

**SEGUNDO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE
EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA

EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO SETOR ENERGIA

Emissões de Gases de Efeito Estufa no Transporte Aéreo



Ministério da Ciência e Tecnologia
2010

PRESIDENTE DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
LUÍS INACIO LULA DA SILVA

VICE-PRESIDENTE DA REPÚBLICA
JOSÉ DE ALENCAR GOMES DA SILVA

MINISTRO DE ESTADO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SERGIO MACHADO REZENDE

SECRETÁRIO EXECUTIVO
LUÍZ ANTONIO RODRIGUES ELIAS

SECRETÁRIO DE POLÍTICAS E PROGRAMAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO
LUÍZ ANTONIO BARRETO DE CASTRO

EXECUÇÃO

COORDENADOR GERAL DE MUDANÇAS GLOBAIS DE CLIMA
JOSÉ DOMINGOS GONZALEZ MIGUEZ

COORDENADOR TÉCNICO DO INVENTÁRIO
NEWTON PACIORNIK

**SEGUNDO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE
EMISSÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA

EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO SETOR ENERGIA

Emissões de Gases de Efeito Estufa no Transporte Aéreo

Elaborado por:

Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC
Superintendência de Aeronavegabilidade - SAR
Núcleo de Estudos em Proteção Ambiental - NEPA

Autores:

Daniel Nicolato Epitácio Pereira
Alexandre Rodrigues Filizola

Ministério da Ciência e Tecnologia
2010

Publicação do Ministério da Ciência e Tecnologia

Para obter cópias adicionais deste documento ou maiores informações, entre em contato com:

Ministério da Ciência e Tecnologia
Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento
Departamento de Programas Temáticos
Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima
Esplanada dos Ministérios Bloco E 2º Andar Sala 268
70067-900 - Brasília - DF
Telefone: 61 3317-7923 e 3317-7523
Fax: 61 3317-7657
e-mail: cpmg@mct.gov.br
<http://www.mct.gov.br/clima>

Revisão:

Ana Carolina Avzaradel
Newton Paciornik
Garna Kfuri
Danielly Godiva Santana de Souza

Revisão de Editoração:

Márcia dos Santos Pimenta

A realização deste trabalho só foi possível com o apoio financeiro e administrativo do:

Fundo Global para o Meio Ambiente - GEF

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD

Projeto BRA/95/G31

EQSW 103/104 lote 1 bloco D Setor Sudoeste.

70670-350 - Brasília - DF

Telefone: 61 3038-9065

Fax: 613038-9009

e-mail: registry@undp.org.br

<http://www.undp.org.br>

Agradecimentos:

Expressamos nossa mais profunda gratidão, pelos constantes incentivos e apoio em todos os momentos aos trabalhos realizados, ao Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, Dr. Sérgio Rezende, e ao Secretário Executivo, Dr. Luis Elias. Estendemos nossos agradecimentos ao Dr. Eduardo Campos, que ocupou a pasta de 2004 a 2005 e ao Dr. Luiz Fernandes, que representou a Secretaria Executiva de 2004 a 2007.

Agradecemos às equipes do GEF, do PNUD e da ABC/MRE por meio dos dirigentes dessas instituições: Sra. Monique Barbut, Dr. Jorge Chediek e Ministro Marco Farani, respectivamente, e, em particular, algumas pessoas muito especiais sem as quais a realização desse trabalho não teria sido possível: Robert Dixon, Diego Massera e Oliver Page, do GEF; Rebeca Grynstan, do PNUD/Latino América e Caribe; Kim Bolduc, Eduardo Gutierrez, Carlos Castro, Rose Diegues, Luciana Brant, do PNUD-Brasil, bem como Márcio Corrêa e Alessandra Ambrosio, da ABC/MRE. Agradecemos, igualmente, à equipe da ASCAP/MCT, por meio de sua dirigente, Dra. Ione Egler. Agradecemos, por fim, à equipe da Unidade de Supervisão Técnica e Orientação Jurídica do PNUD-Brasil. A todas essas pessoas, por seu apoio e liderança neste processo, nosso mais sincero agradecimento.

Índice

	Página
Apresentação _____	9
Sumário Executivo _____	10
1. Introdução _____	12
2. Metodologia _____	12
2.1 Tier 1 _____	13
2.2 Tier 2 _____	13
2.3 Estabelecimento de uma série temporal consistente _____	14
2.4 Hipóteses Adotadas _____	15
2.4.1 Gasolina de aviação _____	15
2.4.2 Aviação não regular _____	15
2.4.3 Consumo de querosene não declarado _____	15
2.4.4 Perdas e variação de estoques _____	15
2.4.5 Consumo de combustível nacional _____	15
2.4.6 Consumo de combustível em atividades militares _____	16
2.4.7 Etapas domésticas de vôos internacionais _____	16
2.4.8 Relação entre número de etapas e consumo de combustível _____	17
2.4.9 Emissões de metano _____	17
3. Dados _____	17
3.1 Fatores de emissão e propriedades de combustíveis _____	17
3.2 Consumo de Combustíveis _____	21
3.2.1 Dados da ANP e do BEN _____	21
3.2.2 Dados da ANAC _____	22
3.3 Movimento das aeronaves _____	25
3.4 Tratamento dos dados _____	25
3.4.1 Tratamento dos dados de consumo _____	25
3.4.2 Tratamento dos dados dos movimentos _____	31
4. Resultados _____	33
4.1 Tier 1 _____	33
4.2 Tier 2 _____	34

4.3	Compatibilização das estimativas obtidas com métodos <i>Tier 1</i> e <i>Tier2</i> _____	35
4.4	Resultados consolidados _____	37
5.	Referências Bibliográficas _____	42

Lista de Tabelas

	Página
<i>Tabela 1 - Propriedades físicas e fatores de emissão dos combustíveis de aviação</i>	18
<i>Tabela 2 - Equivalência entre as aeronaves em uso no Brasil e as aeronaves de referência do Guidelines 2006 e fatores de emissão de NO_x (em massa) para atividade de cruzeiro por tipo de aeronave</i>	19
<i>Tabela 3 - Consumo de querosene de aviação por LTO e fatores de emissão em LTO</i>	20
<i>Tabela 4 - Vendas pelas distribuidoras de combustíveis de aviação a cada ano.</i>	22
<i>Tabela 5 - Dados totalizados de consumo (em litros) de combustíveis de aviação por companhias brasileiras para cada ano.</i>	23
<i>Tabela 6 - Totais de consumo (em litros) por tipo de aeronave de referência de companhias brasileiras de aviação regular em vôos domésticos e internacionais.</i>	24
<i>Tabela 7 - Número de LTOs domésticos e internacionais da aviação suplementar e consumos correspondentes a esses trechos</i>	26
<i>Tabela 8 - Combustíveis de aviação consumidos em trechos domésticos e internacionais</i>	27
<i>Tabela 9 - Categorias de aeronaves usadas na estimativa de consumo de QAV por companhias estrangeiras</i>	29
<i>Tabela 10 - Número de LTOs por tipo de aeronave de referência, em trechos nacionais por companhias brasileiras (NB), internacionais por companhias brasileiras (IB), nacionais por estrangeiras (NE) e internacionais por estrangeiras (IE)</i>	32
<i>Tabela 11 - Emissões em vôos domésticos utilizando a metodologia Tier 1</i>	33
<i>Tabela 12 - Emissões em vôos internacionais utilizando a metodologia Tier 1</i>	34
<i>Tabela 13 - Emissões em vôos domésticos utilizando a metodologia Tier 2</i>	34
<i>Tabela 14 - Emissões em vôos internacionais utilizando a metodologia Tier 2</i>	35
<i>Tabela 15 - Emissões em vôos domésticos</i>	37
<i>Tabela 16 - Emissões em vôos internacionais</i>	38

Lista de Figuras

	Página
<i>Figura 1 - Consumo de gasolina de aviação</i> _____	27
<i>Figura 2 - Consumo de querosene de aviação</i> _____	28
<i>Figura 3 - Comparação dos resultados Tier 1 e Tier 2 para os anos de 2005 a 2007 para o CO₂</i> __	35
<i>Figura 4 - Comparação dos resultados Tier 1 e Tier 2 para os anos de 2005 a 2007 para o CH₄</i> __	36
<i>Figura 5 - Comparação dos resultados Tier 1 e Tier 2 para os anos de 2005 a 2007 para o N₂O</i> __	36
<i>Figura 6 - Comparação dos resultados Tier 1 e Tier 2 para os anos de 2005 a 2007 para o NO_x</i> __	36
<i>Figura 7 - Emissões Anuais de CO₂</i> _____	38
<i>Figura 8 - Emissões anuais de CH₄</i> _____	39
<i>Figura 9 - Emissões anuais de N₂O</i> _____	39
<i>Figura 10 - Emissões anuais de NO_x</i> _____	40
<i>Figura 11 - Emissões anuais de CO</i> _____	40
<i>Figura 12 - Emissões anuais de NMVOC</i> _____	41
<i>Figura 13 - Emissões anuais de SO₂</i> _____	41

Apresentação

O Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal (Inventário) é parte integrante da Comunicação Nacional à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Convenção de Mudança do Clima). A Comunicação Nacional é um dos principais compromissos de todos os países signatários da Convenção de Mudança do Clima.

A responsabilidade da elaboração da Comunicação Nacional é do Ministério da Ciência e Tecnologia, ministério responsável pela coordenação da implementação da Convenção de Mudança do Clima no Brasil, conforme divisão de trabalho no governo que foi estabelecida em 1992. A Segunda Comunicação Nacional Brasileira foi elaborada de acordo com as Diretrizes para Elaboração das Comunicações Nacionais dos Países não Listados no Anexo I da Convenção (países em desenvolvimento) (Decisão 17/CP.8 da Convenção) e as diretrizes metodológicas do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC).

