

EMISSÕES ATMOSFÉRICAS: CICLO LTO E EQUIPAMENTOS DE APOIO EM SOLO AEROPORTO DE RECIFE

Dezembro de 2023



Contratante



Executor



***Emissões atmosféricas: Ciclo LTO e equipamentos
de apoio em solo***

Aeroporto de Recife - SBRF

Dezembro de 2023

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. AEROPORTO DE RECIFE	2
3. METODOLOGIA	3
3.1 CICLO LTO – AERONAVES	4
3.1.1 EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE).....	4
3.1.2 EMISSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS LOCAIS	4
3.2 EQUIPAMENTOS DE APOIO À OPERAÇÃO EM SOLO	5
3.2.1 EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE).....	5
3.2.2 EMISSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS LOCAIS	5
3.3 DETERMINAÇÃO DO DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE	6
3.4 DADOS OPERACIONAIS UTILIZADOS	6
3.4.1 OPERAÇÃO - AERONAVES	6
3.4.2 OPERAÇÃO – EQUIPAMENTO DE SOLO	7
4. RESULTADOS	8
4.1 CONSUMO DE COMBUSTÍVEL – CICLO LTO AERONAVES E EQUIPAMENTOS EM SOLO	8
4.2 EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE)	8
4.3 EMISSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS LOCAIS.....	9
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	11
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
APÊNDICE 1 – MEMÓRIA DE CÁLCULO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL – CICLO LTO.....	13
APÊNDICE 2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO GEE – CICLO LTO.....	15
APÊNDICE 3 – MEMÓRIA DE CÁLCULO GEE E GASES POLUENTES LOCAIS– EQUIPAMENTOS DE APOIO	16
APÊNDICE 4 – EQUIPE TÉCNICA	18
ANEXO 1 – FATORES DE EMISSÃO GEE – EQUIPAMENTOS DE APOIO EM SOLO	19
ANEXO 2 – FATORES DE EMISSÃO POLUENTES LOCAIS – EQUIPAMENTOS DE APOIO EM SOLO	20
ANEXO 3 – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART).....	24

Lista de Figuras

Figura 1 - Localização do SBRF 2
Figura 2. Ciclo LTO (pouso e decolagem) 3
Figura 3. Emissões totais Ciclo LTO 10

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Informações sobre o aeródromo..... 2
Tabela 2. Composição da frota de aeronaves 6
Tabela 3. Composição equipamentos apoio em solo 7
Tabela 4. Distribuição do consumo de combustível por fases do ciclo LTO 8
Tabela 5. Emissões GEE para o Ciclo LTO e equipamentos apoio em solo em Gg 9
Tabela 6. Emissões equipamentos apoio em solo em Mg 9
Tabela 7. Emissões poluentes locais para o Ciclo LTO em kg..... 9
Tabela 8. Resumo das emissões de gases poluentes para o Ciclo LTO 10

LISTA DE ABREVIações

ACA	Airport Carbon Accreditation (Certificação de Gestão de Carbono para Aeroportos)
ACI	Airports Council International (Conselho Internacional de Aeroportos)
ACRP	Airport Cooperative Research Program (Programa de Pesquisa Cooperativa Aeroportuária)
APU	Auxiliary Power Unit (Unidade Auxiliar de Potência)
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CH4	Gás Metano
CO	Monóxido de carbono
CO2	Dióxido de Carbono
CO2eq	Dióxido de Carbono equivalente
EEA	European Environment Agency (Agência de Proteção Europeia)
EASA	European Union Aviation Safety Agency (Agência Europeia para a Segurança da Aviação)
EFDB	Emission Factor Database (Banco de dados de fatores de emissão)
EMEP	Europe Monitoring and Evaluation Programme (Programa Europeu de Monitoramento e Avaliação)
GEE	Gases de Efeito Estufa
Gg	Giga-grama
GHG Protocol	Protocolo GHG
GSE	Ground support equipment (equipamentos de apoio em solo)
ICAO	International Civil Aviation Organization (Organização da Aviação Civil Internacional)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima)
ISO	International Organisation for Standardization (Organização Internacional para Padronização)
Km	Quilômetros
L	Litros
LTO	Landing and Take-off
MCT	Ministério da Ciência, tecnologia e Inovação
Mg	Mega-grama
MMA	Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima
MP	material particulado
MWh	Mega Watt hora
NO _x	Óxidos de nitrogênio
N2O	Óxido Nitroso
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
SBRF	Aeroporto de Recife
SO _x	Óxido de enxofre
t	Tonelada
U	Unidade
US-EPA	Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos
HC	Hidrocarbonetos

1. INTRODUÇÃO

O presente documento apresenta os resultados da contabilização das emissões atmosféricas do **Aeroporto Internacional de Recife (sigla ICAO: SBRF)** – Ciclo LTO (*Landing and Take-off*) - **ano 2023**. O ciclo LTO contempla as etapas de voo próximas ao aeródromo realizadas pelas aeronaves em altitudes inferiores a 914,4 metros (3000 pés). Também foram calculadas as emissões dos equipamentos de apoio à operação em solo (GSE – *ground support equipment*).

Foram realizadas contabilizações para emissões associadas ao efeito estufa, que são o **CO₂ (dióxido de carbono)**, **CH₄ (metano)** e **N₂O (óxido nitroso)** e também para as emissões de poluentes atmosféricos locais, que são responsáveis por impactos negativos na qualidade do ar. Esses poluentes são: **monóxido de carbono (CO)**, **hidrocarbonetos (HC)**, **óxidos de nitrogênio (NO_x)**, **óxido de enxofre (SO_x)** e **material particulado (MP)**.

A contabilização das emissões de gases para o Ciclo LTO pode ser utilizada como parte do Escopo 3 do GHG Protocol (*Greenhouse Gas Protocol*) e também para o nível 3 do Programa Airport Carbon Accreditation (ACA) desenvolvido pela ACI – Airports Council International.

A metodologia utilizada baseou-se em métodos de cálculos preditivos e com base na média anual da movimentação de aeronaves, em cada uma das cabeceiras, e da operação de equipamentos de apoio em solo. O relatório técnico está sendo entregue em formato eletrônico, contendo memória de cálculo, a metodologia adotada e as justificativas para os dados de entrada.

2. AEROPORTO DE RECIFE

O Aeroporto Internacional de Recife (SBRF) é o principal aeroporto do estado de Pernambuco e também o terminal aeroportuário mais movimentado do Norte-Nordeste do Brasil, e o oitavo aeroporto brasileiro em movimento sendo operado pela AENA Brasil. O aeroporto conta com infraestrutura física com vias de acesso, estacionamentos, área de apoio, hangares, pátio de manobras, pista de taxiamento, pista de pouso e decolagem e terminal de passageiros com estabelecimentos comerciais e área administrativa, técnica e de passageiros. A Tabela 1 apresenta as informações do SBRF e a Figura 1 sua localização.

