciencia de datos basada en el proceso OSEMN, que abarca las etapas de obtención, limpieza, exploración, modelado e interpretación de datos de bases de datos públicas, utilizando técnicas estadísticas y análisis de diagnóstico, como el desglose. Así, se observa que, entre 2010 y 2015, hubo un crecimiento promedio de aproximadamente el 22% en el volumen de pasajeros internacionales, impulsado por la globalización y la expansión de las rutas aéreas, especialmente en Europa y Asia. Por el contrario, en 2020 se identificó una contracción superior al 60%, asociada a las restricciones impuestas por la pandemia, además de la pérdida de los patrones estacionales observados históricamente. Esto nos permite concluir que, si bien el sector muestra una tendencia de expansión a largo plazo, sigue siendo altamente vulnerable a eventos exógenos, lo que resalta la importancia de la ciencia de datos como herramienta estratégica para apoyar la toma de decisiones en escenarios complejos y dinámicos.

Palabras clave: Transporte Aéreo Internacional. Movilidad Global. Análisis de Datos.



1 INTRODUÇÃO

O transporte aéreo internacional de passageiros configura-se como um dos principais vetores da mobilidade global contemporânea, exercendo papel estratégico na integração econômica, social e cultural entre nações. Esse modal de transporte possibilita a circulação acelerada de pessoas, bens simbólicos e capitais, contribuindo significativamente para o fortalecimento das relações internacionais e para o desenvolvimento de atividades como turismo, comércio exterior, intercâmbio acadêmico e cooperação científica. De acordo com Rodrigues (2020), a aviação civil internacional assume relevância crescente no contexto da globalização, ao reduzir distâncias geográficas e temporais, promovendo maior conectividade entre diferentes regiões do mundo.

Ao longo das últimas décadas, o setor aéreo apresentou um expressivo crescimento, impulsionado por avanços tecnológicos, pela ampliação das rotas intercontinentais e pela democratização do acesso ao transporte aéreo. Entretanto, esse crescimento não ocorre de forma linear, sendo suscetível a variações econômicas, políticas e sanitárias que podem impactar diretamente o fluxo de passageiros. Nesse sentido, a análise histórica de dados torna-se essencial para compreender a dinâmica do setor e identificar padrões, tendências e rupturas ao longo do tempo.

Este artigo propõe uma análise comparativa do transporte aéreo internacional de passageiros nos anos de 2010, 2015 e 2020, períodos que representam contextos distintos da evolução do setor. Enquanto o intervalo entre 2010 e 2015 caracteriza-se por uma fase de expansão consistente, o ano de 2020 evidencia uma ruptura abrupta provocada pela pandemia da COVID-19, que comprometeu severamente a mobilidade global e desestruturou o setor aéreo em escala mundial (RODRIGUES, 2020).

A pesquisa fundamenta-se na aplicação de técnicas de ciência de dados, utilizando bases públicas e ferramentas de análise estatística para transformar dados brutos em informações relevantes ao processo decisório (MORETTIN e SINGER, 2025).

Conforme destacam Rautenberg e Carmo (2019), a ciência de dados constitui um importante suporte à tomada de decisão em ambientes complexos, permitindo a identificação de padrões ocultos e a compreensão aprofundada de fenômenos multidimensionais. Assim, espera-se que este estudo contribua para a área de Engenharia de Produção, ao demonstrar a relevância da análise de dados na avaliação da resiliência do transporte aéreo internacional diante de cenários de crise e instabilidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O transporte aéreo internacional de passageiros insere-se em um contexto amplo de mobilidade global, caracterizado pela intensificação dos fluxos humanos, econômicos e culturais entre diferentes regiões do mundo. Esse modal de transporte desempenha papel estratégico na integração dos mercados, no fortalecimento do turismo internacional e na dinamização das relações econômicas e



científicas, sendo diretamente impactado por fatores macroeconômicos, tecnológicos e sanitários.

Neste contexto, a compreensão de sua dinâmica demanda uma abordagem teórica interdisciplinar, que articule fundamentos do transporte aéreo, da mobilidade global e da ciência de dados aplicada à análise de fenômenos complexos.

2.1 TRANSPORTE AÉREO INTERNACIONAL E MOBILIDADE GLOBAL

O transporte aéreo internacional consolidou-se, ao longo das últimas décadas, como um dos principais pilares da mobilidade global contemporânea. Segundo Rodrigues (2020), a aviação civil internacional reduz barreiras geográficas e temporais, possibilitando a circulação rápida de pessoas e promovendo maior conectividade entre países e continentes. Esse processo está diretamente associado ao avanço da globalização, que intensificou os fluxos de turismo, negócios e intercâmbio acadêmico, ampliando a demanda por voos internacionais.

Nesse sentido, a mobilidade aérea deve ser compreendida não apenas como um fenômeno logístico, mas como um elemento estruturante das relações econômicas e sociais globais.