Em atenção a essas Diretrizes, o presente Inventário é apresentado para o ano base de 2000. Adicionalmente são apresentados os valores referentes aos outros anos do período de 1990 a 2005. Em relação aos anos de 1990 a 1994, o presente Inventário atualiza as informações apresentadas no Primeiro Inventário.

Como diretriz técnica básica, foram utilizados os documentos elaborados pelo Painel Intergovernamental de Mudança Global do Clima (IPCC) *“Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”* publicado em 1997, o documento *“Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories”* publicado em 2000 e o documento *“Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry”* publicado em 2003. Algumas das estimativas já levam em conta informações publicadas no documento *“2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”* publicado em 2006.

De acordo com as diretrizes, o Inventário deve ser completo, acurado, transparente, comparável, consistente e ser submetido a processo de controle de qualidade.

A elaboração do Inventário contou com a participação ampla de entidades governamentais e não-governamentais, incluindo ministérios, institutos, universidades, centros de pesquisa e entidades setoriais da indústria. Os estudos elaborados resultaram em um conjunto de Relatórios de Referência, do qual o este relatório faz parte, contendo as informações utilizadas, descrição da metodologia empregada e critérios adotados.

Todos os Relatórios de Referência foram submetidos a uma consulta ampla de especialistas que não participaram na elaboração do Inventário diretamente, como parte do processo de controle e garantia de qualidade. Esse processo foi essencial para assegurar a qualidade e a correção da informação que constitui a informação oficial do governo brasileiro submetida à Convenção de Mudança do Clima.

Sumário Executivo

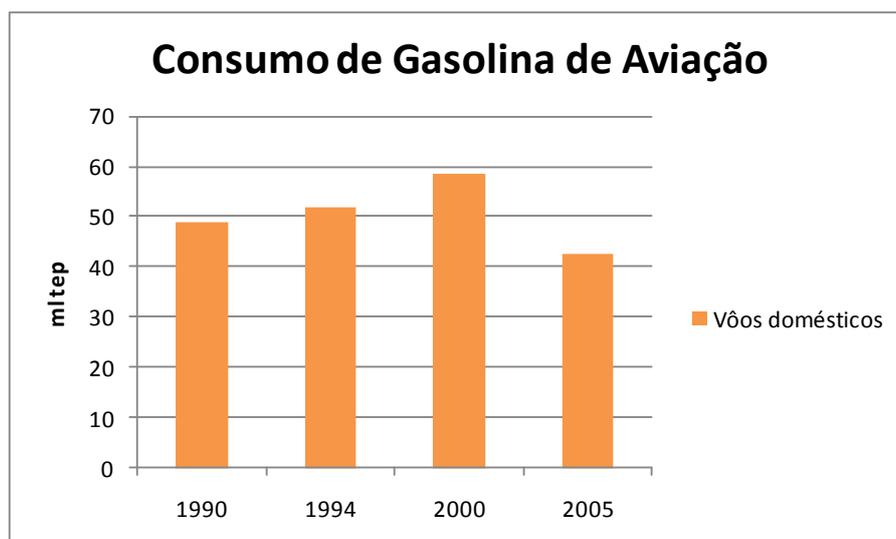
Este relatório foi elaborado pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) por solicitação do Ministério da Ciência e Tecnologia e apresenta as estimativas de emissões de gases de efeito estufa referentes ao transporte aéreo no Brasil.

Foram estimadas as emissões de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e óxidos de nitrogênio (NO_x), provenientes da queima de combustível de aviação, para o período de 1990 a 2007. Também foram estimadas as emissões de monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis exceto metano (abreviados pela sigla em inglês, NMVOC) e dióxido de enxofre (SO₂) para os anos de 2005 a 2007.

De acordo com as diretrizes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC, sigla em inglês), apenas as emissões provenientes de vôos domésticos devem ser contabilizadas no inventário nacional. As emissões decorrentes de queima de combustíveis em atividade aérea internacional (*bunker fuels*) devem ser informadas separadamente. Além disso, apenas as emissões derivadas do consumo de combustível adquirido em cada país devem ser consideradas em seu inventário.

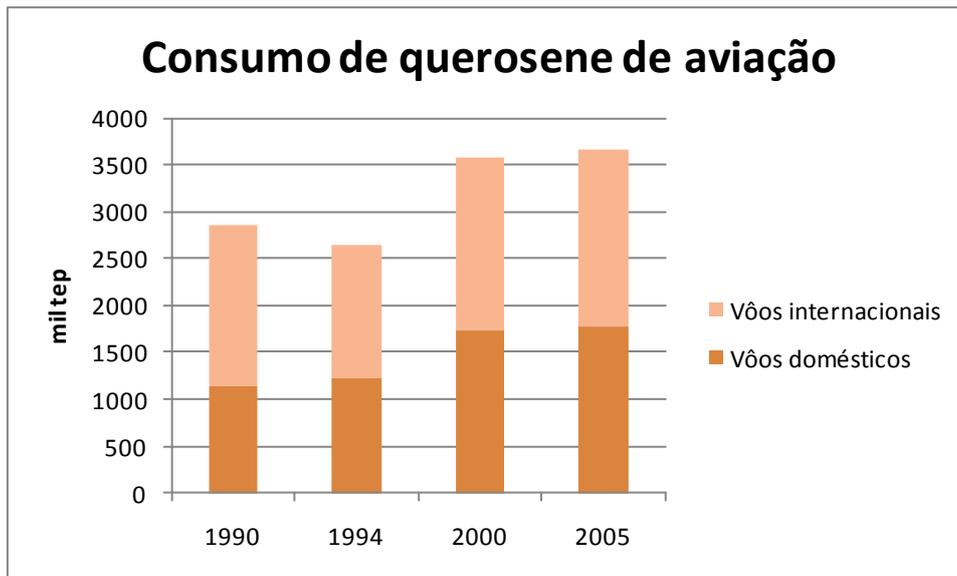
A Figura I e a Figura II apresentam o consumo de gasolina de aviação (AVGAS) e querosene de aviação (QAV), respectivamente, para os anos de 1990, 1994, 2000 e 2005, com base em dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Balanço Energético Nacional (BEN) e ANAC. Assume-se que toda a gasolina de aviação adquirida no Brasil é utilizada em vôos domésticos.

Figura I - Consumo de gasolina de aviação



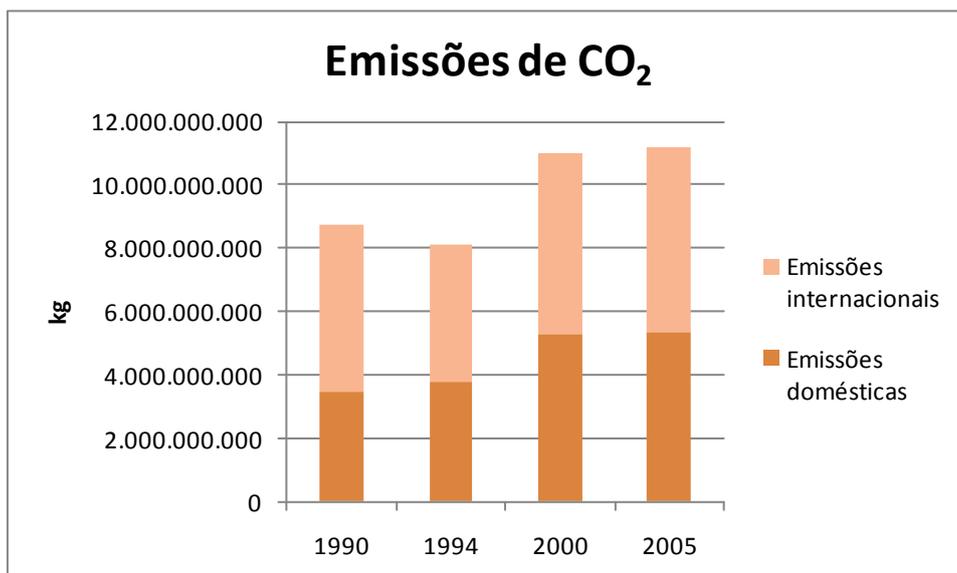
Observa-se uma redução do consumo de gasolina de aviação de 12,7% entre 1990 e 2005.

Figura II - Consumo de querosene de aviação



Observa-se um aumento de 56,3% no consumo de querosene de aviação para transporte doméstico e 11,0% no consumo de querosene de aviação no transporte internacional no período de 1990 a 2005.

A Figura III, a seguir, apresenta as estimativas de emissão de CO₂ para os anos de 1990, 1994, 2000 e 2005.

Figura III - Emissões de CO₂

As emissões de CO₂ de vôos domésticos cresceram 53,4 % no período de 1990 a 2005, enquanto as emissões de CO₂ de vôos internacionais cresceram apenas 11,0% no mesmo período.

1. Introdução

Na estrutura do Segundo Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (Inventário) o transporte aéreo é um subsetor do setor Energia. Como tal, suas emissões são incluídas nos Relatórios de Referência gerais do setor (*Top-Down* e *Bottom-Up*).

Este relatório complementa aqueles relatórios, apresentando as emissões de gases de efeito estufa (GEE) da aviação civil de forma detalhada e, quando possível, utilizando metodologias de maior complexidade.

Foram estimadas as emissões de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e óxidos de nitrogênio (NO_x), provenientes da queima de combustível de aviação, para o período de 1990 a 2007. Também foram estimadas as emissões de monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis exceto metano (NMVOC) e dióxido de enxofre (SO₂) para os anos de 2005 a 2007. Embora o período coberto pelo Inventário se encerre no ano de 2005, optou-se por recorrer aos dados de 2005 a 2007, uma vez que estes apresentam um maior detalhamento, contribuindo para a melhoria das estimativas do subsetor.