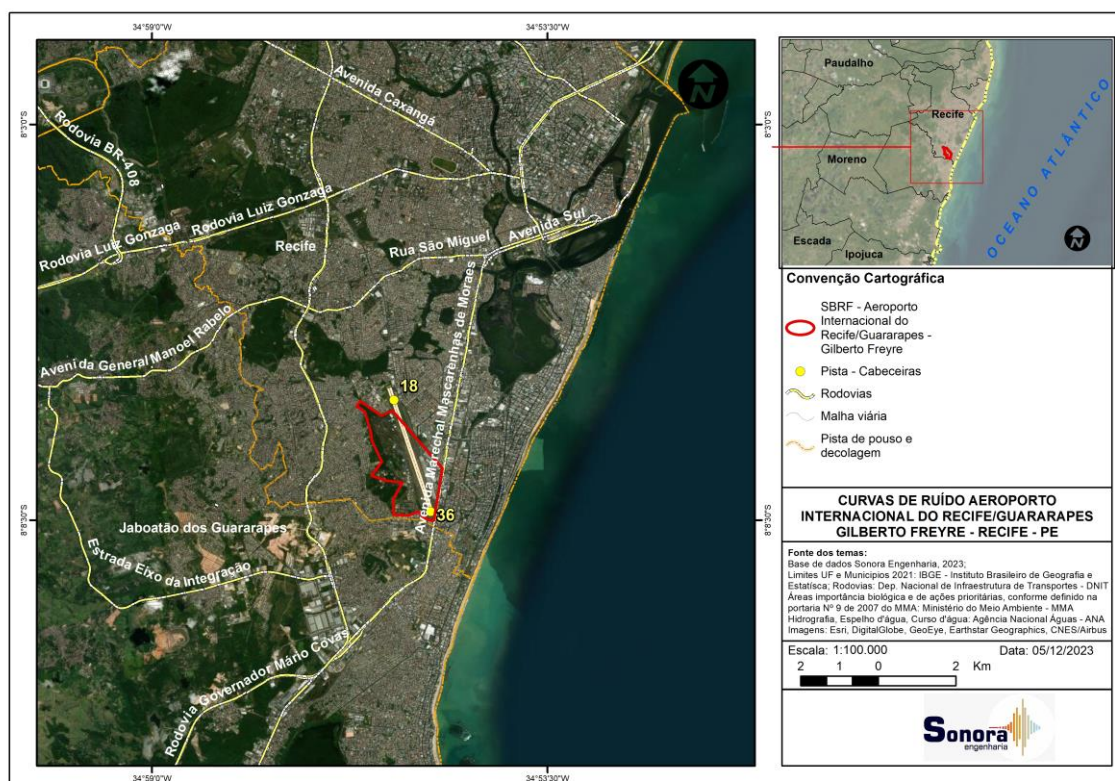


Figura 1 - Localização do SBRF

Tabela 1 - Informações sobre o aeródromo

Identificação	Aeroporto Internacional de Recife
Operador Aeroportuário	AENA Brasil
Designador ICAO	SBRF
Município/estado	Recife/Pernambuco
Coordenadas – WGS 84	Lat.: 8° 7' 35" S Long.: 34° 55' 22" W
Velocidade média do vento	14 km/h
Temperatura de referência	33 °C
Pressão	1020 mBar

3. METODOLOGIA

Foram realizadas contabilizações para emissões associadas ao efeito estufa, que são o CO₂ (dióxido de carbono), CH₄ (metano) e N₂O (óxido nitroso) e também para as emissões de poluentes atmosféricos locais, que são responsáveis por impactos negativos na qualidade do ar. Esses poluentes são: monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxido de enxofre (SO_x) e material particulado (MP).

Essas contabilizações foram realizadas para as movimentações de aeronaves no ciclo LTO e para a operação dos equipamentos de apoio em solo. O ciclo LTO (Figura 2) contempla todas as etapas de voo próximas ao aeródromo realizadas pelas aeronaves em altitudes inferiores a 914,4 metros (3000 pés) e é composto por 6 fases de voo: (1) Partida: (a) Taxi de partida (*taxi-out*), decolagem (*take-off*) e início de subida de cruzeiro (*climb-out*) e (2) chegada: aproximação final (*final approach*), toque e corrida de desaceleração (*landing*) e taxi de chegada (*taxi-in*).



Figura 2. Ciclo LTO (pouso e decolagem)

A metodologia de cálculo utilizada é descrita pelo IPCC (*International Panel of Climate Change*)¹ no documento 2006 IPCC *Guidelines for National Greenhouse Inventories*². O IPCC recomenda metodologias de cálculo para a elaboração de inventários de emissões, especificados por seguintes temas: energia, processos industriais, consumo de produtos, agricultura, florestas e outros usos do solo, resíduos e outros. Essas metodologias definem *Tiers*, que são níveis de refinamento do mapeamento de emissões.

O *Tier 1* é o método básico, *Tier 2* é o intermediário e o *Tier 3* é o de maior complexidade e necessidade de dados. Desse modo, quanto maior o Tier, mais complexa é a metodologia e uma maior precisão de resultados é assegurada (ANAC, 2019b).

¹ IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)

² IPCC, 2006. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2 Energy, Chapter 3 Mobile Combustion. 78p

3.1 CICLO LTO – AERONAVES

3.1.1 Emissão de gases de efeito estufa (GEE)

Para o cálculo da emissão de gases de efeito estufa proveniente das operações as aeronaves, no ciclo LTO, foram realizadas estimativas conforme o método *Tier 1* no que diz respeito às emissões de gases de efeito estufa (GEE) diretos: CO₂ (dióxido de carbono), CH₄ (metano) e N₂O (óxido nitroso). No método *Tier 1*, as emissões de CO₂ são calculadas a partir da seguinte equação:

$$E_{CO_2} = Cons \times \rho_{energia} \times Fe_c \times \%Oxi \frac{44}{12} \quad (01)$$

Sendo:

- E_{CO_2} - emissão anual de CO₂ (tCO₂/ano),
- $Cons$ - consumo doméstico ou internacional de combustível (m³/ano),
- $\rho_{energia}$ - densidade energética do combustível (tep/m³),
- Fe_c - fator de emissão de carbono elementar por unidade de energia contida no combustível (tC/TJ),
- $\%Oxi\ i$ - fração do carbono elementar oxidado na combustão e
- $44/12$ - razão entre as massas molares do CO₂ e do carbono elementar (gCO₂/gC).

As emissões dos outros gases de efeito estufa (CH₄ e N₂O) foram estimadas a partir dos fatores de emissão por unidade de energia contida no combustível, tanto para o metano quanto para o óxido nitroso, a equação utilizada foi:

$$E_i = Cons \times \rho_{energia} \times Fe_i \quad (02)$$

Sendo:

- E_i - emissão anual do gás i (t gás/ano)
- $Cons$ - consumo doméstico ou internacional de combustível (m³/ano)
- $\rho_{energia}$ - densidade energética do combustível (tep/m³)
- Fe_i Fator de emissão do gás i por unidade de energia contida no combustível (t gás/TJ)

3.1.2 Emissão de poluentes atmosféricos locais

As emissões por fase de voo do ciclo LTO são calculadas a partir do combustível consumido em cada fase (método Tier 3). Os dados de consumo de combustível, para cada tipo de motor das aeronaves, são fornecidos pela ICAO e disponibilizadas na EMEP/EEA (2019a e 2019b)³. Os gases contabilizados foram: monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos (HC), os materiais particulados (MP), os óxidos de nitrogênio (NO_x) e os óxidos de enxofre (SO_x).

³ EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook (2019)

3.2 EQUIPAMENTOS DE APOIO À OPERAÇÃO EM SOLO

3.2.1 Emissão de gases de efeito estufa (GEE)

Para o cálculo das emissões de CO₂ relacionadas aos equipamentos de apoio em solo foi utilizado o método adaptado do Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Emissões de Dióxido de Carbono por Queima de Combustíveis: Abordagem Top-Down (BRASIL, 2006a). Esse método calcula o fator de emissão em função da quantidade de carbono contida no combustível por unidade de energia, densidade energética, porcentagem de oxidação do carbono e balanço de massa (CETESB, 2014).

$$E_{CO_2} = \rho_{energia} \times 10^{-3} \times FC \times IC \times Oxi \times \frac{44}{12} \quad (05)$$

Sendo:

- E_{CO_2} - emissão anual de CO₂ (kgCO₂ /L_{combustível}),
- $\rho_{energia}$ - densidade energética do combustível (tep/m³),
- 10^{-3} -fator de adequação das grandezas (m³/L),
- FC - fator de conversão de 10³ tep para TJ (TJ/10³ tep),
- Oxi - porcentagem de oxidação de carbono (%),
- 44/12 Razão entre as massas molares do CO₂ e do carbono elementar (kgCO₂/kgC).

Os fatores de emissões máximo do diesel são (EFDB, 2021 e IPCC, 2006): CO₂ = 3172,31 g/kg; N₂O = 0,42 g/kg e CH₄ = 0,1 g/kg (**Anexo 1**). Para óxido nitroso e metano foram utilizados as médias entre os três tipos de tecnologia de motores em relação ao controle de poluentes emitidos. Para a conversão desses valores de consumo de combustível deve-se converter o volume consumido em massa através do produto do volume pela densidade de cada combustível (gasolina = 0,8 kg/L e diesel = 0,84 kg/L).

Os fatores de emissões da gasolina foram (EFDB, 2021 e IPCC, 2016): CO₂ = 3172,31 g/kg; N₂O = 3,49 g/kg e CH₄ = 0,315 g/kg. Para os cálculos necessários, a operadora AENA forneceu o número de veículos utilizados para apoio em solo e consumo mensal de combustível para o ano de 2022.

3.2.2 Emissão de poluentes atmosféricos locais

As emissões dos poluentes locais, dos equipamentos de apoio em solo, foram calculadas para: monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos (HC), os materiais particulados (MP), os óxidos de nitrogênio (NO_x) e os óxidos de enxofre (SO_x).

Os Fatores de emissão adotados para veículos movidos a gasolina e diesel estão indicados no **Anexo 2**. Para os veículos a diesel deve-se observar que os fatores de emissão são apresentados em g/kWh e foram convertidos para g/L. Esta conversão pode ser realizada usando o consumo específico médio para a frota veicular (195 g/kWh) e a densidade do óleo diesel (852 g/L), como adotado pelo MCT (2006).

