

# INVENTÁRIO NACIONAL DE **EMISSÕES DA AVIAÇÃO CIVIL BRASILEIRA**

---

**ANO BASE 2024**  
SUMÁRIO EXECUTIVO





# **INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES DA AVIAÇÃO CIVIL BRASILEIRA (ANO BASE 2024) - SUMÁRIO EXECUTIVO**

**AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL – ANAC**

## **DIRETORES**

**Roberto José Silveira Honorato**

*Diretor-Presidente Substituto*

**Adriano Pinto de Miranda**

*Diretor Substituto*

**Luiz Ricardo de Souza Nascimento**

*Diretor*

**Mariana Olivieri Caixeta Altoé**

*Diretora Substituta*

**Tiago Sousa Pereira**

*Diretor*

## **PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO**

**Assessoria de Comunicação Social  
(Ascom)**

## **EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL**

**SUPERINTENDÊNCIA DE  
GOVERNANÇA E MEIO AMBIENTE**

**Marcelo Rezende Bernardes**

*Superintendente*

**Marcela Braga Anselmi**

*Gerente de Meio Ambiente e Transição  
Energética*

**Breno Lucas Alvarenga**

**Carlos Henrique Gomes**

**Daniel Marcellos Calçado**

**Henrique Costa Tavares**

**Luciano Lopes de Azevedo Freire**

**Priscilla Brito Silva Vieira**

**Ricardo Antonio Binotto Dupont**

**Tiago Cunico Camara**

# SUMÁRIO

- 4 INTRODUÇÃO**
- 5 O CAMINHO ATÉ AQUI**
- 7 GASES DE EFEITO ESTUFA**
- 14 POLUENTES QUE AFETAM A QUALIDADE DO AR LOCAL**
- 19 MENSAGEM FINAL**



# INTRODUÇÃO

O Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil é um instrumento elaborado pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) que disponibiliza à sociedade brasileira estimativas de emissão de gases de efeito estufa e poluentes que afetam a qualidade do ar local da aviação civil brasileira.

Essas estimativas são feitas a partir de dados de movimentação aérea do Departamento do Controle do Tráfego Aéreo (DECEA) em conjunto com informações sobre aeronaves, motores e combustível de aviação provenientes de diversas fontes, como a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), e a própria ANAC.

Elas seguem a metodologia Tier 3a definida pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), em que os cálculos das emissões são feitos para cada fase de voo, levando em consideração as coordenadas geográficas dos aeródromos de origem e destino, o tempo médio de taxiamento em cada aeródromo, e o modelo da aeronave. O detalhamento da metodologia de cálculo se encontra no documento: [Metodologia do Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas](#).

O Inventário engloba voos civis de aviões movidos a querosene de aviação (QAv) que partiram do território nacional. Não são computados, portanto, helicópteros, aviação militar, aeronaves movidas a gasolina de aviação, equipamentos de solo, e voos com origem no exterior.

A sua primeira versão foi publicada em 2014 em forma de relatório consolidado apresentando as emissões anuais dos principais gases e poluentes emitidos pelas aeronaves. Dez anos depois ele teve seu formato inovado, sendo publicado como uma consulta interativa com atualização diária.

A versão atual do Inventário consiste em três relatórios interativos de visualização de dados apresentando as estimativas de consumo de QAv, e emissão de Gases de efeito estufa (GEE) e poluentes que afetam a qualidade do ar local. Ela pode ser acessada por meio do endereço eletrônico: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/inventario-nacional-de-emissoes-atmosfericas-da-aviacao-civil>.

# O CAMINHO ATÉ AQUI

## 2014

Lançamento da primeira versão do inventário contendo estimativas para os anos de 2005 a 2013.

Apresenta a evolução anual das emissões das aeronaves para:

- Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), principais gases de efeito estufa gerados pelas aeronaves; e
- Monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), material particulado (MP), e compostos orgânicos voláteis (COV), principais poluentes que afetam a qualidade do ar local produzidos pelos motores das aeronaves em fases de voo próximas aos aeródromos (até 914 metros de altura) em operações de pouso e decolagem.



## 2019

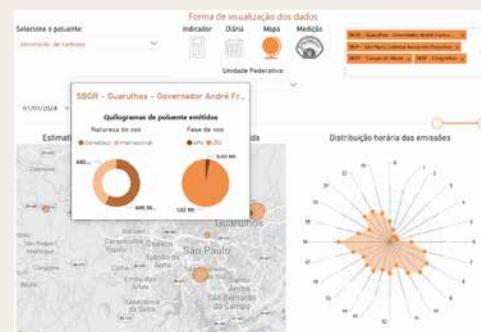
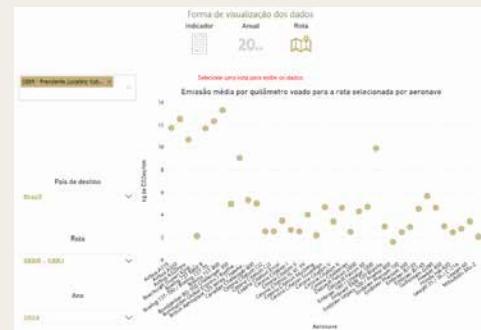
Publicada edição com dados até o ano de 2018 e significativas alterações metodológicas, como:

- Atualização das bases de dados;
- Correções no algoritmo de cálculo;
- Nova metodologia para cálculo das emissões de material particulado; e
- Utilização de valores médios anuais em substituição a valores constantes ou retirados da literatura para o teor de enxofre no combustível, o tempo de táxi das aeronaves, e o tempo de uso da unidade de potência auxiliar para os anos mais recentes.