2. Metodologia

A metodologia adotada neste relatório é a definida no documento *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Guidelines 1996)* complementada pelas recomendações do *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories (Good Practice Guidance 2000)* e do *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Guidelines 2006)*.

De acordo com essas orientações, as emissões decorrentes de queima de combustíveis em atividade aérea internacional (*bunker fuels*) devem ser informadas separadamente daquelas correspondentes a vôos domésticos. Além disso, para evitar que as mesmas emissões sejam relatadas por dois ou mais países, apenas as emissões correspondentes ao consumo de combustível adquirido em cada país devem ser consideradas em seu inventário.

O IPCC classifica as metodologias de acordo com os seus diferentes níveis de detalhamento (*tiers*). Quanto maior o *tier* empregado, mais complexo é o cálculo das emissões e maior é a quantidade e o detalhamento das informações necessárias, visando obter resultados mais precisos. Dentre essas metodologias, foi adotada para cada ano, a mais detalhada possível, em função dos dados disponíveis quanto ao consumo de combustível e/ou movimentos de aeronaves. Para os anos de 2005 a 2007 foi possível utilizar a metodologia *Tier 2*. Em relação aos anos de 1990 a 2004, é utilizada a metodologia *Tier 1*, já que nesses anos a informação disponível é

limitada. De forma a permitir a construção de uma série temporal consistente, totais de emissão também foram calculados com *Tier 1* para os anos de 2005 a 2007.

2.1 Tier 1

O método *Tier 1* baseia-se apenas no consumo de combustível agregado da aviação civil, incluindo todas as fases dos vôos, e em fatores de emissão médios. As emissões são calculadas com base na fórmula a seguir:

$$Emissões_{i,j} = ConsumoTotal_j \times FatorEmissão_{i,j}$$

para cada gás i e tipo de combustível j .

Há apenas dois tipos de combustíveis a serem considerados na aviação brasileira, o querosene de aviação (QAV) e a gasolina de aviação (AVGAS)¹. Portanto, ao se calcular os totais de emissão de cada gás i , tem-se:

$$Emissões_i = ConsumoTotal_{QAV} \times FatorEmissão_{i,QAV} + \\ ConsumoTotal_{AVGAS} \times FatorEmissão_{i,AVGAS}$$

Os gases considerados nos cálculos *Tier 1* são o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nítrico (NO₂) e o grupo formado pelo óxido nítrico (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO₂), designados em conjunto como NO_x.

Os cálculos são feitos separadamente para consumo em vôos domésticos e consumo em vôos internacionais.

2.2 Tier 2

O cálculo das emissões pelo método *Tier 2* emprega, além de informações sobre o consumo de combustível, dados sobre movimentos e tipos de aeronaves. As emissões são obtidas separadamente para os ciclos LTO² e para o vôo em cruzeiro. Aplica-se esse método apenas para

¹ Existe ainda um terceiro tipo de combustível em uso em aeronaves no Brasil: o álcool. No entanto há atualmente apenas um tipo de aeronave certificada para voar com álcool combustível, e esta aeronave é utilizada apenas em operações agrícolas, de forma que o seu consumo é pouco expressivo em relação ao dos demais combustíveis e foi considerada desprezível para os fins deste trabalho. Vale notar que como a obtenção do combustível se dá em postos rodoviários ou, no caso de usinas sucroalcooleiras, no local de produção, seria muito difícil estimar a fração do consumo de álcool correspondente à aviação.

² LTO é a abreviatura para *landing and take-off*, cuja tradução para português seria pouso/decolagem. O ciclo LTO é definido pelo IPCC, para fins de cálculo de emissões no *Tier 2*, como aquele que inclui toda a operação abaixo de 3.000 pés (914 m).

o consumo de querosene de aviação. Conhecendo-se o número de LTOs realizado com cada aeronave, pode-se calcular o consumo de combustível e as emissões em LTOs como³:

$$\text{ConsumoLTO}_n = \text{NúmeroLTO}_n \times \text{ConsumoPorLTO}_n$$

$$\text{EmissõesLTO}_{i,n} = \text{NúmeroLTO}_n \times \text{FatorEmissãoLTO}_{i,n}$$

para cada gás i e tipo de aeronave n .

É necessário conhecer uma estimativa do consumo de combustível por ciclo LTO e o fator de emissão de cada gás por LTO para cada tipo de aeronave. O consumo de combustível em cruzeiro é obtido, então, a partir da diferença entre o consumo total para cada tipo de aeronave e o respectivo consumo em LTOs:

$$\text{ConsumoCruzeiro}_n = \text{ConsumoTotal}_n - \text{ConsumoLTO}_n$$

Finalmente, as emissões em cruzeiro são calculadas como:

$$\text{EmissõesCruzeiro}_{i,n} = \text{ConsumoCruzeiro}_n \times \text{FatorEmissãoCruzeiro}_{i,n}$$

Os gases considerados nos cálculos *Tier 2* são os mesmos considerados no *Tier 1* aos quais se adiciona, nos ciclos LTO, o monóxido de carbono (CO), os compostos orgânicos voláteis excluindo o metano (NMVOC) e o dióxido de enxofre (SO₂). No que se refere à etapa de cruzeiro, as emissões de metano são consideradas desprezíveis. Assim como no caso do *Tier 1*, vôos domésticos e internacionais devem ser tratados separadamente.

2.3 Estabelecimento de uma série temporal consistente

Nas situações em que se aplica *tiers* diferentes para anos diferentes (como é o caso deste relatório) o IPCC recomenda que se ajuste os resultados obtidos com *tiers* menores de forma a se obter uma série temporal consistente. Neste trabalho se emprega o método de sobreposição como descrito pelo IPCC (*Guidelines 2006*, p. 5.8) para ajustar os resultados obtidos com o *Tier 1* de forma a compatibilizá-lo com os resultados obtidos com o *Tier 2*. Para estabelecer o fator de ajuste, utiliza-se os anos para os quais é possível calcular as emissões utilizando ambos os *tiers* (anos de a a b). As emissões calculadas com o *Tier 1* para o ano n são ajustadas utilizando a fórmula:

³ O IPCC apresenta dois níveis para a metodologia *Tier 2*, uma metodologia mais simples (*Tier 2a*) que requer apenas o total de movimentos e aplica fatores médios para a frota, e a metodologia (*Tier 2b*) aqui descrita onde os movimentos de cada tipo de aeronave são computados separadamente.

$$EmissõesAjustadas_n = EmissõesTier1_n \times \left[\frac{1}{b-a+1} \sum_{i=a}^b \frac{EmissõesTier2_i}{EmissõesTier1_i} \right]$$

2.4 Hipóteses Adotadas

No que se refere aos procedimentos de tratamento e processamento dos dados utilizados neste relatório, foi necessário adotar algumas hipóteses, essencialmente para lidar com a falta de informações específicas. É possível que uma ou mais dessas hipóteses possam ser dispensadas no futuro em favor de informações concretas, à medida que mais fontes de dados se tornem disponíveis.

2.4.1 Gasolina de aviação

O consumo de gasolina de aviação (AVGAS) em vôos internacionais não pôde ser identificado nas bases de dados consultadas. Este consumo foi considerado desprezível, tendo em vista que o emprego de AVGAS se restringe a pequenas aeronaves, com motor a pistão e de alcance limitado.

2.4.2 Aviação não regular

Considerou-se desprezível o consumo de combustível do tráfego internacional relacionado às atividades de táxi aéreo e serviços aéreos especializados. No que se refere à aviação suplementar (serviços aéreos não regulares e fretamentos), mesmo o tráfego sendo relativamente pequeno e consequentemente também o seu consumo, este último é considerado, a partir de aproximações, nos anos em que há dados suficientes para tanto.

2.4.3 Consumo de querosene não declarado

Devido às características técnicas das aeronaves tipicamente utilizadas em táxi aéreo, serviços especializados ou particulares, a maioria com motores a pistão e que utilizam, portanto, gasolina de aviação, foi considerado, neste relatório, que atividades não registradas no Anuário de Transporte Aéreo da ANAC correspondem a uma parcela desprezível do consumo de querosene de aviação.

2.4.4 Perdas e variação de estoques

Considerou-se também desprezível a estocagem de combustível pelos usuários finais, bem como a parcela eventualmente perdida por vazamentos, evaporação etc. Dessa forma, assumiu-se que todo o combustível distribuído foi efetivamente consumido em atividades de aviação no mesmo ano.

2.4.5 Consumo de combustível nacional

De acordo com o *Good Practice Guidance 2000* é altamente recomendável que cada país, ao inventariar as emissões correspondentes ao transporte aéreo internacional, leve em conta apenas

aqueles decorrentes de combustível adquirido no próprio país de forma a evitar duplicação entre as emissões inventariadas pelos diversos países.

O consumo de combustível informado diretamente pelas companhias (ANAC, 1996-2008), em princípio, engloba o quantitativo total relativo às suas operações, sem distinção de origem. Em vôos domésticos, admite-se que todo o combustível consumido é de origem nacional. Em vôos internacionais, no entanto, espera-se que parte do combustível seja adquirida fora do país. Portanto, o consumo de combustível em vôos internacionais informado pelas companhias aéreas à ANAC não é adotado diretamente, mas é ajustado aos dados de distribuição fornecidos pela ANP.

2.4.6 Consumo de combustível em atividades militares

As atividades de aviação de natureza militar não foram alvo de estudo. As atividades militares deveriam ser relatadas separadamente da aviação civil, mas certamente, já que este trabalho se baseia no combustível total consumido no país, há uma pequena parcela das emissões relatadas aqui que se origina em atividades militares. Pela carência de dados, não é possível distinguir, neste momento, o tamanho desta parcela, mas é de se esperar que seja pequena.