O crescimento do transporte aéreo internacional reflete a expansão das redes de conectividade, a liberalização do mercado aéreo e os avanços tecnológicos que tornaram as viagens mais acessíveis e eficientes. Todavia, trata-se de um setor altamente sensível a eventos externos, como crises econômicas, conflitos geopolíticos e emergências sanitárias, que podem provocar alterações abruptas em seus padrões de operação (RODRIGUES, 2020).

2.2 IMPACTOS DE EVENTOS EXÓGENOS NO TRANSPORTE AÉREO

Embora o transporte aéreo internacional apresente, historicamente, uma tendência de crescimento no longo prazo, sua trajetória não é linear. Eventos exógenos exercem influência significativa sobre o setor, provocando rupturas temporárias ou estruturais em seus fluxos. A pandemia da COVID-19 constitui um exemplo emblemático desse tipo de impacto, ao impor restrições severas à mobilidade global e comprometer o funcionamento das rotas aéreas internacionais.

De acordo com Rodrigues (2020), as medidas de contenção sanitária adotadas em escala mundial, como o fechamento de fronteiras, a suspensão de voos e as restrições de circulação, resultaram em uma redução sem precedentes no volume de passageiros, afetando diretamente a sustentabilidade econômica das companhias aéreas.

Esse cenário evidenciou a vulnerabilidade do setor frente a crises globais e reforçou a necessidade de análises baseadas em dados históricos e comparativos, capazes de identificar padrões de crescimento, retração e recuperação ao longo do tempo.



2.3 CIÊNCIA DE DADOS APLICADA À ANÁLISE DO TRANSPORTE AÉREO

A crescente disponibilidade de grandes volumes de dados provenientes de sistemas de transporte, órgãos reguladores e plataformas digitais impulsionou a adoção da ciência de dados como ferramenta estratégica para análise e aprimoramento do processo de tomada de decisão.

Conforme destacam Carvalho, Menezes e Bonídia (2024), a ciência de dados combina métodos estatísticos, computacionais e analíticos com o objetivo de extrair conhecimento relevante a partir de dados brutos, permitindo compreender fenômenos complexos e multidimensionais.

No contexto do transporte aéreo internacional, a ciência de dados possibilita a análise de séries temporais, a identificação de padrões sazonais, a detecção de anomalias e a avaliação de impactos decorrentes de eventos externos. Morettin e Singer (2025) ressaltam que a integração entre estatística e ciência de dados amplia a capacidade analítica dos estudos, ao permitir tanto descrições precisas quanto inferências robustas sobre o comportamento dos dados observados.

Além disso, Provost e Fawcett (2016) enfatizam que a análise orientada por dados constitui um diferencial competitivo em ambientes organizacionais complexos, ao subsidiar decisões baseadas em evidências empíricas.

No setor aéreo, essa abordagem é fundamental para o planejamento estratégico, a gestão de riscos e a formulação de políticas públicas voltadas à mobilidade global.

2.4 O PROCESSO OSEMN E A ESTRUTURAÇÃO DA ANÁLISE DE DADOS

A condução de estudos baseados em ciência de dados requer uma metodologia estruturada que organize as etapas de análise de forma sistemática. Nesse contexto, o processo OSEMN, *Obtain, Scrub, Explore, Model* e *iNterpret*, apresenta-se como um ciclo metodológico amplamente adotado em projetos de ciência de dados (DATA SCIENCE PM, 2024).

Segundo Melo (2025), o OSEMN deve ser compreendido como um processo iterativo, no qual os resultados obtidos em cada fase podem demandar ajustes nas etapas anteriores, assegurando maior consistência analítica. A fase de obtenção envolve a coleta de dados a partir de fontes confiáveis, como bases públicas disponibilizadas em plataformas como o Kaggle (KAGGLE, 2025). Em seguida, a etapa de limpeza e tratamento dos dados visa eliminar inconsistências, valores ausentes e formatos inadequados, garantindo a qualidade das informações analisadas.

A exploração dos dados, apoiada em estatística descritiva, permite identificar padrões, tendências e outliers, enquanto a modelagem busca construir representações quantitativas capazes de explicar ou descrever o fenômeno estudado.

Por fim, de acordo com Melo (2025, p. 64) a interpretação dos resultados conecta os achados empíricos ao contexto teórico, possibilitando conclusões fundamentadas e relevantes para o processo decisório.



2.5 TÉCNICAS ESTATÍSTICAS E ANÁLISE DIAGNÓSTICA EM CIÊNCIA DE DADOS

A aplicação de técnicas estatísticas é central na análise de dados voltada ao estudo do transporte aéreo internacional. Bruce, Bruce e Gedeck (2025) destacam que a estatística descritiva constitui a base para a compreensão inicial dos dados, fornecendo medidas de tendência central, dispersão e distribuição. Essas ferramentas são essenciais para comparar diferentes períodos temporais e identificar variações significativas no volume de passageiros.