## 2024

- Implementação da ferramenta de consulta interativa com atualização diária para dados a partir de 2015;
- Relatórios independentes para as estimativas de consumo, emissões de GEE e emissões de poluentes que afetam a qualidade do ar local;
- Dados agrupados por ano, dia ou hora e que podem ser visualizados por modelo de aeronave, aeródromo ou rota, com auxílio de indicadores e mapas; e
- Inclusão de aeronaves mais recentes, como os jatos Embraer E2, os Boeing da família MAX e os Airbus NEO.



# GASES DE EFEITO ESTUFA

Os dados de emissão de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) foram obtidos multiplicando-se a estimativa de consumo de combustível por fatores de emissão, sendo que as emissões de metano só foram estimadas para as fases de taxiamento de aeronave, uma vez que a sua emissão em outras fases de voo foi considerada desprezível.

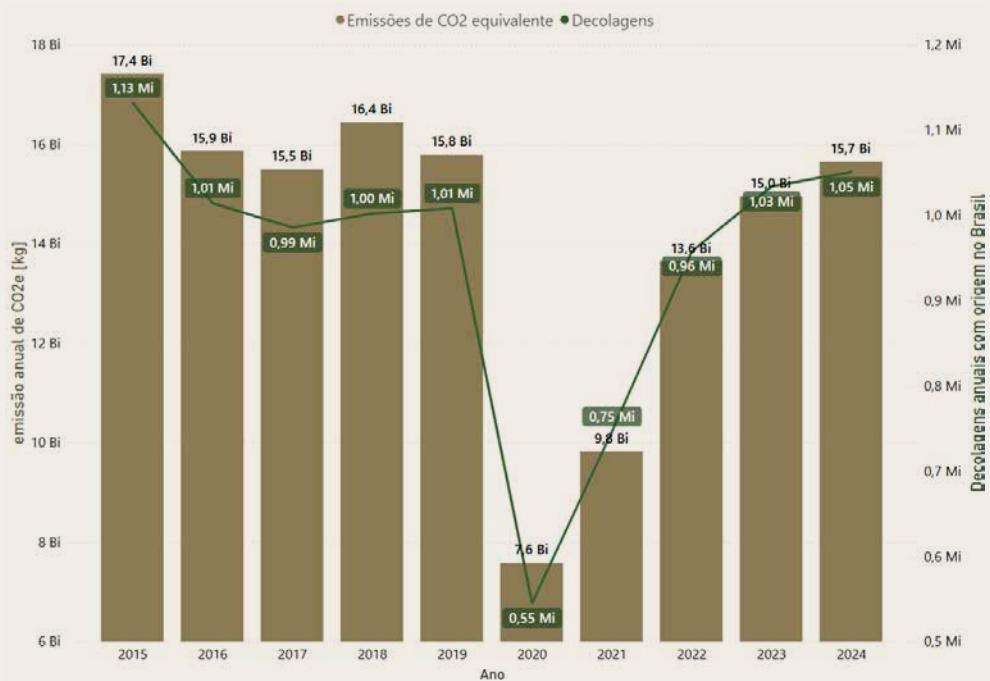
O Inventário utiliza a métrica GWP-100 para sintetizar as emissões de GEEs em uma medida denominada  $\text{CO}_2$  equivalente ( $\text{CO}_2\text{e}$ ). A conversão dos GEEs em  $\text{CO}_2\text{e}$  é feita conforme os valores apresentados na Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC). Os fatores GWP-100 são 1 para o  $\text{CO}_2$ , 28 para o  $\text{CH}_4$  e 265 para o  $\text{N}_2\text{O}$ . As estimativas de emissão desses gases e os valores correspondentes de  $\text{CO}_2\text{e}$  para o ano de 2024 se encontram resumidos na Tabela 1. Nota-se a contribuição predominante das emissões de dióxido de carbono no  $\text{CO}_2$  equivalente.

$\text{CO}_2$ [ton]	$\text{CH}_4$ [ton]	$\text{N}_2\text{O}$ [ton]
15.575.399,0	4,3	436,1
$\text{CO}_2\text{e}$ [ton]	15.575.399,0	115.569,5