2.4.7 Etapas domésticas de vôos internacionais

De acordo com o *Good Practice Guidance 2000*, vôos de múltiplas etapas devem ter cada etapa classificada como doméstica ou internacional. No caso de vôos internacionais, classifica-se uma etapa como doméstica apenas se implicar no transporte de passageiros ou carga embarcados em um ponto de um país e a serem desembarcados em outro ponto dentro do mesmo país. Em qualquer outro caso a etapa é classificada como internacional. Por exemplo, suponha-se um vôo que parta de um ponto A no Brasil com destino final no exterior e que faça uma parada intermediária no ponto B, também localizado em território brasileiro. Se houver desembarque em B de cargas ou passageiros embarcados em A, considera-se doméstica a etapa A-B. Caso não haja embarque ou desembarque em B, ou haja apenas embarque de passageiros ou cargas adicionais destinados ao exterior, essa etapa deve ser incluída nos totais de transporte aéreo internacional.

Neste relatório, assume-se que em vôos internacionais conduzidos por companhias aéreas nacionais, etapas dentro do Brasil sempre se enquadram na definição do IPCC para etapas domésticas, já que se espera que essas companhias, em geral, aproveitem essas ocasiões para transporte entre pontos no país, elevando assim suas taxas de ocupação.

Por outro lado, companhias aéreas estrangeiras operando vôos de ou para o Brasil não executam atualmente operações que caracterizem etapas domésticas, de forma que todas as etapas realizadas por companhias estrangeiras foram consideradas como internacionais.

2.4.8 Relação entre número de etapas e consumo de combustível

Quando a informação sobre o consumo de combustível não estava disponível, foi admitida em muitos casos uma proporcionalidade entre a quantidade de vôos realizada com certo tipo de aeronave e o consumo de combustível correspondente. No caso de vôos internacionais, devido ao fato de as distâncias percorridas variarem muito, essa aproximação se torna menos consistente. Por isso, a proporcionalidade foi aplicada a dois grupos distintos de tipos de aeronaves, em separado, como explicado na seção 5.1.

2.4.9 Emissões de metano

Segundo as recomendações do *Guidelines 1996*, baseadas em Wiesen et al. (1994), as emissões de CH₄ em atividade de cruzeiro são consideradas insignificantes. Apenas as emissões deste gás ocorridas durante ciclos LTO são consideradas.

3. Dados

3.1 Fatores de emissão e propriedades de combustíveis

Conforme já mencionado, os combustíveis empregados na aviação brasileira são: gasolina de aviação e querosene de aviação. Para o cálculo das emissões pelo *Tier 1*, foram adotados os valores padrão do *Guidelines 2006* de fatores de emissão e poder calorífico para cada combustível (Tabela 1). Para a densidade média de cada combustível, adotaram-se os dados divulgados através do BEN (2008). A conversão para tep utilizou dados fornecidos pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), de modo a manter consistência com os cálculos realizados para os demais subsetores do setor Energia, estimados de acordo com a abordagem *Bottom-up*⁴.

Os valores de poder calorífico foram empregados para converter os fatores de emissão, originalmente expressos em massa de gás emitida por energia empregada, em unidades de conversão de massa de combustível em massa de gás emitido:

$$FatordeEmissãoMassa = PoderCalorífico \times FatordeEmissãoEnergia$$

⁴ Para maiores detalhes, vide Relatório de Referência de Emissões de Gases de Efeito Estufa por Queima de Combustíveis: abordagem *Bottom-up*.

Tabela 1 - Propriedades físicas e fatores de emissão dos combustíveis de aviação

Propriedade	Querosene de Aviação	Gasolina de Aviação	Unidade	Fonte
Fator de emissão de CO ₂	71500	70000	kg/TJ	IPCC 2006
Fator de emissão CH ₄	0,5	0,5	kg/TJ	IPCC 2006
Fator de emissão N ₂ O	2	2	kg/TJ	IPCC 2006
Fator de emissão NO _x	250	250	kg/TJ	IPCC 2006
Poder calorífico inferior	44,1	44,3	TJ/Gg	IPCC 2006
Fator de emissão (massa) de CO ₂	3,15	3,10	kg/kg	Calculado
Fator de emissão (massa) de CH ₄	0,02205	0,02215	kg/t	Calculado
Fator de emissão (massa) de N ₂ O	0,0882	0,0886	kg/t	Calculado
Fator de emissão (massa) de NO _x	11,025	11,075	kg/t	Calculado
Densidade média	0,790	0,720	kg/m ³	EPE 2010

Para o *Tier 2*, os fatores de emissão referentes às atividades em cruzeiro para o CO₂ e o N₂O são os mesmos que constam na Tabela 1. Fatores de emissão em atividade de cruzeiro específicos por tipo de aeronave representativa (IPCC, 2006) são adotados para as emissões de NO_x.

Cada uma das aeronaves em atividade no Brasil de 2005 a 2007 foi equiparada, para fins deste trabalho, a uma dessas aeronaves representativas. Os tipos de aeronave não mencionados expressamente nas diretrizes do IPCC (especificamente A318, A748, AC90, AT43, AT45, B701, C208, CL30, DC91, DC93, E110, E120, E135, F27, F2TH, F50, H25A, HS5B, L410, MD82, PAT4, SBR1) foram associados a aeronaves representativas, tendo como base, principalmente, a quantidade e potência individual de seus motores. A classificação adotada das aeronaves e os fatores de emissão para NO_x das atividades em cruzeiro para uso de acordo com o *Tier 2* são mostrados na Tabela 2.

Os fatores de emissão em ciclos de LTO, expressos em peso de gás emitido por ciclo assim como o consumo de combustível médio por ciclo, para cada tipo de aeronave representativa são também obtidos do *Guidelines 2006*. Os fatores de emissão de CO₂ são calculados a partir do consumo médio por ciclo e do fator de emissão da Tabela 1. Esses fatores são apresentados na Tabela 3.

Tabela 2 - Equivalência entre as aeronaves em uso no Brasil e as aeronaves de referência do *Guidelines 2006* e fatores de emissão de NO_x (em massa) para atividade de cruzeiro por tipo de aeronave

Aeronave Representativa (IPCC, 2006)	Tipos de Aeronave (código ICAO)	Fator de Emissão de NO _x (kg/t)
707	B701, B703	5,9
727-100	B721	8,7
727-200	B722	9,5
737-100/200	B732	8,7
737-300/400/500	B733, B734, B735	11,0
737-600	B736	12,8
737-700	B737	12,4
737-800/900	B738, B739	14,0
747-100	B741	15,5
747-200	B742	12,8
747-300	B743	15,2
747-400	B744	12,4
757-200	B752	11,8
757-300	B753	9,8
767-200	B762	13,3
767-300	B763	14,3
767-400	B764	13,7
777-200/300	B772, B773	14,1
A310	A310	12,2
A319	A318, A319	11,6
A320	A320	12,9
A321	A321	16,1
A330-200/300	A332, A333	13,8
A340-200	A342	14,5
A340-300	A343	14,6
A340-500/600	A345, A346	13,0
ATR 72-500	A748, AT45, AT72, F27, F50	14,2
Beech King Air	AC90, BE9L, C208, E110, L410, PAT4	8,5
Cessna 525/560	CL30, F2TH, H25A, H25B, MD82, SBR1	7,2
DC-10	DC10	13,9
DC-8-50/60/70	DC85, DC86, DC87	10,8
DHC8-100	AT43, E120	12,8
ERJ-145	E135, E145	7,9
Fokker 100/70/28	DC91, DC93, F100, F28, F70	8,4
L-1011	L101	15,7
MD-11	MD11	13,2
TU-154-M	T154	9,1

Tabela 3 - Consumo de querosene de aviação por LTO e fatores de emissão em LTO

Aeronave (ref. IPCC)	Consumo combustível	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂
	(kg/LTO)							
707	1860	5864,86	9,75	0,2	10,96	92,37	87,71	1,86
727-100	1260	3972,97	0,69	0,1	9,23	24,44	6,25	1,26
727-200	1460	4603,60	0,81	0,1	11,97	27,16	7,32	1,46
737-100/200	870	2743,24	0,45	0,1	6,74	16,04	4,06	0,87
737-300/400/500	780	2459,46	0,08	0,1	7,19	13,03	0,75	0,78
737-600	720	2270,27	0,10	0,1	7,66	8,65	0,91	0,72
737-700	780	2459,46	0,09	0,1	9,12	8,00	0,78	0,78
737-800/900	880	2774,77	0,07	0,1	12,30	7,07	0,65	0,88
747-100	3210	10121,61	4,84	0,3	49,17	114,59	43,59	3,21
747-200	3600	11351,34	1,82	0,4	49,52	79,78	16,41	3,60
747-300	3510	11067,56	0,27	0,4	65,00	17,84	2,46	3,51
747-400	3240	10216,21	0,22	0,3	42,88	26,72	2,02	3,24
757-200	1370	4319,82	0,02	0,1	23,43	8,08	0,20	1,37
757-300	1460	4603,60	0,01	0,1	17,85	11,62	0,10	1,46
767-200	1460	4603,60	0,33	0,1	23,76	14,80	2,99	1,46
767-300	1780	5612,61	0,12	0,2	28,19	14,47	1,07	1,77
767-400	1750	5518,01	0,10	0,2	24,80	12,37	0,88	1,75
777-200/300	2560	8072,06	0,07	0,3	52,81	12,76	0,59	2,56
A310	1510	4761,26	0,63	0,2	19,46	28,30	5,67	1,51
A319	730	2301,80	0,06	0,1	8,73	6,35	0,54	0,73
A320	770	2427,93	0,06	0,1	9,01	6,19	0,51	0,77
A321	960	3027,02	0,14	0,1	16,72	7,55	1,27	0,96
A330-200/300	2230	7031,52	0,13	0,2	35,57	16,2	1,15	2,23
A340-200	1860	5864,86	0,42	0,2	28,31	26,19	3,78	1,86
A340-300	2020	6369,36	0,39	0,2	34,81	25,23	3,51	2,02
A340-500/600	3370	10626,12	0,01	0,3	64,45	15,31	0,13	3,37
ATR 72-500	200	630,63	0,03	0,02	1,82	2,33	0,26	0,2
Beech King Air	70	220,72	0,06	0,01	0,3	2,97	0,58	0,07
Cessna 525/560	340	1072,07	0,33	0,03	0,74	34,07	3,01	0,34
DC-10	2310	7283,78	0,24	0,2	35,65	20,59	2,13	2,31
DC-8-50/60/70	1700	5360,36	0,15	0,2	15,62	26,31	1,36	1,7
DHC8-100	200	630,63	0	0,02	1,51	2,24	0	0,2
ERJ-145	310	977,48	0,06	0,03	2,69	6,18	0,5	0,31
Fokker 100/70/28	760	2396,39	0,14	0,1	5,75	13,84	1,29	0,76
L-1011	2310	7283,78	7,4	0,2	31,64	103,33	66,56	2,31
MD-11	2310	7283,78	0,24	0,2	35,65	20,59	2,13	2,31
TU-154-M	1890	5959,45	1,32	0,2	12	82,88	11,85	1,89