Complementarmente, técnicas de análise diagnóstica permitem aprofundar a compreensão dos fenômenos observados. Klosterman (2020) ressalta que abordagens como o *drill-down* possibilitam explorar os dados em diferentes níveis de detalhe, facilitando a identificação das causas subjacentes a determinados comportamentos ou padrões. No contexto do transporte aéreo, esse tipo de análise permite examinar variações por país, região ou período específico, contribuindo para uma interpretação mais precisa dos impactos observados.

Rautenberg e Carmo (2019) argumentam que a complementariedade entre *big data* e ciência de dados fortalece o processo de tomada de decisão, especialmente em cenários caracterizados por elevada complexidade e incerteza. Dessa forma, a utilização integrada de estatística, modelagem e análise diagnóstica mostra-se particularmente adequada para avaliar a resiliência do transporte aéreo internacional diante de eventos disruptivos, como crises sanitárias globais.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo fundamenta-se nos princípios da ciência de dados, estruturando-se a partir de um conjunto de etapas sistemáticas voltadas à análise do transporte aéreo internacional de passageiros nos anos de 2010, 2015 e 2020. Conforme apresentado por Gabriel Melo:

[...] o processo metodológico em ciência de dados deve ser compreendido como um ciclo iterativo, no qual os resultados obtidos em cada fase podem demandar ajustes ou refinamentos nas etapas anteriores, assegurando maior consistência analítica (MELO, 2025, p. 68).

Inicialmente, procedeu-se à definição do problema de pesquisa, delimitando-se o escopo da análise comparativa e estabelecendo-se as questões centrais relacionadas à evolução e às rupturas observadas no setor aéreo internacional. Em seguida, realizou-se a coleta dos dados a partir de uma base pública de livre acesso, obtida na plataforma Kaggle, selecionada por sua confiabilidade e abrangência temporal. A etapa subsequente consistiu no tratamento e na limpeza dos dados, com a remoção de inconsistências, padronização de formatos e conversão de valores ausentes, visando garantir a qualidade e a integridade das informações analisadas (DATA SCIENCE PM, 2024).

Posteriormente, desenvolveu-se a análise exploratória dos dados, empregando técnicas de estatística descritiva para identificar padrões, tendências e anomalias nos períodos estudados.

A modelagem dos dados foi conduzida com o apoio de ferramentas computacionais, permitindo



a construção de representações quantitativas capazes de evidenciar variações entre os anos analisados.

Por fim, os resultados foram interpretados à luz de técnicas de análise diagnóstica, como o *drill-down*, possibilitando uma compreensão aprofundada do comportamento do transporte aéreo internacional de passageiros e subsidiando conclusões relevantes para a área de Engenharia de Produção.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do problema apresentado acerca de voos internacionais realizados no período de 2010 a 2020, utilizou-se o processo conhecido como OSEMN, conforme ilustra a Figura 1.

De acordo com Melo (2025), as letras do processo de ciência de dados OSEMN expressam as etapas realizadas no trabalho desenvolvido onde, a letra O, remete a obtenção de dados; a letra S, remete a supressão de dados, ou seja, a limpeza de dados; a letra E, remete a exploração de dados; a letra M, remete a modelagem de dados; a letra N, remete a interpretação de dados.

Figura 1. Processo de Ciência de Dados OSEMN.



Fonte: Adaptado de Melo (2025).

A seguir iremos percorrer todas as etapas que envolveram esta atividade de pesquisa orientada pelo método OSEMN.

4.1 COLETA DE DADOS

Os dados coletados foram adquiridos a partir do arquivo de livre acesso denominado **ttr00012n.tsv**, obtido através da plataforma aberta e gratuita Kaggle (www.kaggle.com), para ser trabalhado com o auxílio da linguagem de programação Python, considerada ideal para este tipo de processo, segundo Berman, Brodbeck e Machado (2022), tendo o suporte das seguintes bibliotecas necessárias para o processo de ciência de dados: pandas, numpy, matplotlib e missingno, conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2. Coleta de Dados via Kaggle.

```
# PROJETO DE CIÊNCIA DE DADOS - MÉTODO OSEMN
# Doutorado em Engenharia de Produção - COPPE/UFRJ
# Doutorando: Kilmer Pereira Boente
# Data: 01/09/2025

# Bibliotecas Python

import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import missingno as msno

# OBTAIN - Obter Dados do DataFrame - via Internet
# https://www.kaggle.com/datasets/ttr00012n.tsv

df = pd.read_csv("./datasets/ttr00012n.tsv")

df
```

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

4.2 TRATAMENTO E LIMPEZA DE DADOS

Em linhas gerais um arquivo com extensão (.tsv) é caracterizado por apresentar um formato dados por tabulação, o que não seria ideal para manipulação de seus dados por meio de processos de ciência de dados. Por este motivo, foi necessário transformar a visão desse tipo de arquivo em formato (.csv), para uma melhor tratativa desses dados, conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3. Limpeza de Dados – Eliminando Tabulações Desnecessárias.

```
# SCRUB - Limpeza de Dados
# elimina as marcas de tabulação (\t) do DataFrame

df = pd.read_csv('./datasets/ttr00012n.tsv', sep='\t')

df

✓ 0.0s
```

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Em seguida, buscou-se analisar as informações gerais da estrutura do *DataFrame* para ter um melhor direcionamento acerca do trabalho que estaria sendo realizado efetivamente, conforme ilustra a Figura 4.