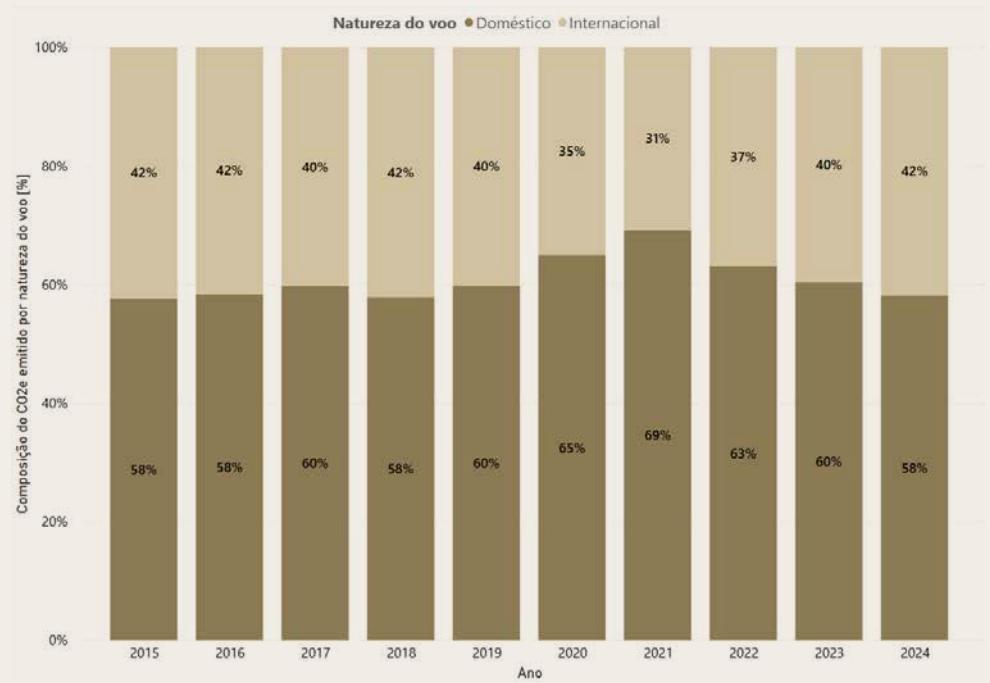
O Gráfico 1 exibe a evolução anual das estimativas de  $\text{CO}_2\text{e}$  em comparação com o número de voos. De maneira geral, as emissões têm acompanhado o progresso do volume de voos, voltando ao patamar pré-pandemia no ano de 2024, que superou os 15 bilhões de quilogramas de  $\text{CO}_2\text{e}$  emitidos.

Diferenças sutis entre os perfis de emissão e movimentação se devem em grande parte à variação na participação de voos internacionais, como pode ser observado no Gráfico 2. Esses voos tipicamente fazem uso de aeronaves maiores voando longas distâncias e, consequentemente, consumindo mais combustível. Lembrando que os dados do inventário consideram apenas voos que partem do território nacional. Não há, portanto, estimativas para voos internacionais que chegam ao país, sejam eles operados por empresas nacionais ou estrangeiras.

## GRÁFICO 1 – EMISSÕES ANUAIS DE CO<sub>2</sub>e E MOVIMENTAÇÃO ANUAL DE AERONAVES



## GRÁFICO 2 – PARTICIPAÇÃO DOS MERCADOS DOMÉSTICO E INTERNACIONAL NAS EMISSÕES DE GEE

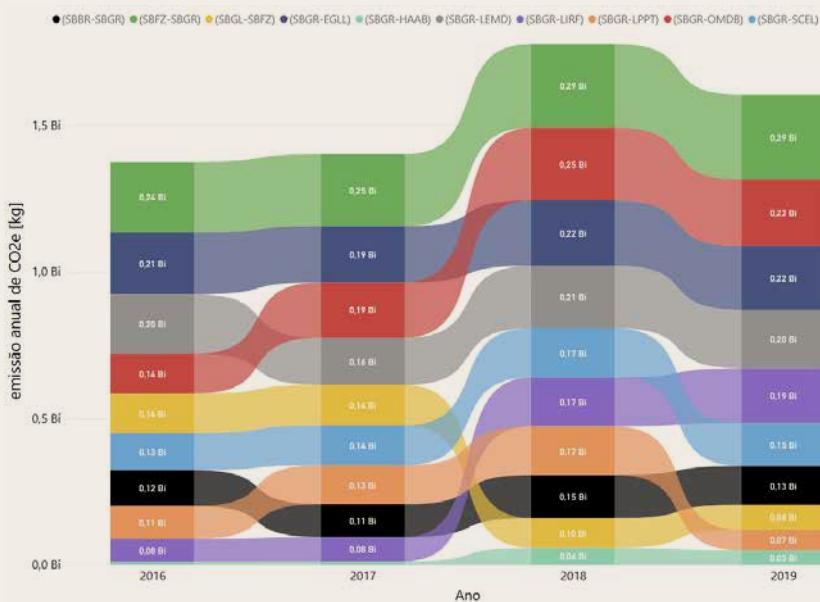


Porém, é de se notar o pico de emissões em 2018, apesar da pouca variação no número de decolagens para o período de 2016 a 2019. Uma investigação mais profunda revela a influência de alterações na malha aérea no resultado, com o incremento do número de voos em certas rotas, e mudanças na frota, levando ao aumento de emissões observado em 2018.

Como exemplo desse comportamento, selecionamos os dez pares de aeroportos cujos voos entre eles apresentaram a maior variação nas emissões entre os anos de 2017 e 2018, exibidos no Gráfico 3.

Dentre eles, apenas os voos entre os aeroportos do Galeão e de Fortaleza (SBGL e SBFZ) tiveram uma redução nas emissões, emitindo 37 milhões de quilogramas de CO<sub>2</sub>e a menos em 2018 do que em 2017 (-27%), com uma redução de 1303 voos (-24%). Já os demais pares tiveram aumento de pelo menos 30 milhões de quilogramas de CO<sub>2</sub>e cada um, sendo os voos entre Guarulhos e Roma (SBGR e LIRF) aqueles que apresentaram o maior incremento nas emissões de 2017 para 2018 – 84 milhões de quilogramas de CO<sub>2</sub>e (102%) e 432 voos a mais (113%), demonstrando o impacto dos voos de longa distância nas estimativas de emissões.