Fonte: Guidelines 2006

3.2 Consumo de Combustíveis

O consumo de combustível de aviação no Brasil foi obtido de diversas fontes. Uma das fontes empregadas foi a ANP, da qual foram obtidos os dados de distribuição de combustíveis de aviação. Esses dados foram fornecidos diretamente pela ANP por solicitação especial da ANAC e foram complementados por informações do BEN, como explicado na próxima seção.

Foram também empregados os dados de consumo coletados pela própria ANAC e publicados em seu Anuário do Transporte Aéreo, volumes I e II (1996-2008).

3.2.1 Dados da ANP e do BEN

Os dados fornecidos pela ANP compreendem as vendas, pelas distribuidoras, dos combustíveis de aviação ao longo de cada ano, a partir de 1990, separados por estado da federação e classificados como “vôos domésticos” e “vôos internacionais”. No entanto, como informado pelo setor responsável pela transmissão dessas informações, essa classificação se baseia na nacionalidade da aeronave abastecida (brasileira ou estrangeira em trânsito, respectivamente), e não diretamente no tipo de vôo ao qual aquele combustível se destina. Portanto, essas categorias são interpretadas aqui como “combustível vendido a companhias brasileiras” e “combustível vendido a companhias estrangeiras”, respectivamente.

Esses dados foram adotados como valores de referência neste relatório, visto que, de acordo com o *Good Practice Guidance 2000*, o inventário deve considerar o total de combustíveis revendidos no país. Os valores são mostrados na Tabela 4. Os valores referentes à gasolina de aviação no período de 1990 a 1994 foram obtidos do BEN devido a inconsistências identificadas nos dados da ANP.

Tabela 4 - Vendas pelas distribuidoras de combustíveis de aviação a cada ano.

Ano	Gasolina de Aviação (l)	Querosene de Aviação (l)	
		Companhias Brasileiras	Companhias Estrangeiras
1990	63.546.768	2.770.212.085	665.910.518
1991	58.503.374	2.499.245.993	598.188.637
1992	50.433.943	2.335.938.432	651.486.609
1993	56.486.016	2.379.562.858	738.143.642
1994	67.581.483	2.455.272.700	728.245.201
1995	63.044.103	2.864.397.629	838.274.600
1996	66.924.200	3.062.491.687	961.093.072
1997	75.645.274	3.439.878.536	1.056.939.662
1998	81.192.531	3.810.374.357	1.186.698.063
1999	75.613.456	3.564.735.438	1.005.154.934
2000	75.939.616	3.431.763.222	900.918.786
2001	70.831.485	3.613.611.060	1.204.641.529
2002	63.342.142	3.324.835.363	1.111.539.097
2003	58.896.797	2.623.567.717	1.348.834.225
2004	61.427.067	2.865.057.716	1.344.343.499
2005	55.463.704	2.986.373.165	1.443.102.331
2006	52.262.188	2.897.119.628	1.568.842.406
2007	54.743.753	3.065.298.401	1.825.298.354

Com base nas premissas mencionadas na seção 2.4.4, a quantidade de combustível consumido no Brasil em um dado ano foi considerada igual à quantidade de combustível distribuído.

Essas informações, em conjunto com o consumo de combustíveis registrado pela ANAC (discutido a seguir) para vôos domésticos de companhias brasileiras, e, observado o tratamento de trechos domésticos de vôos internacionais, discutido em na seção 2.4.7, permitem determinar os totais de combustível empregados em vôos domésticos e em vôos internacionais, segundo as definições das diretrizes do IPCC.

3.2.2 Dados da ANAC

Os dados do Anuário do Transporte Aéreo da ANAC são compilados a partir de informações fornecidas por companhias particulares e empresas de transporte aéreo brasileiras.

Cada segmento do setor de transporte aéreo recebe um tratamento diferente. No caso particular de companhias de transporte aéreo regular há a especificação de consumo por tipo de aeronave, enquanto que para as demais atividades (táxi aéreo, aviação suplementar e serviços aéreos especializados) não existe essa especificação.

O consumo de combustível do segmento de transporte aéreo regular até 1999 foi obtido do Volume I de cada edição do Anuário (dados estatísticos), e a partir do ano de 2000, foi obtido do

Volume II (dados econômicos). Os dados dos demais segmentos para todos os anos considerados foram obtidos do volume II do Anuário⁵. Os dados totalizados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Dados totalizados de consumo (em litros) de combustíveis de aviação por companhias brasileiras para cada ano.

Ano	Aviação Regular (QAV)		Táxi Aéreo		Suplementares (QAV)	Serviços Especializados	
	Domésticos	Internacionais	AVGAS	QAV		AVGAS	QAV
1990	1.319.673.098	1.135.451.230	13.249.867	40.193.876	0	2.142.489	0
1991	1.500.491.835	1.230.542.638	10.258.013	38.548.582	5.267.510	3.406.295	0
1992	1.212.375.659	1.455.766.964	7.534.389	37.376.063	5.267.510	4.142.543	0
1993	1.300.538.371	1.476.247.766	2.636.920	34.331.720	34.447.622	3.119.837	0
1994	1.373.172.696	1.532.346.159	2.594.691	35.172.940	52.792.234	3.289.654	233.061
1995	1.509.488.776	1.705.648.784	4.181.375	24.283.394	3.718.362	6.184.764	0
1996	1.368.855.908	1.944.869.023	4.639.069	38.662.637	20.443.519	4.097.268	24.355
1997	1.623.790.734	2.044.847.583	5.104.886	37.944.850	41.277.088	3.386.830	284.746
1998	1.799.024.281	2.115.266.141	6.481.012	34.300.325	39.096.963	4.953.919	147.052
1999	1.891.600.622	1.607.125.480	7.972.042	42.197.159	35.703.682	6.041.102	258.990
2000	2.044.779.832	1.479.030.960	8.019.718	22.111.592	137.585	5.397.587	0
2001	2.134.178.505	1.434.861.898	5.067.329	22.503.334	41.638.393	5.002.039	312.315
2002	2.200.277.648	1.399.034.162	8.470.215	45.271.848	19.195.094	4.905.988	64.850
2003	1.878.199.699	1.254.255.406	7.460.801	33.817.581	68.385.155	6.105.865	349.601
2004	1.943.315.121	1.405.760.126	6.883.556	38.150.548	106.506.205	6.699.096	239.817
2005	2.030.487.451	1.478.154.954	8.551.145	46.539.629	0	4.449.072	91.700
2006	2.152.705.984	1.022.605.230	16.802.264	38.354.719	0	7.022.334	37.400
2007	2.311.313.603	1.055.717.265	49.196.783	52.835.065	0	10.765.155	301.314

A Tabela 6, a seguir, apresenta os dados de consumo da aviação regular compilados por tipo de aeronave para os anos de 2005 a 2007.

⁵ No que se refere aos dados da aviação regular, estes estão presentes no Volume I do Anuário Estatístico da ANAC até a edição referente a 2004, e no Volume II de 1999 até o presente. Há diferenças metodológicas entre os dois volumes, mas, nos anos de 1999 a 2004, para os quais os dados são informados tanto no Volume I quanto no Volume II, observa-se uma coerência entre as informações. A exceção é o ano de 2002, no qual se observa uma evidente superestimação do consumo doméstico registrado no Volume I, incompatível com outras informações como horas voadas, por exemplo. O ano 2000 foi escolhido neste relatório para a transição do uso do Volume I para o do Volume II pela grande proximidade entre os valores de ambos, o que possibilita produzir uma série temporal consistente, e também por ser anterior aos dados com problemas do ano de 2002 no Volume I.

Tabela 6 - Totais de consumo (em litros) por tipo de aeronave de referência de companhias brasileiras de aviação regular em vôos domésticos e internacionais.