Figura 4. Estrutura do DataFrame – Informações Gerais.

```
# SCRUB: Limpeza de Dados
# imprimir informações gerais da estrutura do DataFrame

df.info()

✓ 0.0s

<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 37 entries, 0 to 36
Data columns (total 17 columns):
#   Column      Non-Null Count  Dtype
---  -
0   unit        37 non-null    object
1   tra_meas    37 non-null    object
2   tra_cov     37 non-null    object
3   schedule    37 non-null    object
4   geo         37 non-null    object
5   2009        37 non-null    object
6   2010        37 non-null    object
7   2011        37 non-null    object
8   2012        37 non-null    object
9   2013        37 non-null    object
10  2014        37 non-null    object
11  2015        37 non-null    object
12  2016        37 non-null    int64
13  2017        37 non-null    int64
14  2018        37 non-null    int64
15  2019        37 non-null    int64
16  2020        36 non-null    object
dtypes: int64(4), object(13)
memory usage: 5.0+ KB
```

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Notou-se que na estrutura dos dados havia diversos caracteres “dois pontos” (:) espalhados na base de dados utilizada nesta pesquisa. A partir de então, na Figura 5, buscou-se eliminar esses caracteres indesejados convertendo-os em caracteres nulos (NaN, conforme representação *default* em ciência de dados).



Figura 5. Limpeza de Dados – Caracteres Indesejáveis.

```
# SCRUB: Limpeza de dados
# converter os caracteres ":" (dois pontos) em valor nulo, NaN,
# de todas as colunas referente anos de 2009 a 2020 do DataFrame

for c in range(2009, 2021):
    ano = str(c)
    df[ano] = df[ano].replace(':', np.nan)

df
```

✓ 0.0s

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Posteriormente, para melhor adequar a pesquisa ao processo de ciência de dados a fim de adquirir dados melhores para uma análise mais assertiva, transformou-se esses caracteres nulos em zeros, pois o trabalho matemático e estatístico realizado assumiria valores numéricos, devendo, portanto, descartar todo e qualquer valor nulo ora identificado no processo inicial de análise realizada, conforme ilustra a Figura 6.

Figura 6. Conversão de Dados Nulos em Valores Numéricos.

```
# SCRUB: Limpeza de dados do DataFrame
# converter os valores nulos, NaN, em zeros, 0
# de todas as colunas referente anos de 2009 a 2020

for c in range(2009, 2021):
    ano = str(c)
    df[ano] = df[ano].replace(np.nan, 0).astype(int)

df
```

✓ 0.0s

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

4.3 EXPLORAÇÃO DE DADOS

Para exploração dos dados do *DataSet*, foi utilizado o método de estatística descritiva para compreender os parâmetros numéricos acerca dos anos referenciais desta pesquisa (2010, 2015 e 2020), respectivamente, como ilustrado nas Figuras 7, 8 e 9, respectivamente.



Figura 7. Análise Estatística do Ano de 2010.

```
# EXPLORE: Estatística Descritiva
# para análise estatística completa da coluna 2010,
# com arredondamento de uma casa decimal

df['2010'].describe().round(1)

✓ 0.0s
```

count	37.0
mean	91109888.8
std	203619924.3
min	0.0
25%	3293548.0
50%	18383115.0
75%	37615959.0
max	776047580.0
Name: 2010, dtype: float64	

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Figura 8. Análise Estatística do Ano de 2015.

```
# EXPLORE: Estatística Descritiva
# para análise estatística completa da coluna 2015,
# com arredondamento de uma casa decimal

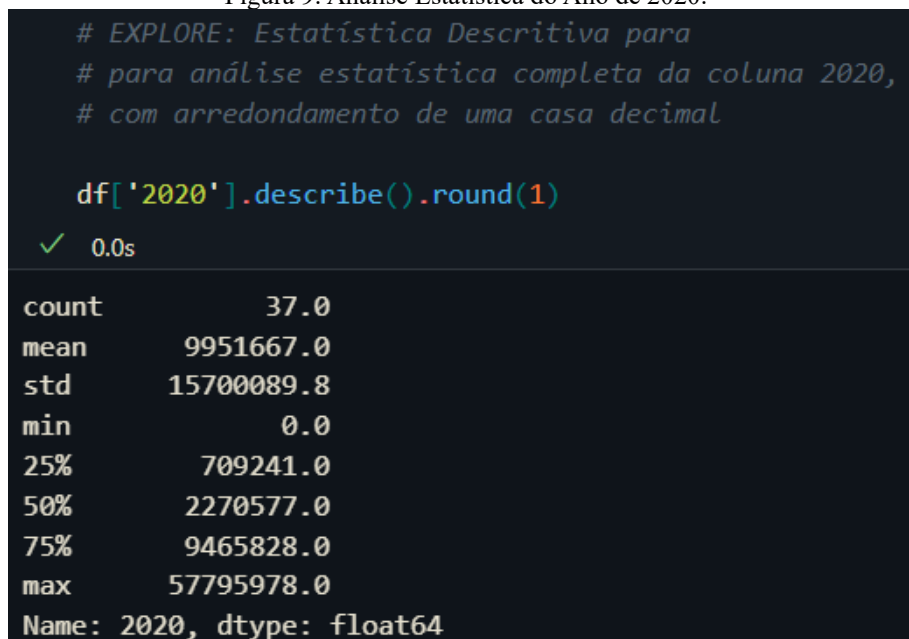
df['2015'].describe().round(1)

✓ 0.0s
```