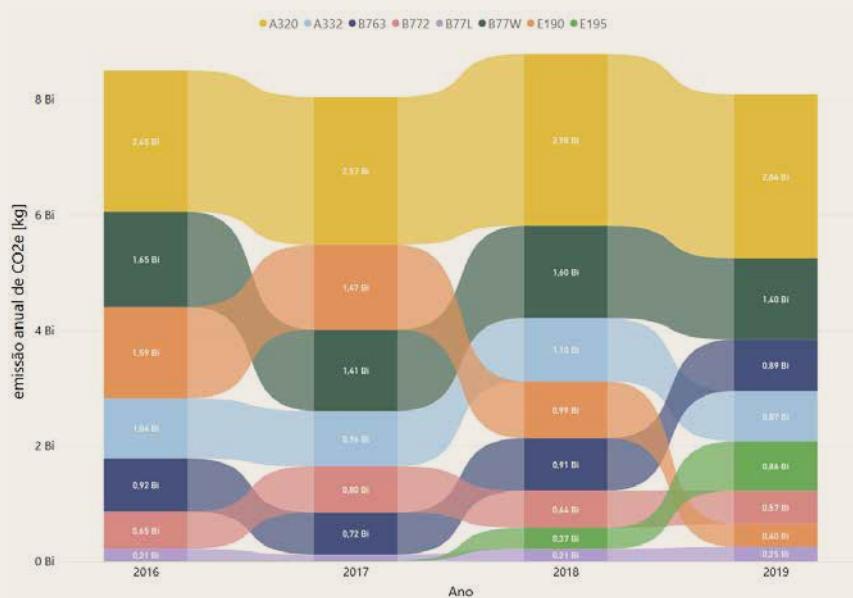
**GRÁFICO 3 – PARES DE AEROPORTOS COM AS MAIORES VARIAÇÕES NAS EMISSÕES ENTRE 2017 E 2018**



Já análise semelhante para as oito aeronaves responsáveis pelas maiores variações nas emissões (diferença superior a 100 milhões de quilogramas de CO<sub>2</sub>e entre os anos de 2017 e 2018) demonstra o efeito significativo da frota sobre as emissões, conforme ilustrado no Gráfico 4.

O grande destaque é o maior emprego das aeronaves Embraer E195 e Airbus A320. Em 2018 houve 56 mil menos voos com o E190 (-32%), resultando em uma queda de 481 milhões de quilogramas de CO<sub>2</sub>e em suas emissões (-33%) em comparação com 2017. Por outro lado, entre 2017 e 2018 houve 44 mil operações a mais com o E195 (3866%) e um acréscimo de 355 milhões de quilogramas de GEE emitidos (3632%). Já o A320 apresentou um crescimento no número de voos superior a 23 mil (12%), o que levou a um aumento de 328 milhões de quilogramas de GEE (16%) nas emissões desse tipo de aeronave.

**GRÁFICO 4 – EMISSÕES ANUAIS DE GEE PARA AS AERONAVES COM AS MAIORES VARIAÇÕES NAS EMISSÕES ENTRE 2017 E 2018**

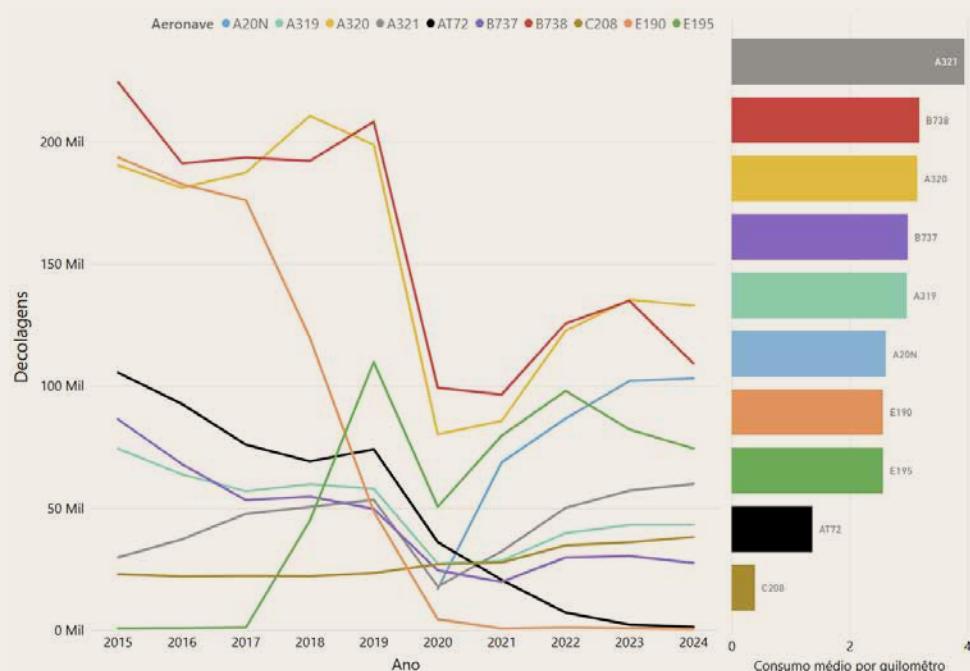


Um dos fatores que contribuiu para essas mudanças na frota foi a adoção do Airbus A320neo (A20N) pela empresa Azul Linhas Aéreas a partir de 2016, retirando gradualmente aeronaves menos eficientes de sua frota. No entanto, o A20N só começou a ser identificado na base dados de movimentação do tráfego aéreo em 2020, sendo anteriormente identificado como o avião A320. Portanto, seus voos e emissões decorrentes até esse ano compõe as estimativas realizadas para o A320.