Aeronave de referência	2005		2006		2007	
	Domésticos	Internacionais	Domésticos	Internacionais	Domésticos	Internacionais
707	11.811.772	0	15.726.196	0	5.768.937	0
727-100	13.206.845	34.542	11.875.658	48.180	0	0
727-200	54.771.562	7.723.314	74.976.409	1.029.863	46.992.213	2.503.191
737-100/200	16.194.979	1.995.016	25.214.690	2.583.092	28.065.487	0
737-300/400/500	540.022.368	62.825.708	420.274.100	31.834.190	348.788.172	37.103.109
737-700	270.901.046	14.454.617	327.097.496	24.486.871	339.839.012	25.160.714
737-800/900	95.594.255	31.743.037	144.974.937	39.314.300	305.610.112	82.510.487
757-200	30.738.476	42.520.753	9.340.794	27.326.147	20.985.389	13.979.419
767-300	31.878.209	165.957.558	3.317.360	161.443.747	4.603.303	150.136.888
777-200/300	13.997.428	258.676.977	5.531.668	100.953.508	0	0
A319	158.359.106	1.456.441	164.953.492	2.487.131	168.900.296	1.313.485
A320	416.233.846	61.317.404	566.889.244	64.687.134	772.039.218	95.675.192
A321	0	0	0	0	11.729.963	0
A330-200/300	20.093.732	176.521.243	14.060.415	236.950.725	18.214.033	341.242.217
A340-500/600	0	0	0	0	0	6.413.869
ATR 72-500	6.142.034	0	11.495.771	0	13.926.904	0
Beech King Air	3.504.979	0	4.080.554	0	11.331.694	0
DC-10	12.565.389	42.118.499	11.702.688	34.032.037	42.168.290	50.374.267
DC-8-50/60/70	38.564.484	0	43.469.461	0	19.592.981	0
DHC8-100	40.099.064	0	50.149.034	0	31.253.915	0
Fokker 100/70/28	190.288.328	1.130.921	211.637.840	671.203	118.233.804	47.137
MD-11	65.519.549	609.678.924	35.938.177	294.757.102	3.269.880	249.257.290

É importante notar que os dados do anuário não são, necessariamente, completos, podendo haver em alguns casos falha das companhias em relatar as informações a tempo de serem publicadas. Durante o trabalho de compilação dos dados de consumo, alguns equívocos evidentes foram corrigidos, como valores em unidades incorretas. Da mesma forma, o uso de códigos incorretos de aeronaves, quando detectado, foi corrigido.

Os dados da ANAC são usados para delimitar a fração de consumo de combustível comprado pelas companhias brasileiras que é destinada a vôos domésticos e, além disso, como fonte para o consumo de combustível específico em cada tipo de aeronave. Os dados relativos a vôos internacionais, no entanto, precisam ser ajustados, porque levam em conta o consumo total das companhias - e o inventário deve registrar apenas a parcela correspondente ao combustível adquirido no Brasil.

3.3 Movimento das aeronaves

O cálculo das emissões através do *Tier 2* e alguns ajustes adotados para o cálculo através do *Tier 1* requerem o uso de dados que incluam o número de ciclos LTO (*Landing-Take Off* - pouso e decolagem) para cada tipo de aeronave. Esses valores foram calculados pela ANAC a partir do processamento e da totalização de registros do sistema BIMTRA (Banco de Informações do Movimento de Tráfego Aéreo), criado e mantido pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Os dados do BIMTRA são armazenados sob a forma de descrição individual de cada operação de pouso, decolagem ou sobrevôo, totalizando milhões de registros a cada ano. Esses dados não são disponíveis publicamente - o acesso a eles é fruto de termo de cooperação entre o DECEA e a ANAC (Termo de Cooperação Específico N°002/DECEA-ANAC/2008).

O BIMTRA consiste em uma compilação de registros da movimentação real de aeronaves, efetuados por órgãos operacionais de controle do tráfego aéreo em todo o Brasil. Como cada órgão coleta as informações de forma independente, ocorre a redundância implícita de lançamentos (com o registro de um mesmo vôo, por exemplo, nos momentos da decolagem e do pouso). Assim, é reduzida a possibilidade de uma etapa não ser contabilizada por uma eventual falha na entrada dos dados.

Em contrapartida, pelo fato de os dados primários serem registrados por diversos operadores, espera-se, mesmo com a existência de mecanismos de conferência e validação, que o banco de dados contenha eventuais erros de entrada e omissões. Alguns desses problemas (como, por exemplo, erros na entrada de códigos de companhias ou dos aeródromos de origem e destino) puderam ser detectados e corrigidos durante o processamento dos dados, mas ainda assim é possível que haja pequenas distorções.

3.4 Tratamento dos dados

A seguir é apresentado o tratamento ao qual os dados de cada fonte foram submetidos antes que as emissões fossem calculadas.

3.4.1 Tratamento dos dados de consumo

Inicialmente, é feita uma estimativa para os anos de 2005 a 2007 para separar a parte do consumo das companhias suplementares referente a vôos internacionais, já que esta não é identificada no Anuário do Transporte Aéreo. Essa estimativa é obtida assumindo-se uma proporcionalidade entre os números de LTOs de companhias suplementares em trechos domésticos e internacionais e os consumos de combustível nos respectivos trechos.

Sejam LTO_{DomSup} e LTO_{IntSup} os números de LTOs registrados, respectivamente, em cada tipo de trecho por essas companhias, os consumos de combustível correspondentes são calculados como:

$$Consumo_{DomSup} = \frac{LTO_{DomSup}}{LTO_{DomSup} + LTO_{InternSup}} \times Consumo_{Sup} \quad (5.1)$$

$$Consumo_{InternSup} = \frac{LTO_{InternSup}}{LTO_{DomSup} + LTO_{InternSup}} \times Consumo_{Sup} \quad (5.2)$$

onde $Consumo_{Sup}$ é o consumo total das companhias suplementares no respectivo ano. Como resultado desse cálculo, temos os valores mostrados na Tabela 7. Esse cálculo não é feito para os anos de 1990 a 2004 por que os dados de movimentos de aeronaves empregados neste trabalho não estão disponíveis para este período. Nesses casos é desprezado o consumo em vôos internacionais.

Tabela 7 - Número de LTOs domésticos e internacionais da aviação suplementar e consumos correspondentes a esses trechos

Ano	Número de LTOs		Consumo de QAV estimado (litros)	
	Trechos domésticos	Trechos internacionais	Trechos domésticos	Trechos internacionais
2005	4.442	2	48.011.836	21.617
2006	4.856	3	48.313.667	29.848
2007	3.338	2	44.023.943	26.377

Os dados dos anuários da ANAC são adotados, então, como base para definir o consumo total de querosene de aviação por companhias brasileiras em trechos dentro do país, através da soma das quantidades consumidas em vôos domésticos regulares, em operações de taxi aéreo, em serviços aéreos especializados e na parcela doméstica dos vôos de companhias suplementares.

Seja esse total representado como $Consumo_{DomBras}$ e sejam os dados de vendas de QAV registrados pela ANP para as vendas para companhias brasileiras e estrangeiras, respectivamente, $Consumo_{Bras}$ e $Consumo_{Estr}$. O consumo das companhias brasileiras em rotas internacionais é calculado como:

$$Consumo_{InternBras} = Consumo_{Bras} - Consumo_{DomBras} \quad (5.3)$$

De acordo com a hipótese da seção 2.4.7 os consumos doméstico e internacional são definidos como:

$$Consumo_{Dom} = Consumo_{DomBras} \quad (5.4)$$

$$Consumo_{Int} = Consumo_{IntBras} + Consumo_{IntEstr} \quad (5.5)$$

A Tabela 8 e as Figuras 1 e 2 apresentam os valores obtidos.

Tabela 8 - Combustíveis de aviação consumidos em trechos domésticos e internacionais

Ano	Consumo de AVGAS (tep)	Consumo de QAV (tep)	
	Trechos domésticos	Trechos domésticos	Trechos internacionais
1990	48.906.988	1.133.083.590	1.730.000.968
1991	45.025.481	1.286.765.546	1.294.113.625
1992	38.815.070	1.045.721.180	1.443.494.570
1993	43.472.879	1.140.958.240	1.456.812.086
1994	52.012.194	1.217.659.853	1.434.946.585
1995	48.520.127	1.281.085.080	1.804.096.942
1996	51.506.334	1.189.842.836	2.162.733.518
1997	58.218.265	1.419.240.550	2.327.648.670
1998	62.487.555	1.560.282.598	2.582.118.060
1999	58.193.777	1.641.265.865	2.136.266.741
2000	58.444.797	1.722.313.060	1.861.460.504
2001	54.513.467	1.831.969.234	2.152.279.827
2002	48.749.504	1.887.109.886	1.784.157.820
2003	45.328.269	1.650.424.394	1.637.136.223
2004	47.275.620	1.739.963.132	1.743.617.789
2005	42.686.085	1.770.725.132	1.894.171.492
2006	40.222.128	1.865.947.755	1.830.224.317
2007	42.131.995	2.006.815.617	2.040.304.967