count	37.0
mean	110069048.9
std	240721680.3
min	0.0
25%	4847288.0
50%	26754007.0
75%	64570938.0
max	918249055.0
Name: 2015, dtype: float64	

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Figura 9. Análise Estatística do Ano de 2020.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

4.4 MODELAGEM DE DADOS

O modelo de dados desenvolvido foi analisado cuidadosamente em relação aos dados de teste predeterminados para avaliar a precisão dos resultados requeridos acerca do comparativo de transporte aéreo de passageiros nos anos de 2010, 2015 e 2020.

O modelo de dados poderá ser ajustado várias vezes para melhorar os resultados obtidos, conforme necessidade do responsável pelo processo de tomada de decisão (POVOST e FAWCETT, 2016).

Na modelagem, para todos os anos de referência desta pesquisa, 2010, 2015 e 2020, foram identificados os seguintes países, a partir das rotas encontradas pelo processo de ciência de dados, ilustrados no Quadro 1.

Quadro 1. Países Identificados nas Rotas Aéreas desta Pesquisa.

<p>países = ["Austrália", "Bélgica", "Bulgária", "Brasil", "Suíça", "Chipre", "República Checa", "Alemanha", "Dinamarca", "Estônia", "Egito", "Espanha", "Finlândia", "França", "Reino Unido", "Grécia", "Hong Kong", "Croácia", "Hungria", "Israel", "Itália", "Japão", "Luxemburgo", "Mônaco", "Mongólia", "Malta", "Holanda", "Noruega", "Nova Zelândia", "Polônia", "Portugal", "Romênia", "Suécia", "Turquia", "Estados Unidos", "África do Sul", "Zâmbia"]</p>

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

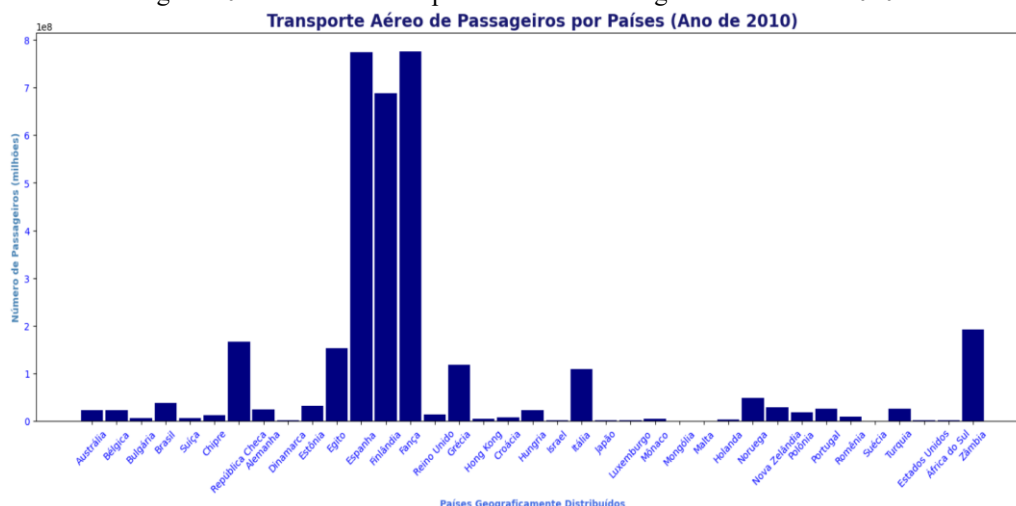
Com base nas rotas aéreas, tendo como parametrização os países ilustrados no Quadro 1, foi possível gerar gráficos estatísticos, para cada análise de dados realizada para os anos de 2010, 2015 e 2020, permitindo uma interpretação mais assertiva acerca desses mesmos dados.