Isso está demonstrado no Gráfico 5, que apresenta a evolução no número de voos anuais para as dez aeronaves mais utilizadas no período de 2015 a 2024, bem como o consumo médio por quilômetro na fase de voo de cruzeiro, a qual responde pela maior parte das emissões de GEE. Os dados de consumo médio por quilômetro do gráfico são derivados da fonte de dados que reúne os resultados da modelagem para certas distâncias voadas.

Destaca-se a maior eficiência do A20N em relação ao A320, que é diretamente responsável pela redução das emissões observada em anos recentes em comparação com o período entre 2016 e 2019. Embora não estejam representados no gráfico, o mesmo ocorre com a introdução dos Embraer E2, os Boeing da família MAX, e os demais Airbus NEO em substituição aos seus predecessores.

**GRÁFICO 5 – DECOLAGENS ANUAIS DAS AERONAVES COM MAIOR NÚMERO DE VOOS DURANTE O PERÍODO DA SÉRIE HISTÓRICA E SEU CONSUMO MÉDIO POR QUILÔMETRO EM VOO DE CRUZEIRO**



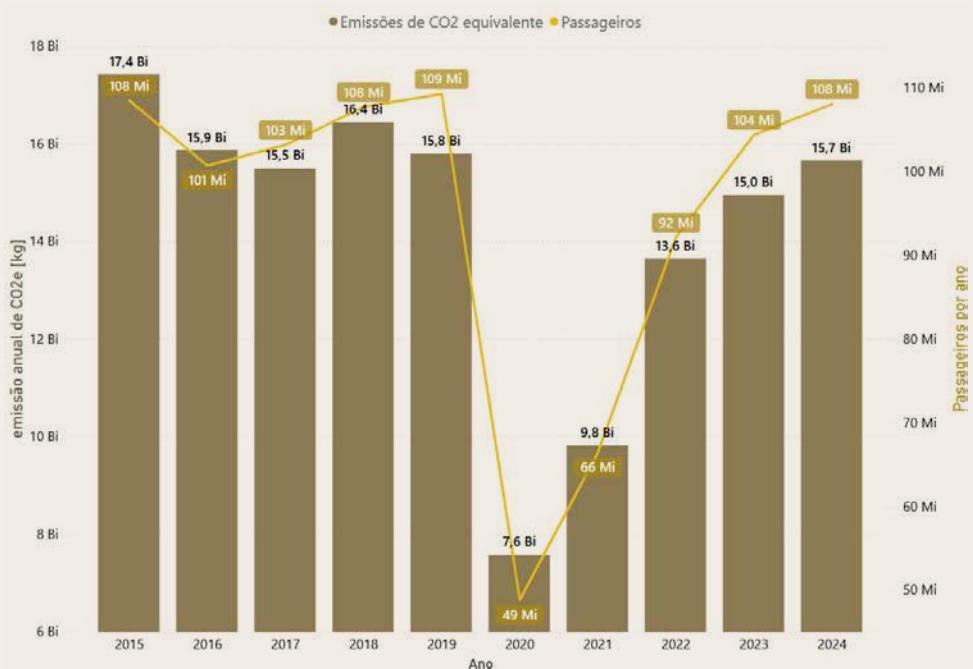
Contudo, se analisarmos as emissões de GEE em conjunto com os dados de [Demanda e Oferta do Mercado do Transporte Aéreo](#), percebemos que, em anos recentes, o transporte de passageiros cresceu mais que as emissões. Conforme demonstrado pelo Gráfico 6, que compara as emissões com o total de passageiros transportados em voos que decolaram do Brasil entre 2015 e 2024.

Embora os dados do Inventário englobem serviços aéreos além daqueles presentes no relatório de Demanda e Oferta, o qual considera apenas o transporte de passageiros e carga. Esses são responsáveis pela maior parte das emissões estimadas, já que representam a grande maioria das movimentações, percorrendo longas distâncias com aeronaves de grande porte. Dessa maneira, os dados do relatório são representativos das movimentações incluídas no Inventário.

Comparando-se os dados de 2024 com aqueles de 2020, ano de início da pandemia de Covid-19, o número de passageiros aumentou em 120% enquanto as emissões aumentaram em 106%, indicando o aumento da eficiência do setor com a adoção de medidas como o uso de aeronaves mais modernas e emprego de procedimentos

operacionais otimizados. Exemplo claro dessa tendência é o paralelo com o ano de início da série histórica, 2015. Apesar do número de passageiros transportados ter sido praticamente o mesmo, a aviação brasileira emitiu significativamente menos em 2024, com uma diminuição de 10%.