Com os dados do Anexo 2, realizou-se a média para veículos do tipo caminhão leve dos anos 2012 a 2021 (PROCONVE 7). Os resultados dessas médias foram utilizados para a contabilização dos gases CO, HC, NO_x e MP. Cabe ressaltar, que os hidrocarbonetos (HC) são a parcela de combustível não queimado ou parcialmente queimado que é expelido pelo motor, bem como vapor de combustível emitido de diversos pontos do veículo ou expelido durante o abastecimento do tanque. Assim como o NO_x, os HC merecem especial atenção quanto ao seu controle, já que reagem na atmosfera promovendo a formação do “smog” fotoquímico. Por sua reatividade, é comum tratar os HC como Compostos Orgânicos Voláteis (COV), onde se exclui o metano (CETESB, 2023).

3.3 DETERMINAÇÃO DO DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE

Foi determinado o parâmetro CO₂eq (dióxido de carbono equivalente) para o Ciclo LTO das aeronaves e para as emissões de equipamentos de apoio em solo. Essa é uma medida internacional que tem como finalidade estabelecer a equivalência entre todos os gases com efeito de estufa (GEE) e o dióxido de carbono (CO₂). No caso, os demais GEE são convertidos em equivalente de CO₂ para facilidade da análise dos impactos dessas emissões para o aquecimento global. A conversão dos GEE em CO₂ 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 (Global Warming Potential) são 1 para o CO₂, 28 para o CH₄ e 265 para o N₂O.

3.4 DADOS OPERACIONAIS UTILIZADOS

3.4.1 Operação - aeronaves

Os dados operacionais foram fornecidos pela empresa AENA. Foram consideradas **84.516 operações** para 2023 (RIMA SBRF, 2023). A Tabela 2 mostra a composição da frota e o percentual de operação. Foram utilizadas as aeronaves com percentuais mais expressivos de operação.

Tabela 2. Composição da frota de aeronaves

Equipamento	Percentual de operação (%)	Motor
A320 Airbus series	31,90%	PW1127G-JM
A321 Airbus series	12,32%	PW1133G-JM
737-700 Boeing 737-700 Series	0,23%	CFM56-7B26
737-800 Boeing 737-800 Series	14,60%	CFM56-7B27
EMB Embraer 190 series	11,22%	CF34-10E6
ATR 72 series	22,40%	PW127F (turboprop)
C500 Cessna series	4,57%	1PW035
737-400 Boeing 737-400 Series	1,24%	CFM56-3C-1
767-300 Boeing 767-300 Series	0,18%	CF6-80A2
A330-200 Airbus series	0,53%	CF6-80E1A2

Equipamento	Percentual de operação (%)	Motor
A330-900 Airbus series	0,80%	TRENT 772
Total	100,0%	

3.4.2 Operação – equipamento de solo

A Tabela 3 mostra a composição, o consumo médio (em quilolitros - kl) e o número dos equipamentos para apoio de operações no solo.

Tabela 3. Composição equipamentos apoio em solo

Equipamento	Marca	Unid.	Ano	Consumo Médio anual/quilolitros	Tipo de Combustível
Esteira de bagagem	Rucker	10	2016	30.911	DIESEL
Esteira de bagagem	Weihai Guangtai	1	2011	2.705	DIESEL
Unidade de Ar Condicionado (ACU)	TLD	1	2015	23.979	DIESEL
Compressor de arranque (ASU)	TLD	1	2008	2.802	DIESEL
Unidade de Força de Terrestre (GPU)	Hobart	1	2011	7.398	DIESEL
Unidade de Força de Terrestre (GPU)	TLD	2	2014	7.033	DIESEL
Unidade de Força de Terrestre (GPU)	Weihai Guangtai	2	2011	32.139	DIESEL
Rebocador	Rucker	10	1991	41.727	DIESEL
Trator de bagagem	Valtra	13	2011	76.577	DIESEL
Trator de bagagem	TLD	4	2014	33.381	DIESEL
Trator de carga	New Holland	2	2000	8.619	DIESEL
Loader	Weihai Guangtai	3	2010	9.107	DIESEL
Caminhão-tanque abastecedor	Volks	7		11.825	DIESEL
Caminhão combate incêndio	Volks	1		1.023	DIESEL
Gerador de Emergência		1		34.684	DIESEL
Caminhão de serviço - carga diversa	Volks	1	2014	0.746	DIESEL
Caminhão de serviço - carga diversa	Iveco	1	2013	0.381	DIESEL
Caminhão de serviço - carga diversa	Ford	1	2011	2.433	DIESEL
Caminhão de serviço - carga diversa	Iveco	2	2013	2.374	DIESEL
Caminhão de serviço - carga diversa	Iveco	2	2014	1.599	DIESEL
Camionete de serviço - carga diversa	Toyota	2	2009	2.112	DIESEL
Camionete de serviço - carga diversa	Mitsubishi	4	2011	4.540	DIESEL
Camionete de serviço - carga diversa	GM	2	2011	6.626	DIESEL
Camionete de serviço - carga diversa	GM	1	2011	0.179	DIESEL
Camionete de serviço - carga diversa	GM	1	2011	0.024	DIESEL
Trator de carga	JOHN DEERE	1	2013	3.722	DIESEL
Micro-ônibus	Volks	2	2010	8.011	DIESEL
Micro-ônibus	Volvo	4	2014	23.949	DIESEL
Micro-ônibus	Mercedez Bens	3	2008	4.727	DIESEL
Micro-ônibus	Volks	5	2009	58.595	DIESEL
Micro-ônibus	Volks	1	2009	8.478	DIESEL
Gerador de Emergência		1		0.769	DIESEL
TOTAL				453	

4. RESULTADOS

4.1 Consumo de Combustível – Ciclo LTO Aeronaves e Equipamentos em Solo

Em relação ao consumo de combustível (QAv), a participação das fases do Ciclo LTO (*taxi-out, take-off, climb, approach* e *taxi-in*) é apresentada na Tabela 4. O total de 45,02% foi consumido na fase de subida, pois nessa fase verificam-se os máximos impulsos (*maximum thrust*) para o *take-off* (12,22%) e *climb* (subida – 32,80%).

Os cálculos realizados, com base no banco de dados de emissões de motores de aviões EASA (2023), estão indicados no Apêndice 1. Cabe destacar, que essa quantidade é estimada para as aeronaves com motores a jato. O banco de dados da EASA ainda não incluiu informações técnicas de aeronaves menores com alguns motores turbofan.

Tabela 4. Distribuição do consumo de combustível por fases do ciclo LTO

Equipamento	Consumo Estimado Combustível (kg)
A320 Airbus series	1,71.10 ⁷
A321 Airbus series	7,80.10 ⁶
737-700 Boeing 737-700 Series	1,70.10 ⁵
737-800 Boeing 737-800 Series	1,13.10 ⁷
EMB Embraer 190 series	5,80.10 ⁶
ATR 72 series	4,60.10 ⁶
C500 Cessna series	5,46.10 ⁵
737-400 Boeing 737-400 Series	9,43.10 ⁵
767-300 Boeing 767-300 Series	2,27.10 ⁵
A330-200 Airbus series	8,43.10 ⁵
A330-900 Airbus series	1,46.10 ⁵
TOTAL	5,07.10⁷

O consumo anual médio dos equipamentos de apoio em solo foi de 453 kl, ou seja, 453.000 litros de diesel.

4.2 Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE)

Para a determinação do parâmetro CO₂eq (dióxido de carbono equivalente), para o Ciclo LTO, das aeronaves foram utilizados os fatores GWP (*Global Warming Potential*): 1 para o CO₂, 28 para o CH₄ e 265 para o N₂O.

A Tabela 5 resume esses dados e a memória de cálculo está indicada no **Apêndice 2**. A memória de cálculo das emissões de GEE dos equipamentos de apoio em solo encontra-se no **Apêndice 3**.

Tabela 5. Emissões GEE para o Ciclo LTO e equipamentos apoio em solo em Gg

Emissões	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq
Querosene de aviação	159,6	1,13.10 ⁻³	4,51.10 ⁻³	160,78
Diesel	1,21	3,81.10 ⁻⁵	1,60.10 ⁻⁴	1,25
Total Emissões (Gg)	160,81	1,17.10⁻³	4,67.10⁻³	162,03

4.3 Emissão de Poluentes Atmosféricos Locais

As emissões de poluentes atmosféricos locais são responsáveis por impactos negativos na qualidade do ar. A Tabela 6 resume as emissões, em Mega-grama (Mg), provenientes dos equipamentos de apoio em solo.