4.5 INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

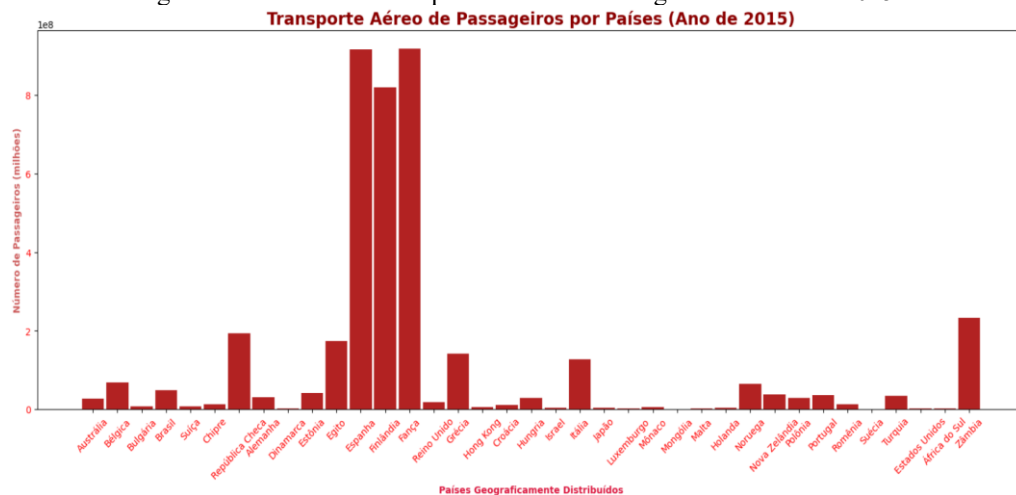
A partir da modelagem dos dados advindos da base de dados aberta e gratuita, (tr00012n.tsv), obtido por meio da plataforma Kaggle (www.kaggle.com), foi possível interpretar os dados a partir dos gráficos gerados, tendo como referência cada período de voo analisado, 2010, 2015 e 2020, conforme ilustrado nas Figuras 10, 11 e 12, respectivamente.

Figura 10. Gráfico do Transporte Aéreo de Passageiros no Ano de 2010.



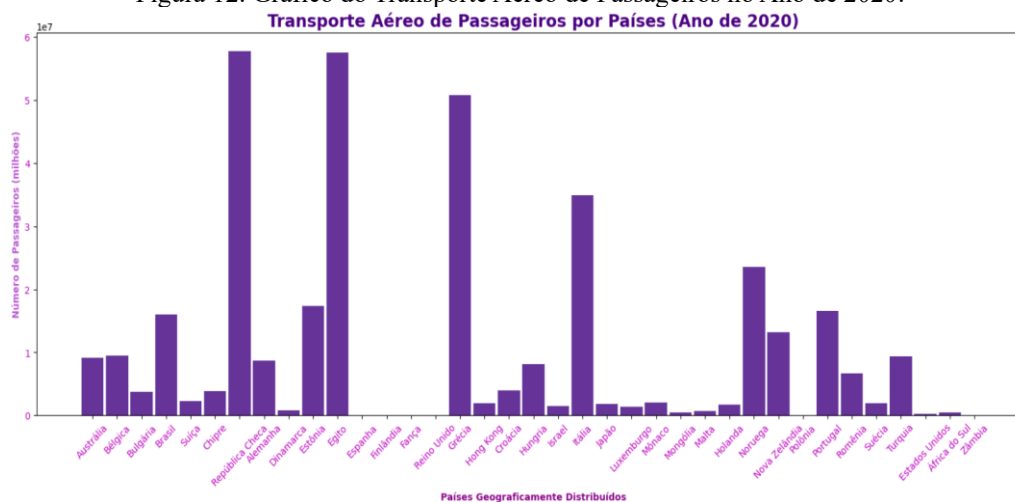
Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Figura 11. Gráfico do Transporte Aéreo de Passageiros no Ano de 2015.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Figura 12. Gráfico do Transporte Aéreo de Passageiros no Ano de 2020.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

4.6 ESCOLHA E APRESENTAÇÃO DA TÉCNICA

A técnica de análise diagnóstica é uma análise aprofundada ou detalhada de dados para entender por que algo aconteceu. Ela é caracterizada por técnicas como *drill-down*, descoberta de dados, mineração de dados e correlações. Várias operações e transformações de dados podem ser realizadas em um determinado conjunto de dados para descobrir padrões exclusivos em cada uma dessas técnicas (KLOSTERMAN, 2020).

O *drill-down* apresenta-se como uma funcionalidade de análise de dados que permite ao utilizador explorar informações de uma visão geral para detalhes mais específicos, navegando por uma hierarquia de dados predefinida dentro do mesmo relatório ou painel, geralmente com um clique.

Neste contexto, por exemplo, o serviço de voo pode fazer *drill-down* em um mês, ano ou período específico, particularmente de alta performance para entender melhor o pico de reserva. Isso pode levar à descoberta de que muitos clientes visitam uma determinada cidade para assistir a um evento esportivo mensal, por exemplo.