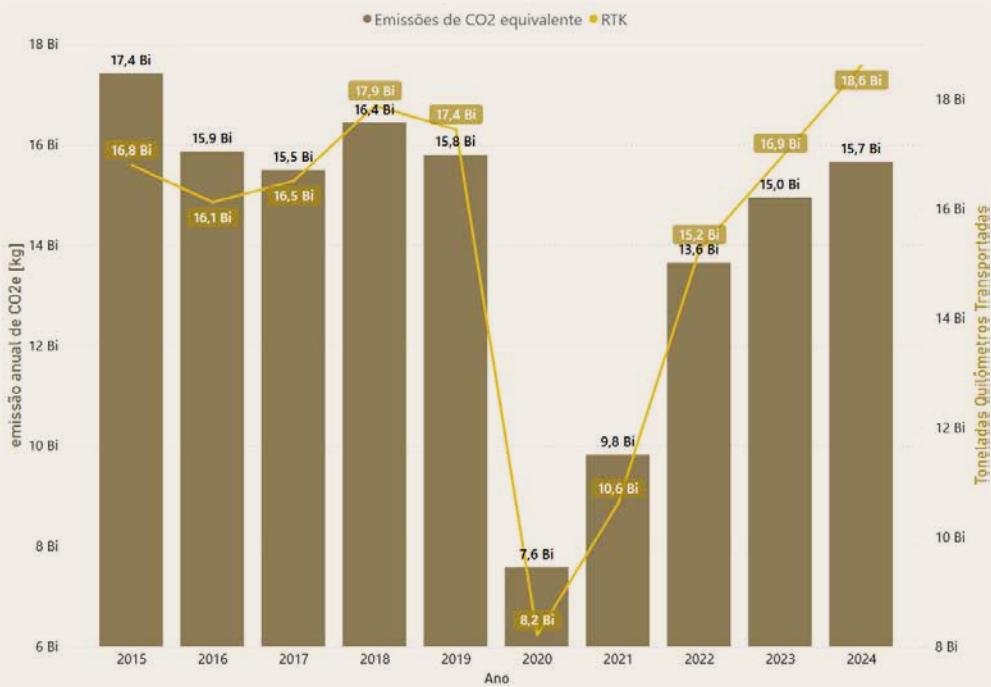
**GRÁFICO 6 – EMISSÕES ANUAIS DE CO<sub>2</sub>e E MOVIMENTAÇÃO ANUAL DE PASSAGEIROS**



Da mesma maneira, o Gráfico 7 traz comparação com os dados de RTK do relatório de demanda e oferta. RTK refere-se ao volume de Toneladas Quilômetros Transportadas, ou seja, a soma do produto entre os quilogramas carregados pagos, onde cada passageiro possui o peso estimado de 75 Kg, e a distância das etapas, dividido por 1.000.

Entre 2020 e 2024 o RTK apresentou um crescimento de 127%. Evidenciando mais uma vez o ganho de eficiência da aviação, com o aumento do transporte de carga útil em proporção superior ao do consumo de combustível, e, consequentemente, das emissões.

### GRÁFICO 7 – EMISSÕES ANUAIS DE CO<sub>2</sub>e E RTK





## **POLUENTES QUE AFETAM A QUALIDADE DO AR LOCAL**

O Inventário também quantifica as emissões dos principais gases e partículas oriundos das aeronaves e que podem afetar a qualidade do ar local, isto é, monóxido de carbono (CO), compostos Orgânicos voláteis (COV), óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), e material particulado (MP). No entanto, os efeitos desses poluentes sobre a saúde humana e o meio ambiente estão relacionados com a sua concentração. A qual não deriva diretamente da quantidade emitida, dependendo de diversos fatores, como clima, topografia, composição da troposfera no local e presença de outras fontes emissoras na região.

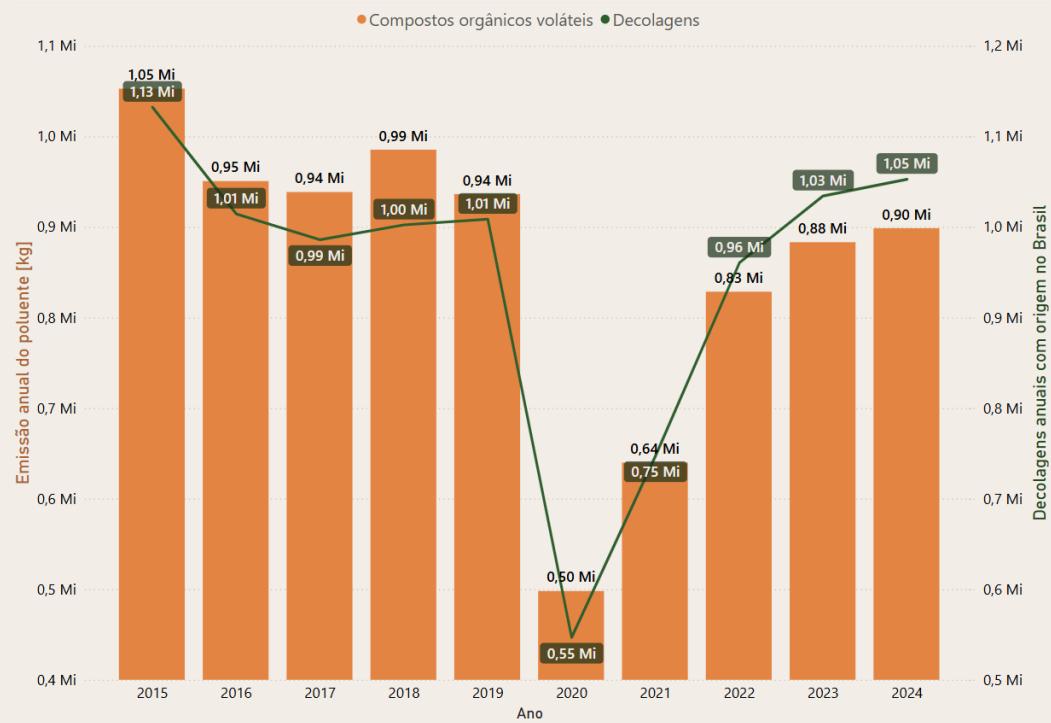
Para o cálculo das suas emissões são consideradas apenas as fases de voo que ocorrem próximas aos aeródromos, em uma altitude inferior à 914 metros. São contabilizadas as estimativas de consumo de combustível, fatores de emissão dependentes do tipo de aeronave e o tempo médio gasto em cada fase de voo de acordo com o aeródromo. Além disso as estimativas de MP e  $\text{SO}_2$  também levam em conta o percentual médio anual de enxofre no combustível.