Tabela 6. Emissões equipamentos apoio em solo em Mg

Poluente	Concentração (Mg)
CO	3,92.10 ⁻¹
HC	3,09.10 ⁻²
NO _x	2,91
MP	2,48.10 ⁻²

A Tabela 7 apresenta as concentrações dos poluentes das movimentações de aeronaves no ciclo LTO. As contabilizações foram determinadas com base nas planilhas disponibilizadas em EMEP/EEA (2019).

Tabela 7. Emissões poluentes locais para o Ciclo LTO em kg

Equipamento (SBRF)	CO ₂ (kg)	NO _x (kg)	SO _x (kg)	CO (kg)	HC (kg)	MP Total (kg)
A320 series	5,38.10 ⁷	1,75.10 ⁵	1,85.10 ⁴	1,80.10 ⁵	1,15.10 ³	9,00.10 ²
A321 series	2,46.10 ⁷	1,01.10 ⁵	9,05.10 ³	6,30.10 ⁴	3,12.10 ²	4,34.10 ²
737-700 Series	5,36.10 ⁵	2,37.10 ³	1,34.10 ²	1,36.10 ³	1,40.10 ²	1,43.10 ¹
737-800 Series	3,55.10 ⁷	1,66.10 ⁵	9,13.10 ³	8,48.10 ⁴	8,27.10 ³	9,57.10 ²
Embraer 190 series	1,83.10 ⁷	5,23.10 ⁴	5,19.10 ³	1,23.10 ⁵	1,28.10 ⁴	4,53.10 ²
ATR 72 series	1,45.10 ⁷	4,43.10 ⁴	3,86.10 ³	2,92.10 ⁴	4,60.10 ⁻¹	0,00
C500 Cessna series	1,72.10 ⁶	2,03.10 ³	4,59.10 ²	4,10.10 ⁴	1,44.10 ⁴	1,62.10 ²
737-400 Series	2,97.10 ⁶	1,01.10 ⁴	7,89.10 ²	1,18.10 ⁴	6,03.10 ²	6,76.10 ¹
767-300 Series	7,14.10 ⁵	3,68.10 ³	2,25.10 ²	2,29.10 ³	5,14.10 ²	2,51.10 ¹
A330-200 series	2,66.10 ⁶	1,24.10 ⁴	8,15.10 ²	5,84.10 ³	4,30.10 ²	5,63.10 ¹
A330-900 series	4,59.10 ⁶	2,38.10 ⁴	1,22.10 ³	1,43.10 ⁴	1,41.10 ³	1,07.10 ²
TOTAL	1,60.10⁸	5,93.10⁵	4,94.10⁴	5,57.10⁵	4,00.10⁴	3,18.10³

Cabe ressaltar, que os valores estimados na Tabela 7 são dependentes dos tempos de táxi atribuídos ao aeroporto. Para o NO_x as fases de *climb*, *take-off* e *approach* do ciclo LTO são as mais relevantes devido a formação desses óxidos ser favorecida por condições de

temperatura mais elevada, as quais ocorrem durante os regimes de alta potência dos motores. A Tabela 8 resume as emissões (GEE e poluentes locais) para o ciclo LTO considerando os voos domésticos e internacionais.

Com base na Tabela 8 foi elaborado um gráfico que mostra as emissões de CO₂eq (dióxido de carbono equivalente) e gases poluentes locais para o Ciclo LTO.

Tabela 8. Resumo das emissões de gases poluentes para o Ciclo LTO

Aeroporto	Ciclo	Voos	Gases	Concentração	Unidade
Recife	LTO	DOMÉSTICO / INTERNACIONAL	CO ₂	1,61.10 ²	Gg
			CH ₄	1,17.10 ⁻³	Gg
			N ₂ O	4,67.10 ⁻³	Gg
			CO ₂ e	1,62.10 ²	Gg
			CO	5,57.10 ²	Mg
			HC	4,00.10 ¹	Mg
			NO _x	5,96.10 ²	Mg
			SO _x	4,94.10 ¹	Mg
MP	3,20	Mg			

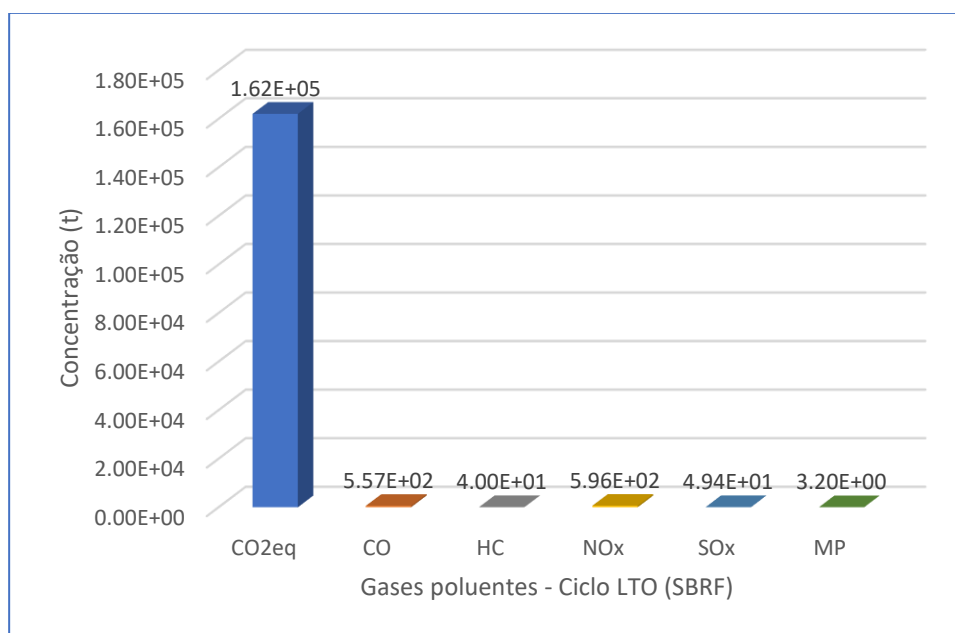


Figura 3. Emissões totais Ciclo LTO

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve por objetivo contabilizar as emissões atmosféricas de gases de efeito estufa (GEE) e poluentes locais, decorrentes das operações de aeronaves, ciclo LTO, e equipamentos de apoio em solo no **Aeroporto Internacional de Recife (SBRF) para o ano de 2023**.

Para os gases de efeito estufa (CO_2 , CH_4 e N_2O) as emissões foram sintetizadas numa medida denominada CO_2 equivalente (CO_2eq). A contabilização das emissões de GEE para o **Aeroporto Internacional de Recife (SBRF)** resultou em números totais: **$1,62.10^5 \text{ tCO}_2\text{eq}$** .

Para os gases poluentes locais (CO , HC , NO_x , SO_x e MP) as emissões resultam em números totais: **$\text{CO} = 5,57.10^2 \text{ t}$; $\text{HC} = 4,00.10^1 \text{ t}$; $\text{NO}_x = 5,96.10^2 \text{ t}$; $\text{SO}_x = 4,94.10^1 \text{ t}$ e $\text{MP} = 3,20 \text{ t}$** .

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACRP (2012). AIRPORT COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM (ACRP): Report 64 – Handbook for Evaluating Emissions and Costs of APU and Alternative Systems, Transportation Research Board, Washington, D.C. 244. ISBN 978-0-309-41041-0 | DOI 10.17226/22797

ANAC (2019a). Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil 2019, volume único, 1ª edição. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/meio-ambiente/arquivos/inventario-nacional-de-emissoes_v6.pdf/. Acesso em: 12 jun. 2023.

ANAC (2019b). Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Metodologia de Cálculo - Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil 2019, volume único, 1ª edição. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/meio-ambiente/arquivos/MetodologiadeCalculov1agosto2019.pdf/>. Acesso em: 12 jun. 2023.

BORSARI, V. As emissões veiculares e os gases do efeito estufa. São Paulo: Sociedade de Engenheiros da Mobilidade, 2005. (SAE Technical Paper 2005-01-4002).

BRASIL. MMA (2006). 1º Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários: relatório final. Aracaju, 2011.

CETESB (2023). Relatórios e Publicações – Emissão Veicular. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/relatorios-e-publicacoes/>. Acesso em: 12 jun. 2023.

CETESB (2014). Emissões no setor de energia [recurso eletrônico] : subsetor de transportes : relatório de referência / CETESB ; coordenação técnica e editorial João Wagner Silva Alves, Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer ; revisão técnica Bruna Patrícia de Oliveira, João Wagner Silva Alves ; equipe Bruna Patrícia de Oliveira ... [et al.]. – São Paulo.

EASA (2023). ICAO Aircraft Engine Emissions Databank. Disponível: < <https://www.easa.europa.eu/en/domains/environment/icao-aircraft-engine-emissions-databank#group-easa-downloads>> Acesso em: 12 jun. 2023.