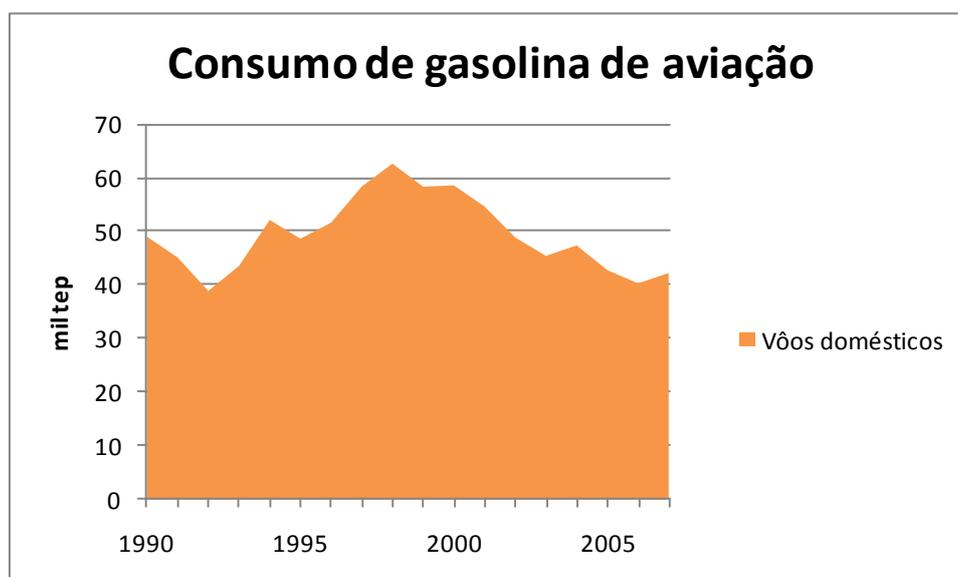
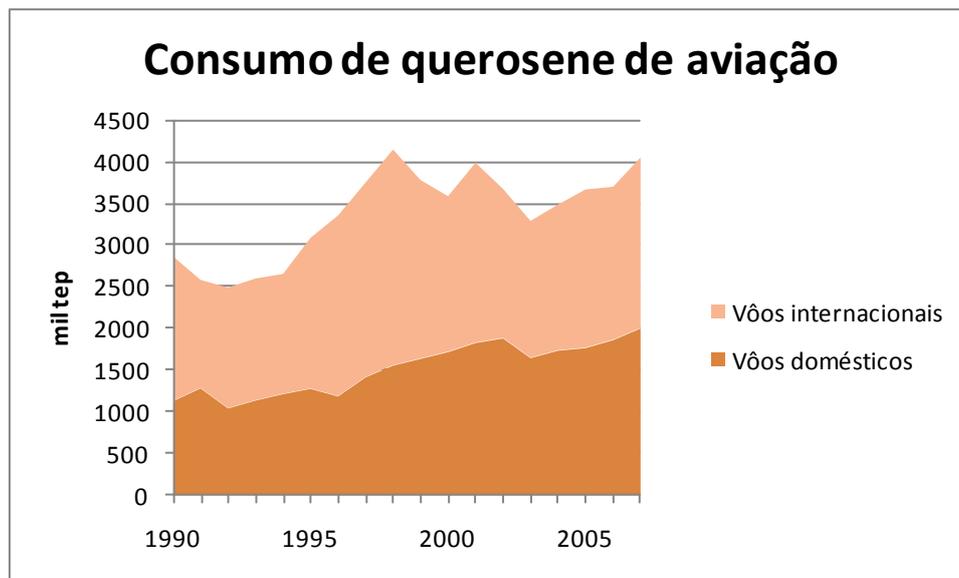
Figura 1 - Consumo de gasolina de aviação

Figura 2 - Consumo de querosene de aviação



O método de cálculo do *Tier 2* requer dados de consumo de combustível por cada tipo de aeronave. Para os vôos correspondentes à aviação regular doméstica por companhias brasileiras, os dados do Anuário do Transporte Aéreo são suficientes. Em relação à aviação regular internacional por companhias brasileiras, os dados do Anuário representam o total de combustível consumido, e não a fração correspondente ao combustível adquirido no Brasil, que é necessária para os cálculos. Por isso, cada um desses valores foi multiplicado por um fator de correção estabelecido através da seguinte fórmula:

$$F = \frac{\text{Consumo}_{\text{IntBras}} - \text{Consumo}_{\text{IntSup}}}{\sum_n \text{Consumo}_{\text{IntATA},n}} \quad (5.6)$$

onde $\text{Consumo}_{\text{IntATA},n}$ é o consumo registrado no Anuário do Transporte Aéreo para a aeronave n em vôos internacionais. O numerador dessa fração equivale ao total de combustível adquirido no Brasil empregado na aviação regular internacional por companhias brasileiras (obtido subtraindo do total do combustível de vôos internacionais a parcela correspondente à aviação suplementar), e o denominador, ao consumo total registrado no anuário para esse segmento.

Além disso, para o *Tier 2* se faz necessário obter estimativas para o consumo de combustível por tipo de aeronave relativo às companhias estrangeiras, já que essa informação não é registrada pelo anuário.

Inicialmente, a partir de dados de movimentação de aeronaves disponíveis para os anos de 2005, 2006 e 2007, foi obtido, para cada ano, um par de fatores para as etapas internacionais, que indicam a relação entre a quantidade de etapas executadas por companhias estrangeiras e a quantidade executada por companhias brasileiras:

$$A_{I,Int} = \frac{LTO_{I,IntEst}}{LTO_{I,IntBras}} \quad (5.7)$$

e

$$A_{II,Int} = \frac{LTO_{II,IntEst}}{LTO_{II,IntBras}} \quad (5.8)$$

onde se emprega os números de ciclos LTO executados por companhias estrangeiras e nacionais em etapas internacionais. Os fatores são gerados separadamente para duas categorias de aeronaves (I e II), como discriminado na Tabela 9.

Tabela 9 - Categorias de aeronaves usadas na estimativa de consumo de QAV por companhias estrangeiras

Categoria	Tipos de Aeronaves (Código OACI)
I	A310, A321, A332, A333, A342, A343, A345, A346, B701, B703, B741, B742, B743, B744, B752, B753, B762, B763, B764, B772, B773, DC10, DC85, DC 87, L101, MD11
II	Outras

Essas categorias são empregadas para que se tenha a distinção entre aeronaves tipicamente usadas em transporte por distâncias maiores, mais especificamente com alcance típico com carga máxima superior a 4.000 Km (categoria I), e as demais, normalmente usadas apenas em ligações mais curtas (categoria II). Esses fatores são então usados para uma primeira estimativa do combustível consumido pelas companhias estrangeiras em cada uma das categorias, através das fórmulas:

$$Consumo'_{I,IntEstr} = A_{I,Int} \times Consumo_{I,IntBras} \quad (5.9)$$

e

$$Consumo'_{II,IntEstr} = A_{II,Int} \times Consumo_{II,IntBras} \quad (5.10)$$

Como os dados da ANP representam o total de combustível de origem brasileira vendido (e, por hipótese, consumido) no país, é feita uma correção das estimativas iniciais para a adequação a esses dados. Ajusta-se a soma das estimativas para as duas categorias ao total de combustível vendido a companhias estrangeiras, subtraído do consumo em LTO relativo a trechos “domésticos” dessas companhias e, calculado a partir dos movimentos registrados, conforme explicado na seção 2.2, através do fator

$$K = \frac{\text{Consumo}_{Estr} - \sum_n \text{ConsumoLTO}_{DomEstm}}{\text{Consumo}'_{I,IntEstr} + \text{Consumo}'_{II,IntEstr}} \quad (5.11)$$

que é aplicado de acordo com as expressões:

$$\text{Consumo}_{I,InterEstr} = K \times \text{Consumo}'_{I,InterEstr} \quad (5.12)$$

e

$$\text{Consumo}_{II,InterEstr} = K \times \text{Consumo}'_{II,InterEstr} \quad (5.13)$$

Finalmente, emprega-se, para as operações regulares de companhias estrangeiras, a estimativa de consumo em atividade de cruzeiro por tipo baseada na proporcionalidade com o número de ciclos LTO, como recomendado pelo *Guidelines 1996* em casos em que não se dispõe de dados de consumo específico para cada aeronave. Neste caso, no entanto, a proporcionalidade é aplicada separadamente para cada categoria de aeronave. Primeiramente são calculados os totais consumidos em cruzeiro:

$$\text{ConsumoCruzeiro}_{I,IntEstr} = \text{Consumo}_{I,IntEstr} - \sum_n \text{ConsumoLTO}_{I,IntEstn} \quad (5.14)$$

e

$$\text{ConsumoCruzeiro}_{II,IntEstr} = \text{Consumo}_{II,IntEstr} - \sum_n \text{ConsumoLTO}_{II,IntEstn} \quad (5.15)$$

A seguir, para cada tipo de aeronave n categoria I:

$$\text{ConsumoCruzeiro}_{IntEstn} = \frac{\text{LTO}_{IntEstn}}{\sum_{m \in I} \text{LTO}_{IntEstm}} \times \text{ConsumoCruzeiro}_{I,IntEstr} \quad (5.16)$$

e, da mesma forma, para as aeronaves de categoria II:

$$\text{ConsumoCruzeiro}_{IntEstn} = \frac{\text{LTO}_{IntEstn}}{\sum_{m \in II} \text{LTO}_{IntEstm}} \times \text{ConsumoCruzeiro}_{II,IntEstr} \quad (5.17)$$

Assim obtêm-se os dados necessários para os cálculos *Tier 2* para a aviação regular. Neste relatório, as emissões da aviação não regular, bem como as correspondentes ao uso de gasolina de aviação, são calculadas exclusivamente com metodologia *Tier 1*.

3.4.2 Tratamento dos dados dos movimentos

As contagens de LTOs referentes aos anos de 2005 a 2007 foram calculadas em um sistema dedicado de bancos de dados, a partir dos registros do BIMTRA para cada tipo de aeronave. A separação entre etapa nacional ou internacional foi obtida a partir da identificação do aeroporto de destino e a separação entre vôos regulares de companhias brasileiras e estrangeiras a partir da interpretação do número de vôo.

Após a agregação dos movimentos, três correções adicionais foram feitas. Na primeira correção alguns números de movimentos de companhias brasileiras são reduzidos para o valor máximo ainda compatível com o consumo informado pelas companhias para a ANAC. As incompatibilidades podem ser fruto de subestimação por parte das companhias aéreas ao relatar o consumo de combustível, ou à contaminação do BIMTRA com movimentos mal classificados⁶. Para fins dessa filtragem, consideramos que, no máximo, 50% do combustível é consumido em LTOs.