As emissões anuais de monóxido de carbono e compostos orgânicos voláteis são exibidas no Gráfico 8 e no Gráfico 9, respectivamente. De maneira geral, as emissões desses poluentes seguem a mesma tendência observada para os GEEs com a notável exceção do ano de 2024, o qual apresenta uma estabilização das emissões em relação ao ano anterior apesar do maior número de voos. Isso se deve à influência do tempo de taxiamento das aeronaves, que responde por cerca de 80% das emissões desses poluentes. Em 2024 houve uma queda de 26% no tempo médio de taxiamento das aeronaves nos aeroportos brasileiros em relação à 2023, conforme demonstrado no Gráfico 10.

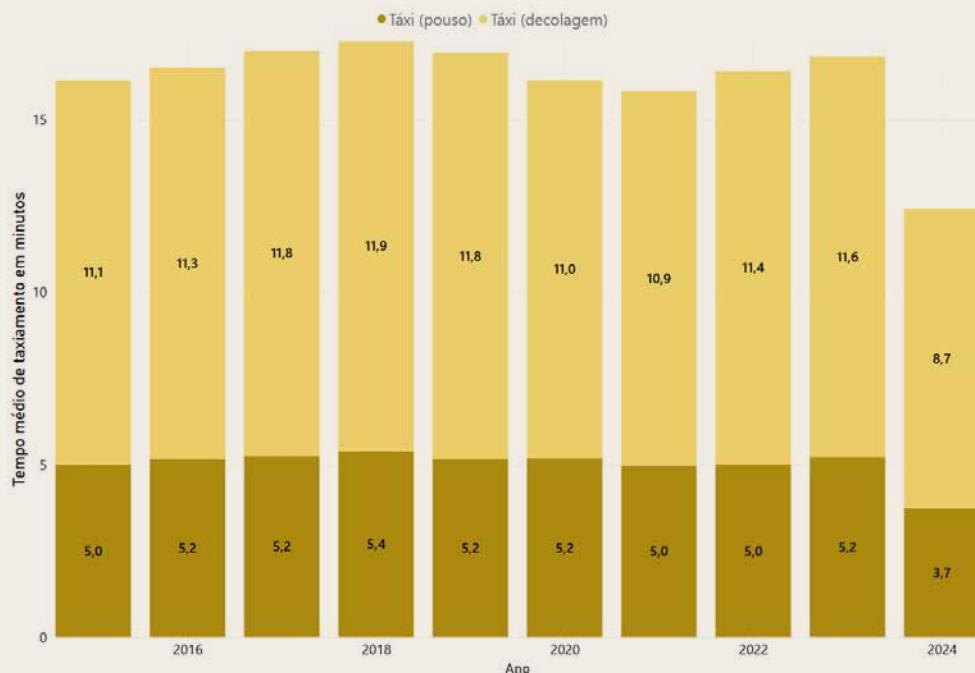
### GRÁFICO 8 – EMISSÕES ANUAIS DE CO E MOVIMENTAÇÃO ANUAL DE AERONAVES



### GRÁFICO 9 – EMISSÕES ANUAIS DE COV E MOVIMENTAÇÃO ANUAL DE AERONAVES



### GRÁFICO 10 – TEMPOS DE TÁXI ANUAIS MÉDIOS DOS VOOS QUE PARTIRAM DE AERÓDROMOS BRASILEIROS



Já as emissões de óxidos de nitrogênio ocorrem predominantemente (mais de 70%) durante as fases de decolagem e subida para cruzeiro. Dessa maneira a influência da fase de taxiamento não é tão relevante e a evolução das emissões anuais se assemelha bastante àquela dos gases de efeito estufa, conforme se observa no Gráfico 11.

### GRÁFICO 11 – EMISSÕES ANUAIS DE NO<sub>x</sub> E MOVIMENTAÇÃO ANUAL DE AERONAVES



Já as emissões de dióxido de enxofre, demonstradas no Gráfico 12, estão distribuídas de forma mais equilibrada entre as fases de voo que ocorrem durante as operações