EMEP/EAA (2019a). Air pollutant emission inventory guidebook. Disponível: < <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-a-aviation-1-annex5-LTO/view>>. Acesso em: 16 fev. 2024.

EMEP/EAA (2019b). Air pollutant emission inventory guidebook. Disponível: < <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-a-aviation-1/view>>. Acesso em: 16 fev. 2024.

EFDB (2021): Emission Factor Database. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php>

IPCC (1996). Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: reporting instructions. Bracknell, UK, 1996. v. 1.

IPCC (2006) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2 Energy. Mobile combustion. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf

IPCC (2016) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2 Energy. Mobile combustion. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf

MCT (2006). “Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Relatórios de Referência – Emissões de Dióxido de Carbono por queima de Combustíveis: Abordagem “Top-Down” – sob a Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima do Ministério da Ciência e Tecnologia e elaborado pelo Instituto Alberto Luis Coimbra de Pós – Graduação e Pesquisa em Engenharia – COPPE.

Apêndice 1 – Memória de Cálculo Consumo de Combustível – Ciclo LTO

Equipamento (SBRF)	Engine Model	Fuel burn (kg)	CO2 (kg)	NOx (kg)	SOx (kg)	CO (kg)	HC (kg)	PM TOTAL (kg)
A320 Airbus series	PW1127G-JM	6.33E+02	1.99E+03	6.49E+00	6.86E-01	6.69E+00	4.25E-02	3.34E-02
A321 Airbus series	PW1133G-JM	7.49E+02	2.36E+03	9.73E+00	8.69E-01	6.05E+00	3.00E-02	4.17E-02
737-700 Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26	8.81E+02	2.78E+03	1.23E+01	6.93E-01	7.07E+00	7.23E-01	7.42E-02
737-800 Boeing 737-800 Series	CFM56-7B27	9.13E+02	2.87E+03	1.34E+01	7.40E-01	6.87E+00	6.70E-01	7.76E-02
EMB Embraer 190 series	CF34-10E6	6.11E+02	1.93E+03	5.52E+00	5.47E-01	1.29E+01	1.35E+00	4.77E-02
ATR 72 series	PW127F (turboprop)	2.43E+02	7.65E+02	2.34E+00	2.04E-01	1.54E+00	2.43E-05	0.00E+00
C500 Cessna series	1PW035	1.41E+02	4.45E+02	5.26E-01	1.19E-01	1.06E+01	3.73E+00	4.19E-02
737-400 Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	8.97E+02	2.83E+03	9.62E+00	7.50E-01	1.12E+01	5.74E-01	6.43E-02
767-300 Boeing 767-300 Series	CF6-80A2	1.46E+03	4.61E+03	2.38E+01	1.45E+00	1.48E+01	3.32E+00	1.62E-01
A330-200 Airbus series	CF6-80E1A2	1.88E+03	5.93E+03	2.76E+01	1.82E+00	1.30E+01	9.60E-01	1.26E-01
A330-900 Airbus series	TRENT 772	2.17E+03	6.83E+03	3.53E+01	1.82E+00	2.12E+01	2.10E+00	1.59E-01

Fonte: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-a-aviation-1-annex5-LTO/view>

EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019

Fonte: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-a-aviation-1/view>

Equipamento (SBRF)	%	Fuel burn (kg)	CO2 (kg)	NOx (kg)	SOx (kg)	CO (kg)	HC (kg)	PM TOTAL (kg)
A320 Airbus series	31.90%	1.71E+07	5.38E+07	1.75E+05	1.85E+04	1.80E+05	1.15E+03	9.00E+02
A321 Airbus series	12.32%	7.80E+06	2.46E+07	1.01E+05	9.05E+03	6.30E+04	3.12E+02	4.34E+02
737-700 Boeing 737-700 Series	0.23%	1.70E+05	5.36E+05	2.37E+03	1.34E+02	1.36E+03	1.40E+02	1.43E+01
737-800 Boeing 737-800 Series	14.60%	1.13E+07	3.55E+07	1.66E+05	9.13E+03	8.48E+04	8.27E+03	9.57E+02
EMB Embraer 190 series	11.22%	5.80E+06	1.83E+07	5.23E+04	5.19E+03	1.23E+05	1.28E+04	4.53E+02
ATR 72 series	22.40%	4.60E+06	1.45E+07	4.43E+04	3.86E+03	2.92E+04	4.60E-01	0.00E+00
C500 Cessna series	4.57%	5.46E+05	1.72E+06	2.03E+03	4.59E+02	4.10E+04	1.44E+04	1.62E+02
737-400 Boeing 737-400 Series	1.24%	9.43E+05	2.97E+06	1.01E+04	7.89E+02	1.18E+04	6.03E+02	6.76E+01
767-300 Boeing 767-300 Series	0.18%	2.27E+05	7.14E+05	3.68E+03	2.25E+02	2.29E+03	5.14E+02	2.51E+01

RELATÓRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS CICLO LTO – AEROPORTO DE RECIFE- 2023

A330-200 Airbus series	0.53%	8.43E+05	2.66E+06	1.24E+04	8.15E+02	5.84E+03	4.30E+02	5.63E+01
A330-900 Airbus series	0.80%	1.46E+06	4.59E+06	2.38E+04	1.22E+03	1.43E+04	1.41E+03	1.07E+02
TOTAL	100%	50717955.66	1.60E+08	5.93E+05	4.94E+04	5.57E+05	4.00E+04	3.18E+03

Apêndice 2 – Memória de Cálculo GEE – Ciclo LTO

Total Combustível		50717955.66	
ANAC Tier 1 CO2	1.52E+05	densidade	836 kg/m ³
ECO2	1.60E+05	tCO2/ano	
Consumo	60667.41	m3	
<i>penergia</i>	0.822	tep/m3	0.045200 TJ
FeC	19.5	tC/TJ	IPCC 2006
%Oxi	0.99		
44/12	3.666666667	gCO2/gC	
1000	159.6	/1000 resp GgCO2	

ANAC Tier 1 CH4		1.07E+00	
ECH4	1.13E+00	tCH4/ano	
Consumo	60667.41	m3	
<i>penergia</i>	0.822	tep/m3	
Fei	0.0005	tCH4/TJ	
TEP Brasil	0.0452		
1000	1.13E-03	/1000 resp GgCH4	

ANAC Tier 1 N2O		4.28E+00	
EN2O	4.51E+00	tN2O/ano	
Consumo	60667.41	m3	
<i>penergia</i>	0.822	tep/m3	
Fei	0.002	tN2O/TJ	
TEP Brasil	0.0452		
1000	4.51E-03	/1000 resp GgN2O	

Sendo:

- E_{CO_2} - emissão anual de CO2 (kgCO₂ /L_{combustível}),
- $p_{energia}$ - densidade energética do combustível (tep/m³),
- 10^{-3} -fator de adequação das grandezas (m³/L),
- FC - fator de conversão de 10³ tep para TJ (TJ/10³ tep),
- Oxi - porcentagem de oxidação de carbono (%),
- 44/12 Razão entre as massas molares do CO2 e do carbono elementar (kgCO₂/kgC).

Uma vez que a densidade energética é dada em tep/m³ e o fator de emissão em tC/TJ é preciso utilizar a equivalência 1 tep = 0,041868 TJ para adequar as unidades utilizadas.