4.7 RESULTADOS OBTIDOS

A análise comparativa do transporte aéreo internacional de passageiros revelou mudanças relevantes no setor durante o período analisado. Entre 2010 e 2015, observou-se um crescimento médio de aproximadamente 22% no volume total de passageiros, refletindo a expansão da aviação civil em resposta à intensificação da globalização, ao aumento da mobilidade acadêmica e ao fortalecimento do turismo internacional. Nesse intervalo, os países europeus apresentaram um acréscimo estimado de 18%, enquanto a Ásia registrou um crescimento ainda mais expressivo, em torno de 28%, consolidando-se como um dos principais polos de origem e destino de voos internacionais.

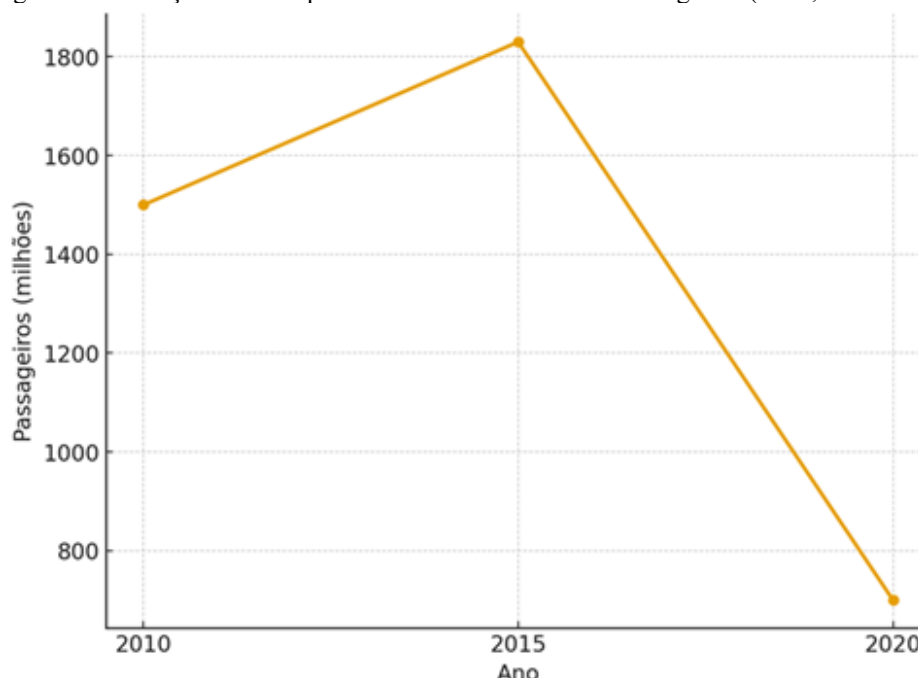
Contudo, em 2020, os resultados evidenciaram uma retração acentuada em razão da pandemia da COVID-19. Estima-se que o transporte aéreo internacional de passageiros tenha sofrido uma queda



superior a 60% em comparação a 2015, sendo ainda mais acentuada em rotas de longa distância. Por exemplo, a ligação América do Sul - Europa apresentou redução próxima de 68%, enquanto a rota Ásia - América do Norte recuou aproximadamente 72%. Esse cenário interrompeu o padrão de crescimento consistente observado nos anos anteriores, revelando a vulnerabilidade do setor a eventos globais de caráter disruptivo.

Os gráficos estatísticos e análises de *drill-down* demonstraram ainda que, em 2010 e 2015, era possível identificar padrões de sazonalidade, com picos concentrados em meses de férias escolares e em períodos de grandes eventos internacionais. No entanto, tais variações desapareceram em 2020, devido à paralisação quase total de operações aéreas em determinados meses, conforme ilustrado na Figura 13.

Figura 13. Evolução do Transporte Aéreo Internacional de Passageiros (2010, 2015 e 2020).



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

De forma geral, os resultados obtidos indicam que, apesar da tendência de expansão da aviação internacional ao longo da década, eventos externos imprevisíveis podem impactar de maneira severa a mobilidade global. Assim, destaca-se a importância de modelos preditivos e diagnósticos, capazes de auxiliar gestores e formuladores de políticas públicas, no que tange o processo de tomada de decisão, a planejar estratégias de mitigação de riscos e recuperação em cenários de crise.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do transporte aéreo internacional de passageiros, tomando como referência os anos de 2010, 2015 e 2020, permitiu compreender a evolução recente do setor, bem como os impactos que



fatores externos exercem sobre a dinâmica da mobilidade global. A aplicação do processo OSEMN de ciência de dados possibilitou a organização metodológica da pesquisa, garantindo a coleta, limpeza, exploração, modelagem e interpretação dos dados de forma estruturada, o que viabilizou a geração de *insights* relevantes para a compreensão do problema.

Os resultados indicaram, em primeiro lugar, uma tendência de crescimento consistente entre 2010 e 2015, com aumento estimado de 22% no número de passageiros. Esse movimento esteve associado ao fortalecimento da globalização econômica, à intensificação de fluxos turísticos, acadêmicos e de negócios, além da ampliação de rotas aéreas em regiões estratégicas como Europa e Ásia.