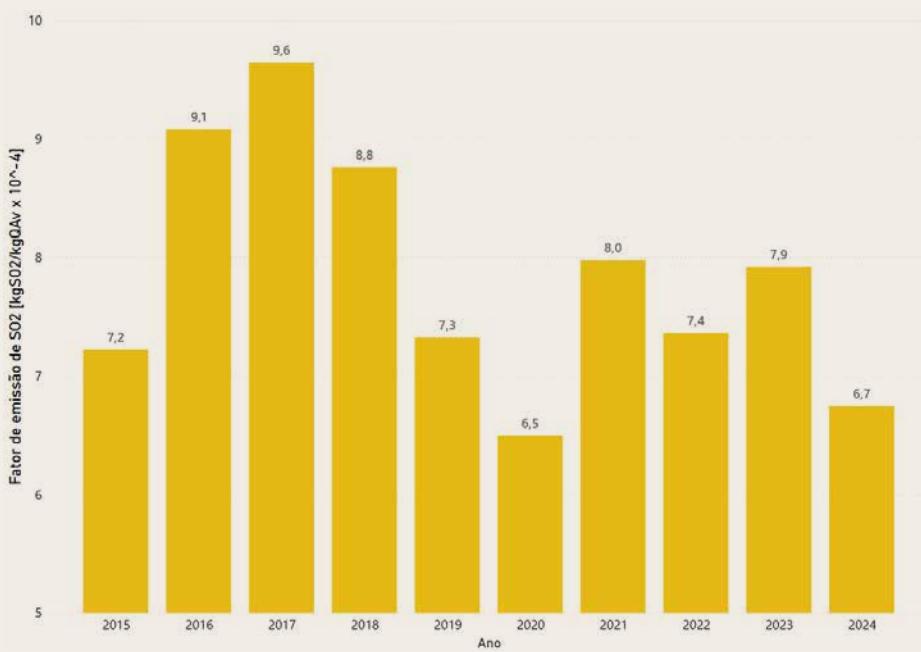
de pouso e decolagem. Porém, as estimativas desse gás são substancialmente influenciadas pelo teor de enxofre no combustível. Os fatores de emissão de enxofre utilizados no cálculo das estimativas, e derivados dos dados de teor médio anual de enxofre no combustível de aviação fornecidos pela ANP, são exibidos no Gráfico 13.

A comparação entre esses dois gráficos elucida o perfil dissonante das emissões de SO<sub>2</sub> em relação aos demais poluentes, como o pico de emissões em 2017 e o volume relativamente baixo de emissões em 2015, 2019 e 2024.

**GRÁFICO 12 – EMISSÕES ANUAIS DE SO<sub>2</sub> E MOVIMENTAÇÃO ANUAL DE AERONAVES**



**GRÁFICO 13 – FATOR DE EMISSÃO ANUAL DE SO<sub>2</sub> DO QUEROSENE DE AVIAÇÃO**



Por fim, o Gráfico 14 exibe as emissões de material particulado, enquanto o Gráfico 15 apresenta os fatores de emissão médios dos voos que ocorreram em cada ano para esse poluente em cada fase das operações de pouso e decolagem.

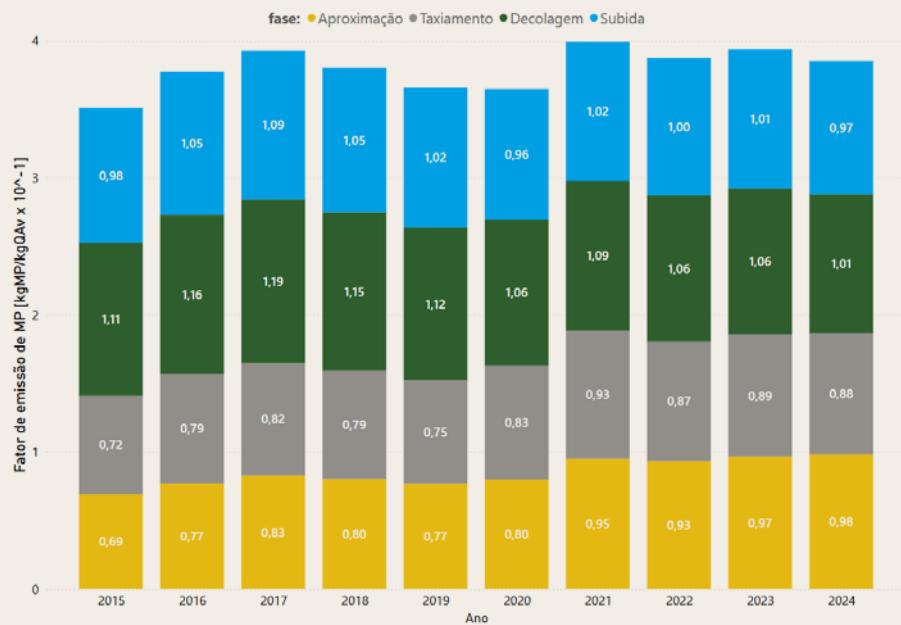
As emissões de MP também são influenciadas pelo teor de enxofre no combustível, o que resulta em variações anuais nos fatores de emissão utilizados. Isso se reflete nas estimativas do Gráfico 14, que também dependem do regime de operação dos motores e do tempo gasto em cada fase.

Importante destacar que não foram calculadas emissões de MP das aeronaves equipadas com motores turboélice, devido à ausência de uma fonte confiável com os dados necessários para aplicação da metodologia adotada. Disso decorre o menor número voos contabilizados no Gráfico 14 em relação à maioria das estimativas apresentadas neste sumário executivo.

**GRÁFICO 14 – EMISSÕES ANUAIS DE MP E MOVIMENTAÇÃO ANUAL DE AERONAVES**



### GRÁFICO 15 – FATOR DE EMISSÃO ANUAL DE MP POR FASE



## MENSAGEM FINAL

Este documento busca apresentar à sociedade estimativas consolidadas das emissões do setor aéreo brasileiro, obtidas por meio da metodologia mais atual utilizada pela Agência Nacional de Aviação Civil.

Essas estimativas são atualizadas diariamente com as informações mais recentes disponíveis nas bases de dados, e disponibilizadas na página do [Inventário](#) no portal da ANAC, que pode ser acessada por meio do QR Code ao lado.