Apêndice 3 – Memória de Cálculo GEE e gases poluentes locais– Equipamentos de Apoio

Equipamento	GASES DE EFEITO ESTUFA										GASES POLUENTES LOCAIS				
	CO2 g	N2O g	CH4 g	CO2e (g)	CO2 Gg	N2O Gg	CH4 Gg	CO2e (Gg)	CO2 T	N2O T	CH4 T	CO (g)	HC (g)	NOx (g)	MP (g)
Esteira de bagagem	8.24107	1.09E+04	2.60E+03	8.53E+07	8.24E-02	1.09E-05	2.60E-06	8.53E-02	8.24E+01	1.09E-02	2.60E-03	26714.33	2106.89	198628.76	1688.22
Esteira de bagagem	7.21E+06	9.54E+02	2.27E+02	7.47E+06	7.21E-03	9.54E-07	2.27E-07	7.47E-03	7.21E+00	9.54E-04	2.27E-04	2337.75	184.37	17381.86	147.73
Unidade de Ar Condicionado (ACU)	6.39E+07	8.46E+03	2.01E+03	6.62E+07	6.39E-02	8.46E-06	2.01E-06	6.62E-02	6.39E+01	8.46E-03	2.01E-03	20723.46	1634.41	154084.92	1309.62
Compressor de arranque (ASU)	7.47E+06	9.89E+02	2.35E+02	7.74E+06	7.47E-03	9.89E-07	2.35E-07	7.74E-03	7.47E+00	9.89E-04	2.35E-04	2421.58	190.98	18005.17	153.03
Unidade de Força de Terrestre (GPU)	1.97E+07	2.61E+03	6.21E+02	2.04E+07	1.97E-02	2.61E-06	6.21E-07	2.04E-02	1.97E+01	2.61E-03	6.21E-04	6393.60	504.25	47538.27	404.04
Unidade de Força de Terrestre (GPU)	1.87E+07	2.48E+03	5.91E+02	1.94E+07	1.87E-02	2.48E-06	5.91E-07	1.94E-02	1.87E+01	2.48E-03	5.91E-04	6078.16	479.37	45192.85	384.11
Unidade de Força de Terrestre (GPU)	8.56E+07	1.13E+04	2.70E+03	8.87E+07	8.56E-02	1.13E-05	2.70E-06	8.87E-02	8.56E+01	1.13E-02	2.70E-03	27775.61	2190.59	206519.68	1755.28
Rebocador	1.11E+08	1.47E+04	3.51E+03	1.15E+08	1.11E-01	1.47E-05	3.51E-06	1.15E-01	1.11E+02	1.47E-02	3.51E-03	36061.89	2844.11	268130.51	2278.94
Trator de bagagem	2.04E+08	2.70E+04	6.43E+03	2.11E+08	2.04E-01	2.70E-05	6.43E-06	2.11E-01	2.04E+02	2.70E-02	6.43E-03	66180.44	5219.49	492070.61	4182.28
Trator de bagagem	8.90E+07	1.18E+04	2.80E+03	9.22E+07	8.90E-02	1.18E-05	2.80E-06	9.22E-02	8.90E+01	1.18E-02	2.80E-03	28848.99	2275.25	214500.55	1823.12
Trator de carga	2.30E+07	3.04E+03	7.24E+02	2.38E+07	2.30E-02	3.04E-06	7.24E-07	2.38E-02	2.30E+01	3.04E-03	7.24E-04	7448.83	587.47	55384.21	470.73
Loader	2.43E+07	3.21E+03	7.65E+02	2.51E+07	2.43E-02	3.21E-06	7.65E-07	2.51E-02	2.43E+01	3.21E-03	7.65E-04	7870.58	620.73	58520.01	497.38
Caminhão-tanque abastecedor	3.15E+07	4.17E+03	9.93E+02	3.26E+07	3.15E-02	4.17E-06	9.93E-07	3.26E-02	3.15E+01	4.17E-03	9.93E-04	10219.57	805.99	75985.41	645.83
Caminhão combate incendio	2.73E+06	3.61E+02	8.59E+01	2.82E+06	2.73E-03	3.61E-07	8.59E-08	2.82E-03	2.73E+00	3.61E-04	8.59E-05	884.11	69.73	6573.62	55.87
Gerador de Emergência	9.24E+07	1.22E+04	2.91E+03	9.57E+07	9.24E-02	1.22E-05	2.91E-06	9.57E-02	9.24E+01	1.22E-02	2.91E-03	29975.09	2364.06	222873.41	1894.28
Caminhao de serviço - carga diversa	1.99E+06	2.63E+02	6.27E+01	2.06E+06	1.99E-03	2.63E-07	6.27E-08	2.06E-03	1.99E+00	2.63E-04	6.27E-05	644.72	50.85	4793.67	40.74
Caminhao de serviço - carga diversa	1.02E+06	1.34E+02	3.20E+01	1.05E+06	1.02E-03	1.34E-07	3.20E-08	1.05E-03	1.02E+00	1.34E-04	3.20E-05	329.27	25.97	2448.24	20.81
Caminhao de serviço - carga diversa	6.48E+06	8.58E+02	2.04E+02	6.72E+06	6.48E-03	8.58E-07	2.04E-07	6.72E-03	6.48E+00	8.58E-04	2.04E-04	2102.68	165.83	15634.04	132.88
Caminhao de serviço - carga diversa	6.33E+06	8.38E+02	1.99E+02	6.55E+06	6.33E-03	8.38E-07	1.99E-07	6.55E-03	6.33E+00	8.38E-04	1.99E-04	2051.69	161.81	15254.91	129.66
Caminhao de serviço - carga diversa	4.26E+06	5.64E+02	1.34E+02	4.41E+06	4.26E-03	5.64E-07	1.34E-07	4.41E-03	4.26E+00	5.64E-04	1.34E-04	1381.91	108.99	10274.90	87.33
Camionete de serviço - carga diversa	5.63E+06	7.45E+02	1.77E+02	5.83E+06	5.63E-03	7.45E-07	1.77E-07	5.83E-03	5.63E+00	7.45E-04	1.77E-04	1825.26	143.95	13571.35	115.35
Camionete de serviço - carga diversa	1.21E+07	1.60E+03	3.81E+02	1.25E+07	1.21E-02	1.60E-06	3.81E-07	1.25E-02	1.21E+01	1.60E-03	3.81E-04	3923.36	309.43	29171.33	247.94
Camionete de serviço - carga diversa	1.77E+07	2.34E+03	5.57E+02	1.83E+07	1.77E-02	2.34E-06	5.57E-07	1.83E-02	1.77E+01	2.34E-03	5.57E-04	5726.26	451.62	42576.38	361.87
Camionete de serviço - carga diversa	4.77E+05	6.32E+01	1.50E+01	4.94E+05	4.77E-04	6.32E-08	1.50E-08	4.94E-04	4.77E-01	6.32E-05	1.50E-05	154.70	12.20	1150.22	9.78
Camionete de serviço - carga diversa	6.40E+04	8.47E+00	2.02E+00	6.63E+04	6.40E-05	8.47E-09	2.02E-09	6.63E-05	6.40E-02	8.47E-06	2.02E-06	20.74	1.64	154.22	1.31
Trator de carga	9.92E+06	1.31E+03	3.13E+02	1.03E+07	9.92E-03	1.31E-06	3.13E-07	1.03E-02	9.92E+00	1.31E-03	3.13E-04	3216.68	253.69	23916.93	203.28

RELATÓRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS CICLO LTO – AEROPORTO DE RECIFE- 2023

Micro-ônibus	2.13E+07	2.83E+03	6.73E+02	2.21E+07	2.13E-02	2.83E-06	6.73E-07	2.21E-02	2.13E+01	2.83E-03	6.73E-04	6923.38	546.03	51477.31	437.52
Micro-ônibus	6.38E+07	8.45E+03	2.01E+03	6.61E+07	6.38E-02	8.45E-06	2.01E-06	6.61E-02	6.38E+01	8.45E-03	2.01E-03	20697.81	1632.39	153894.20	1308.00
Micro-ônibus	1.26E+07	1.67E+03	3.97E+02	1.30E+07	1.26E-02	1.67E-06	3.97E-07	1.30E-02	1.26E+01	1.67E-03	3.97E-04	4085.23	322.19	30374.89	258.17
Micro-ônibus	1.56E+08	2.07E+04	4.92E+03	1.62E+08	1.56E-01	2.07E-05	4.92E-06	1.62E-01	1.56E+02	2.07E-02	4.92E-03	50639.63	3993.82	376520.22	3200.18
Micro-ônibus	2.26E+07	2.99E+03	7.12E+02	2.34E+07	2.26E-02	2.99E-06	7.12E-07	2.34E-02	2.26E+01	2.99E-03	7.12E-04	7326.97	577.86	54478.17	463.03
Gerador de Emergência	2.05E+06	2.71E+02	6.46E+01	2.12E+06	2.05E-03	2.71E-07	6.46E-08	2.12E-03	2.05E+00	2.71E-04	6.46E-05	664.60	52.42	4941.46	42.00
	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	1.21E+09	1.60E+05	3.81E+04	1.25E+09	1.21E+00	1.60E-04	3.81E-05	1.25E+00	1.21E+03	1.60E-01	3.81E-02	3.92E+05	3.09E+04	2.91E+06	2.48E+04