A análise estatística demonstrou também a presença de padrões sazonais e de concentração em determinados destinos, reforçando a importância de entender o comportamento do consumidor nesse setor.

Entretanto, a comparação com o ano de 2020 evidenciou um cenário completamente distinto, marcado por retração de aproximadamente 60% no volume de passageiros em relação a 2015. A pandemia da COVID-19 constituiu o principal fator explicativo dessa queda, afetando diretamente rotas intercontinentais, sobretudo aquelas que conectam América do Sul - Europa e Ásia - América do Norte.

O desaparecimento de padrões sazonais e a drástica redução do fluxo aéreo expuseram a vulnerabilidade do setor frente a crises sanitárias globais, destacando o caráter imprevisível de fenômenos exógenos que impactam diretamente o transporte aéreo.

A utilização de técnicas como análise diagnóstica e *drill-down* foi essencial para aprofundar a compreensão dos dados. Essas técnicas revelaram que, em períodos de maior demanda, eventos específicos (como competições esportivas internacionais ou grandes conferências) exerciam influência direta sobre o aumento de fluxos. Em 2020, entretanto, tais variações foram eliminadas pela interrupção das operações, reforçando a necessidade de maior flexibilidade e resiliência por parte das companhias aéreas e dos formuladores de políticas públicas.

Do ponto de vista da Engenharia de Produção, este estudo demonstrou a relevância da aplicação de metodologias de ciência de dados na análise de fenômenos complexos e dinâmicos. A capacidade de transformar dados brutos em informações estratégicas é um diferencial competitivo, sobretudo em setores altamente regulados e dependentes de fatores externos, como o transporte aéreo. Além disso, a análise contribui para a compreensão de como fatores macroeconômicos e sanitários podem alterar profundamente cadeias logísticas e fluxos de passageiros em escala global.

Conclui-se, portanto, que, embora a aviação internacional tenha apresentado crescimento sólido na primeira metade da década analisada, eventos disruptivos como a pandemia têm o potencial de reconfigurar padrões de mobilidade global de forma abrupta. Isso ressalta a importância de desenvolver



modelos preditivos mais robustos, capazes de antecipar cenários de crise, bem como estratégias de mitigação que permitam maior resiliência operacional às empresas aéreas.

Por fim, esta pesquisa reforça que a análise comparativa de séries temporais não apenas contribui para a compreensão histórica do setor, mas também fornece subsídios para o planejamento estratégico futuro. Espera-se que as conclusões apresentadas possam subsidiar pesquisas futuras sobre transporte aéreo e mobilidade global, contribuindo para a construção de políticas públicas mais eficazes, para a definição de estratégias empresariais mais sustentáveis e para o fortalecimento da resiliência de um setor essencial à integração econômica, social e cultural entre nações.

AGRADECIMENTOS

A parceria dos laboratórios de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, LABFUZZY, PEP/COPPE/UFRJ, e do Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, MATFUZZY, LAMAE/HCTE/UFRJ.



REFERÊNCIAS

BEHRMAN, K. R.; BRODBECK, H.; MACHADO, E. V. Fundamentos de Python para Ciência de Dados. São Paulo: Bookman, 2022.

BRUCE, P.; BRUCE, A.; GEDECK, P. Estatística Prática para Cientistas de Dados: +50 conceitos essenciais usando R e Python. São Paulo: Alta Books, 2025.

CARVALHO, A. C. P. L. F.; MENEZES, A. G.; BONÍDIA, R. P. Ciência de Dados: Fundamentos e Aplicações. Rio de Janeiro: LTC, 2024.

DATA SCIENCE PM. (2024). OSEMN Data Science Life Cycle. Disponível em: <https://www.datascience-pm.com/osemn/>. Acesso em: 28/06/2025.

KAGGLE. Datasets: Explore, analyze, and share quality data. Disponível em: <https://www.kaggle.com/datasets>. Acesso em: 20/08/2025.

KLOSTERMAN, S. Projeto de Ciência de Dados com Python. São Paulo: Novatec, 2020.

MELO, G. Ciência de Dados Passo a Passo: Uma abordagem prática e intuitiva com Python. Rio de Janeiro: Kindle, 2025.

MORETTIN, P. A.; SINGER, J. M. Estatística e Ciência de Dados. Rio de Janeiro: LTC, 2025.

POVOST, F.; FAWCETT, T. Data Science para Negócios. Rio de Janeiro: Alta Books, 2016.

RAUTENBERG, S.; CARMO, P. R. V. Big Data e Ciência de Dados: complementariedade conceitual no processo de tomada de decisão. Revista Dialect. Vol, 13, n. 1, 2019, p. 56-67.

RODRIGUES, L. A. Transporte Aéreo de Passageiros e o Avanço da Covid-19 no Brasil. Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde. Hygeia - Edição Especial: Covid-19, Jun./2020, p. 193-201.