Apêndice 4 – Equipe Técnica

Equipe responsável - SONORA ENGENHARIA

Dr. Sérgio Luiz Garavelli

Pesquisador e consultor em Engenharia Acústica

Cel: (61)99983-6763

e-mail: sergio.garavelli@sonoraengenharia.com.br

Dr. Edson Benício de Carvalho Júnior

Pesquisador e consultor em Engenharia Acústica

Engenheiro Civil - CREA: 31125/D - DF

Cel: (61)98402-3014

e-mail: edson.benicio@sonoraengenharia.com.br

Gabriela Soares Garavelli

Arquiteta e Urbanista

Registro Nacional: A162012-6

e-mail: gabriela.garavelli@sonoraengenharia.com.br

Lucas Soares Garavelli

Engenheiro de Produção

e-mail: lucas.garavelli@sonoraengenharia.com.br

Giovana de Castro Benício

Auxiliar de Engenharia

Equipe responsável – AENA BRASIL

Maurício Martins de Moura

Gerente de Qualidade e Meio Ambiente

Diógenes Barbosa Araújo

Coordenador Corporativo de Meio Ambiente

Diego Bravo Alves

Analista de Meio Ambiente, Qualidade e Safety

Anexo 1 – Fatores de Emissão GEE – Equipamentos de Apoio em Solo

ID	Setor de atividade	GEE	Combustível		Fator de emissão mínimo	Fator de emissão máximo	Média FE	Unidade	Fonte	
18648	Road Transportation (1A3b)	CARBON DIOXIDE	Motor Gasoline	Estimated emission factors for US Gasoline Passengers Cars	Low-Emission Vehicle Technology	3172,31	3172,31	3172,31	g/kg fuel	IPCC
18633	Road Transportation (1A3b)	NITROGEN OXIDES (NO+NO2)	Motor Gasoline	Estimated emission factors for US Gasoline Passengers Cars	Low-Emission Vehicle Technology	3,07	3,91	3,49	g/kg fuel	IPCC
18636	Road Transportation (1A3b)	METHANE	Motor Gasoline	Estimated emission factors for US Gasoline Passengers Cars	Low-Emission Vehicle Technology	0,25	0,38	0,315	g/kg fuel	IPCC

Veículos à gasolina (EFDB, 2021; IPCC, 2006)

ID	Setor de atividade	GEE	Combustível		Fator de emissão mínimo	Fator de emissão máximo	Média FE	Unidade	Fonte
18990	Road Transportation (1A3b)	CARBON DIOXIDE	Diesel Oil	Estimated emission factors for US Light-Duty Diesel Trucks	Moderate Control		3172,31	g/kg fuel	IPCC
18969	Road Transportation (1A3b)	NITROUS OXIDE	Diesel Oil	Estimated emission factors for US Light-Duty Diesel Trucks	Advanced Control		0,23	g/kg fuel	IPCC
18987	Road Transportation (1A3b)	NITROUS OXIDE	Diesel Oil	Estimated emission factors for US Light-Duty Diesel Trucks	Moderate Control		0,6	g/kg fuel	IPCC
19005	Road Transportation (1A3b)	NITROUS OXIDE	Diesel Oil	Estimated emission factors for US Light-Duty Diesel Trucks	Uncontrolled		0,24	g/kg fuel	IPCC
		NITROUS OXIDE	Diesel Oil		Média		0,42		
18960	Road Transportation (1A3b)	METHANE	Diesel Oil	Estimated emission factors for US Light-Duty Diesel Trucks	Advanced Control		0,08	g/kg fuel	IPCC
18978	Road Transportation (1A3b)	METHANE	Diesel Oil	Estimated emission factors for US Light-Duty Diesel Trucks	Moderate Control		0,08	g/kg fuel	IPCC
18996	Road Transportation (1A3b)	METHANE	Diesel Oil	Estimated emission factors for US Light-Duty Diesel Trucks	Uncontrolled		0,1	g/kg fuel	IPCC
		METHANE	Diesel Oil		maximo		0,1		

Veículos à Diesel (EFDB, 2021; IPCC, 2006)

Anexo 2 – Fatores de Emissão Poluentes Locais – Equipamentos de Apoio em Solo

Veículos à gasolina

Ano	Combustível (1)	Fase Proconve	HC					NOx (g/km)	RCHO (g/km)	MP (g/km)	CO ₂ (g/km)	N ₂ O (g/km) (3)	Autonomia (km/L) (4)
			CO (g/km)	Total (g/km)	NMHC (g/km)	CH ₄ (2) (g/km)	NMHC-ETOH (g/km)						
2018	Gasolina C	L6	0,173	0,016	0,012	0,004	nd	0,010	0,0005	0,0010	177	0,020	13,4
	Flex-Gasol.C		0,253	0,023	0,019	0,004	nd	0,012	0,0010	0,0010	154	0,018	14,2
	Flex-Etanol		0,338	0,070	0,047	0,023	0,019	0,012	0,0067	nd	147	0,017	9,8
2019	Gasolina	L6	0,166	0,014	0,011	0,003	nd	0,014	0,0006	0,001	184	0,020	12,1
	Flex-Gasolina		0,275	0,024	0,020	0,004	nd	0,011	0,0010	0,001	152	0,018	14,5
	Flex-Etanol		0,339	0,069	0,045	0,023	0,020	0,010	0,0067	nd	146	0,017	10,0
2020	Gasolina C	L6	0,135	0,015	0,012	0,003	nd	0,015	0,0009	0,0010	175	0,020	12,6
	Flex-Gasol.C		0,264	0,026	0,022	0,004	nd	0,011	0,0011	0,0010	149	0,018	14,8
	Flex-Etanol		0,315	0,066	0,044	0,022	0,019	0,012	0,0063	nd	143	0,017	10,2
2021	Gasolina C	L6	0,140	0,015	0,012	0,003	nd	0,015	0,0008	0,001	186	0,020	12,0
	Flex-Gasol.C		0,251	0,025	0,020	0,005	nd	0,011	0,0010	0,001	147	0,018	15,0
	Flex-Etanol		0,293	0,066	0,044	0,022	0,020	0,012	0,0067	nd	141	0,017	10,4
Média	Gasolina C	L6	0,154	0,015	0,012	0,003	nd	0,013	0,001	0,001	180,703	0,020	12,5
	Flex-Gasol.C		0,261	0,024	0,020	0,004	nd	0,011	0,001	0,001	150,659	0,018	14,6
	Flex-Etanol		0,321	0,068	0,045	0,023	0,020	0,012	0,007	nd	144,212	0,017	10,1

CETESB 2021 – Emissão Veicular – relatórios e publicações. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/relatorios-e-publicacoes/> >

Gasolina C: 78% + 22% Etanol anidro (v/v).

Fatores de emissão para veículos diesel

Ano	Fase Proconve	Categoria	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOx (g/kWh)	MP (g/kWh)	CO ₂ (g/kWh)	NH ₃ (ppm)	Consumo ⁽¹⁾ (gdiesel/kWh)	
2012	P7	Caminhões	Semileves	0,014	0,013	1,364	0,008	522	4,50	243
			Leves	0,190	0,015	1,617	0,011	617	7,3	224
			Médios	0,219	0,011	1,637	0,012	689	10,2	225
			Semipesados	0,128	0,015	1,525	0,014	677	7,3	219
			Pesados	0,228	0,027	1,415	0,013	644	4,2	207
		Ônibus	Urbanos	0,349	0,010	1,566	0,011	730	9,0	223
			Micro-ônibus	0,145	0,037	1,371	0,014	630	7,4	234
			Rodoviários	0,295	0,028	1,454	0,014	660	3,7	212
2013	P7	Caminhões	Semileves	0,028	0,013	1,237	0,009	605	4,5	236
			Leves	0,170	0,011	1,406	0,011	607	6,2	222
			Médios	0,131	0,014	1,630	0,013	692	7,7	217
			Semipesados	0,099	0,016	1,494	0,015	690	5,6	217
			Pesados	0,254	0,026	1,391	0,015	670	5,0	210
		Ônibus	Urbanos	0,288	0,010	1,462	0,012	720	9,5	218
			Micro-ônibus	0,121	0,029	1,147	0,011	635	4,5	234
			Rodoviários	0,339	0,039	1,445	0,014	660	5,1	211
2014 ⁽⁴⁾	P7	Caminhões	Semileves	0,028	0,013	1,237	0,009	605	4,5	236
			Leves	0,170	0,011	1,406	0,011	607	6,2	222
			Médios	0,131	0,014	1,630	0,013	692	7,7	217
			Semipesados	0,099	0,016	1,494	0,015	690	5,6	217
			Pesados	0,254	0,026	1,391	0,015	670	5,0	210
		Ônibus	Urbanos	0,288	0,010	1,462	0,012	720	9,5	218
			Micro-ônibus	0,121	0,029	1,147	0,011	635	4,5	234
			Rodoviários	0,339	0,039	1,445	0,014	660	5,1	211
2015 ⁽⁵⁾	P7	Caminhões	Semileves	0,111	0,017	1,337	0,010	705	7,4	234
			Leves	0,297	0,014	1,472	0,014	727	11,7	224

RELATÓRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS CICLO LTO – AEROPORTO DE RECIFE- 2023

Ano	Fase Proconve	Categoria		CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOx (g/kWh)	MP (g/kWh)	CO ₂ (g/kWh)	NH ₃ (ppm)	Consumo ⁽¹⁾ (gdiesel/kWh)
			Médios	0,137	0,014	1,479	0,013	690	6,2	217
			Semipesados	0,102	0,018	1,480	0,015	677	7,4	215
			Pesados	0,249	0,026	1,480	0,015	663	2,5	211
		Ônibus	Urbanos	0,291	0,011	1,490	0,013	725	9,8	220
			Micro-ônibus	0,077	0,024	1,257	0,009	705	5,3	231
			Rodoviários	0,311	0,024	1,404	0,014	666	3,1	213
2016	P7	Caminhões	Semileves	0,091	0,021	1,306	0,008	634	6,0	233
			Leves	0,253	0,017	1,461	0,012	694	9,1	222
			Médios	0,138	0,007	1,476	0,013	720	6,0	219
			Semipesados	0,115	0,010	1,370	0,013	707	4,9	217
			Pesados	0,261	0,029	1,510	0,014	648	3,0	208
		Ônibus	Urbanos	0,304	0,009	1,544	0,011	697	5,3	215
			Micro-ônibus	0,064	0,010	1,162	0,009	682	5,8	227
2017	P7	Caminhões	Rodoviários	0,299	0,023	1,555	0,013	675	2,1	211
			Semileves	0,074	0,009	1,197	0,007	716	16,1	229
			Leves	0,314	0,012	1,385	0,012	725	11,3	222
			Médios	0,155	0,018	1,373	0,011	682	7,3	219
			Semipesados	0,073	0,020	1,519	0,013	678	3,4	214
		Ônibus	Pesados	0,209	0,022	1,464	0,013	653	2,8	209
			Urbanos	0,251	0,013	1,435	0,012	713	4,9	217
2018 ⁽⁶⁾	P7	Caminhões	Micro-ônibus	0,073	0,008	1,220	0,007	719	8,6	228
			Rodoviários	0,302	0,024	1,313	0,014	682	2,7	214
			Semileves	0,059	0,008	1,195	0,005	714	16,5	228
			Leves	0,339	0,013	1,286	0,014	723	13,1	222
			Médios	0,312	0,013	1,274	0,011	694	12,5	217
		Ônibus	Semipesados	0,092	0,016	1,479	0,013	680	4,1	216
			Pesados	0,257	0,020	1,422	0,013	640	3,0	207
			Urbanos	0,295	0,005	1,107	0,012	691	6,5	219

RELATÓRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS CICLO LTO – AEROPORTO DE RECIFE- 2023

Ano	Fase Proconve	Categoria	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOx (g/kWh)	MP (g/kWh)	CO ₂ (g/kWh)	NH ₃ (ppm)	Consumo ⁽¹⁾ (gdiesel/kWh)	
2019	P7		Micro-ônibus	0,108	0,007	1,262	0,007	718	17,6	226
			Rodoviários	0,322	0,024	1,445	0,015	679	2,7	214
		Caminhões	Semileves	0,036	0,006	1,247	0,004	703	9,6	225
			Leves	0,409	0,010	1,484	0,013	732	10,8	224
			Médios	0,309	0,014	1,261	0,013	699	9,2	220
			Semipesados	0,112	0,020	1,550	0,014	704	4,8	217
			Pesados	0,165	0,011	1,294	0,011	644	3,2	206
			Ônibus	Urbanos	0,239	0,013	1,436	0,013	730	5,6
		Micro-ônibus		0,135	0,007	1,296	0,007	716	11,2	224
		Rodoviários		0,215	0,017	1,330	0,012	686	1,8	214
2020	P7	Caminhões	Semileves	0,051	0,007	1,782	0,003	675	4,9	229
			Leves	0,231	0,018	1,758	0,012	656	11,0	222
			Médios	0,212	0,024	1,421	0,013	624	9,6	217
			Semipesados	0,129	0,023	1,627	0,016	692	4,6	215
			Pesados	0,170	0,011	1,464	0,013	648	3,6	207
		Ônibus	Urbanos	0,215	0,021	1,437	0,013	659	6,9	218
			Micro-ônibus	0,128	0,013	1,183	0,008	712	12,6	227
2021	P7	Caminhões	Rodoviários	0,137	0,005	1,248	0,013	691	2,0	216
			Semileves	0,032	0,006	1,534	0,003	704	7,4	234
			Leves	0,247	0,019	1,623	0,010	715	13,7	223
			Médios	0,234	0,027	1,526	0,013	700	10,0	219
			Semipesados	0,132	0,025	1,597	0,016	700	7,0	216
		Ônibus	Pesados	0,172	0,014	1,398	0,011	640	3,4	207
			Urbanos	0,260	0,018	1,478	0,014	723	8,5	220
			Micro-ônibus	0,178	0,012	1,385	0,007	716	12,9	231
			Rodoviários ⁽⁷⁾	0,137	0,005	1,248	0,013	691	2,0	216

Anexo 3 – Anotação de Responsabilidade Técnica (ART)



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-DF

ART Obra ou serviço
0720230096706

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Distrito Federal

1. Responsável Técnico(a)

EDSON BENICIO DE CARVALHO JUNIOR

Título profissional: **Engenheiro Civil**

RNP: **0720365325**

Registro: **31125/D-DF**

Empresa contratada: **SONORA AMBIENTAL PROJETOS AMBIENTAIS E EDUCACIONAIS LTDA** Registro: **15347-DF**

2. Dados do Contrato

Contratante: **AEROPORTOS DO NORDESTE DO BRASIL S.A**

CNPJ: **33.919.741/0001-20**

Rua Barão de Souza Leão Número: 425

Bairro: Boa Viagem

CEP: 51030-300

Cidade: Recife UF: PE

Complemento: Sala 1901

E-Mail: mmoura@acnabrazil.com.br

Fone: (83)33325044

Contrato: ANB 232 2021 Aditivo

Celebrado em: 06/07/2023 Valor Obra/Serviço R\$:

Fim em: 31/08/2024 805.000,00

Vinculada a ART:

Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Privado

Ação institucional: Nenhuma/Não Aplicável

3. Dados da Obra/Serviço

Data de Início das Atividades do(a) Profissional:

Data de Fim das Atividades do(a) Profissional:

Coordenadas Geográficas: -8.1318203,-34.9060681

06/07/2023

31/08/2024

Finalidade: **Ambiental**

Código/Obra pública:

Proprietário(a): **AEROPORTOS DO NORDESTE DO BRASIL S.A**

CNPJ: **33.919.741/0001-20**

E-Mail: mmoura@aenabrazil.com.br

Fone: (83) 33325044

1º Endereço

Rua Barão de Souza Leão

Número: 425

Bairro: Boa Viagem

CEP: 51030-300

Complemento: Sala 1901

Cidade: Recife - PE

4. Atividade Técnica

Consultoria

Consultoria de impacto ambiental

Quantidade Unidade

1,0000 unidade

Consultoria de estudos ambientais

1,0000 unidade

Elaboração

Estudo de modelagem ambiental

1,0000 unidade

Estudo de planejamento ambiental

1,0000 unidade

Estudo de riscos ao meio ambiente

1,0000 unidade

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder à baixa desta ART.

5. Observações

Monitoramento do ruído aeronáutico e emissões atmosféricas: Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes, Aeroporto Internacional de Maceió, Aeroporto Internacional de Aracaju, Aeroporto de Campina Grande, Aeroporto de Juazeiro do Norte

6. Declarações

Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei nº 9.307, de 23 de setembro de 1996, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar.

EDSON
BENICIO DE
CARVALHO
JUNIOR

Profissional

Contratante

Acessibilidade: Não: Declaro que as regras de acessibilidade, previstas nas normas técnicas da ABNT e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

7. Entidade de Classe

NENHUMA

9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante de pagamento ou conferência no site do Crea.
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site: www.creadf.org.br

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

27/11/2023, 16:39

art.creadf.org.br/art1025/funcoes/form Impressao_tos.php?NUMERO_DA_ART=0720230098708



Documento assinado eletronicamente por EDSON BENICIO DE CARVALHO JUNIOR, 31125/D-DF, em 27/11/2023, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 2º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#)

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do(a) profissional e do(a) contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.



AEROPORTOS DO NORDESTE DO BRASIL S.A CNPJ:
33.919.741/0001-20

www.creadf.org.br
informacao@creadf.org.br
Tel: (61) 3961-2800



Valor da ART: R\$ 254,59 Registrada em: 27/11/2023 Valor Pago: R\$ 254,59 Nosso Número/Boixa: 0123079557