A segunda correção se aplica no caso de aeronaves estrangeiras que registram movimentos nacionais, mas nenhum movimento internacional. Esses poucos registros são considerados frutos de erro de lançamento, já que indicariam prática de cabotagem por companhia aérea estrangeira, e, portanto, são ignorados.

A terceira correção diz respeito a aeronaves turboélice de pequeno porte (correspondentes às aeronaves de referência do IPCC “Beech King Air” e “DHC8-100”) que são desprezadas no caso do aparecimento de registros dos vôos destas para companhias estrangeiras. Isto se deve ao fato de que, pelo seu porte, estas aeronaves não são operadas por companhias de transporte regular internacional e, assim, os registros relativos a essas aeronaves são considerados oriundos da aviação geral que foram incorretamente classificados pelo sistema a partir da análise de seus números de vôo.

As contagens de LTOs resultantes (extraídas do BIMTRA, classificadas, totalizadas e corrigidas segundo os critérios acima), que são as efetivamente empregadas nos cálculos das emissões, são mostradas na Tabela 10.

⁶ Devido ao papel fundamental dos valores do consumo de combustível para as metodologias adotadas neste trabalho, optou-se por empregar esses dados para ajustar a quantidade de ciclos LTO, e não o contrário.

Tabela 10 - Número de LTOs por tipo de aeronave de referência, em trechos nacionais por companhias brasileiras (NB), internacionais por companhias brasileiras (IB), nacionais por estrangeiras (NE) e internacionais por estrangeiras (IE)

Aeronave de referência	2005				2006				2007			
	NB	IB	NE	IE	NB	IB	NE	IE	NB	IB	NE	IE
707	1.050	0	14	10	2.552	0	9	12	431	0	2	8
727-100	2.925	2	0	4	2.719	2	0	0	0	0	0	0
727-200	14.987	54	49	508	18.402	23	18	320	12.114	13	13	40
737-100/200	7.436	33	162	1.454	11.578	55	99	1.369	6779	0	71	734
737-300/400/500	258.682	2.232	133	1.510	209.598	1.646	57	2.102	119.700	1.279	49	2.725
737-600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
737-700	138.749	618	62	1.009	167.532	1.449	37	821	118.076	1.456	46	1.014
737-800/900	43.301	1.078	0	24	59.076	1.604	7	59	81.132	2.242	10	97
747-100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
747-200	0	0	57	295	0	0	49	294	0	0	58	234
747-300	0	0	18	87	0	0	40	115	0	0	17	161
747-400	0	0	1.324	2.105	0	0	966	2.168	0	0	958	2.249
757-200	8.963	638	95	446	2.723	506	56	479	4.510	210	57	577
757-300	0	0	6	3	0	0	12	3	0	0	4	2
767-200	0	0	818	804	0	0	566	969	0	0	22	879
767-300	6.577	1.773	3.405	6.165	744	1.455	3.533	6.528	1.033	1.322	2.995	6.726
767-400	0	0	1.424	363	0	0	1.429	366	0	0	1.371	396
777-200/300	2.184	1.690	1.440	1.788	863	730	1.440	1.898	0	0	1.414	2.180
A310	0	0	82	1.142	0	0	61	1.137	0	0	35	622
A319	82.262	38	24	133	84.244	43	34	155	44.551	56	55	288
A320	162.556	2.311	1.459	739	234.236	2.486	1.377	868	209.097	3.283	2.094	2.071
A321	0	0	0	0	0	0	2	59	1.897	0	13	191
A330-200/300	1.605	1.410	194	277	1.011	2.130	179	1.323	2.498	2.854	103	1721
A340-200	0	0	5	95	0	0	8	143	0	0	6	336
A340-300	0	0	46	1.541	0	0	49	2.210	0	0	16	2.211
A340-500/600	0	0	4	994	0	0	4	504	0	31	13	407
ATR 72-500	9.686	0	842	252	18.124	0	132	224	15.523	0	50	102
Beech King Air	9.194	0	0	0	12.025	0	0	0	12.521	0	0	0
Cessna 525/560	0	0	6	4	0	0	30	27	0	0	46	44
DC-10	1.488	161	406	739	1.512	123	546	510	1.849	210	459	452
DC-8-50/60/70	5.021	0	0	0	7.076	0	0	0	4.604	0	0	0
DHC8-100	80.097	0	69	11	76.031	0	139	17	52.077	0	228	7
ERJ-145	0	0	27	277	0	0	32	252	0	0	9	125
Fokker 100/70/28	100.026	41	1.301	1.777	111.249	64	1.240	1.479	58.768	15	858	1.012
L-1011	0	0	6	22	0	0	4	27	0	0	6	19
MD-11	10.257	2.946	3	262	5.606	1.368	0	310	565	977	4	513
TU-154-M	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	2

4. Resultados

A seguir são apresentadas as emissões calculadas através do *Tier 1*, para os anos de 1990 a 2007, e do *Tier 2*, para os anos de 2005 a 2007, bem como o resultado da consolidação das duas séries.

4.1 *Tier 1*

As estimativas de emissão apresentadas nas tabelas a seguir, respectivamente para a aviação doméstica e para vôos internacionais, foram obtidas através do método descrito na seção 2.1, utilizando os dados já tratados como descrito na seção 3.4.

Tabela 11 - Emissões em vôos domésticos utilizando a metodologia *Tier 1*

Ano	CO ₂ (kg)	CH ₄ (kg)	N ₂ O (kg)	NO _x (kg)
1990	3.502.978.458	24.980	99.920	12.489.979
1991	3.946.931.022	28.148	112.593	14.074.163
1992	3.214.160.241	22.922	91.688	11.460.945
1993	3.510.211.309	25.033	100.132	12.516.458
1994	3.762.833.574	26.833	107.333	13.416.566
1995	3.940.453.065	28.101	112.405	14.050.619
1996	3.678.895.150	26.234	104.938	13.117.197
1997	4.378.635.919	31.225	124.900	15.612.526
1998	4.809.284.435	34.296	137.186	17.148.235
1999	5.036.563.425	35.919	143.676	17.959.537
2000	5.277.500.961	37.638	150.552	18.818.996
2001	5.590.829.897	39.874	159.498	19.937.216
2002	5.737.163.955	40.920	163.680	20.459.949
2003	5.025.577.326	35.844	143.376	17.921.952
2004	5.296.707.912	37.778	151.111	18.888.906
2005	5.374.273.319	38.332	153.329	19.166.176
2006	5.649.175.350	40.294	161.177	20.147.134
2007	6.072.315.192	43.313	173.251	21.656.351

Tabela 12 - Emissões em vôos internacionais utilizando a metodologia Tier 1

Ano	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
1990	5.230.849.604	36.579	146.317	18.289.684
1991	3.912.895.929	27.363	109.452	13.681.454
1992	4.364.565.766	30.521	122.086	15.260.719
1993	4.404.832.751	30.803	123.212	15.401.513
1994	4.338.719.987	30.341	121.363	15.170.350
1995	5.454.886.992	38.146	152.584	19.073.031
1996	6.539.264.414	45.729	182.916	22.864.561
1997	7.037.903.648	49.216	196.864	24.608.055
1998	7.871.771.294	55.047	220.189	27.523.676
1999	6.550.681.124	45.809	183.236	22.904.479
2000	5.708.011.059	39.916	159.665	19.958.081
2001	6.599.783.893	46.152	184.609	23.076.167
2002	5.470.968.924	38.259	153.034	19.129.262
2003	5.017.696.750	35.089	140.355	17.544.394
2004	5.344.054.569	37.371	149.484	18.685.505
2005	5.805.490.102	40.598	162.391	20.298.916
2006	5.609.496.925	39.227	156.909	19.613.626
2007	6.253.377.977	43.730	174.920	21.864.958

4.2 Tier 2

As estimativas de emissão mostradas a seguir, respectivamente para a aviação doméstica e para vôos internacionais, foram obtidas através da metodologia Tier 2, descrita na seção 2.2 e com os dados já tratados como descrito na seção 3.4. As emissões da aviação não-regular não puderam, por falta de dados específicos de consumo por tipo de aeronave, ser tratados com esse método e foram, portanto, tratadas através da metodologia Tier 1.

Tabela 13 - Emissões em vôos domésticos utilizando a metodologia Tier 2

Gás	2005	2006	2007
	(kg)		
CO ₂	5.478.850.504	5.759.559.000	6.191.075.399
CH ₄	100.951	124.277	72.277
N ₂ O	178.608	188.891	192.961
NO _x	19.596.676	20.587.163	23.363.395
CO	9.219.181	9.642.371	6.413.046
NM VOC	888.672	1.096.759	625.109
SO ₂	730.687	775.326	562.636

Tabela 14 - Emissões em vôos internacionais utilizando a metodologia Tier 2

Gás	2005	2006	2007
	(kg)		
CO ₂	5.805.490.102	5.609.496.925	6.253.377.977
CH ₄	9.635	9.377	8.255
N ₂ O	163.931	158.455	176.490
NO _x	24.852.821	24.202.550	27.057.355
CO	817.787	800.095	769.606
NM VOC	86.494	84.157	73.956
SO ₂	89.843	87.023	86.389

4.3 Compatibilização das estimativas obtidas com métodos Tier 1 e Tier2

O método descrito na seção 2.3 foi empregado para construir uma série temporal consistente a partir dos dados obtidos com os dois tiers diferentes, para os gases que tiveram suas emissões estimadas com ambos os métodos. A comparação entre os valores de emissão obtidos com a aplicação dos dois métodos é ilustrada nas figuras a seguir.

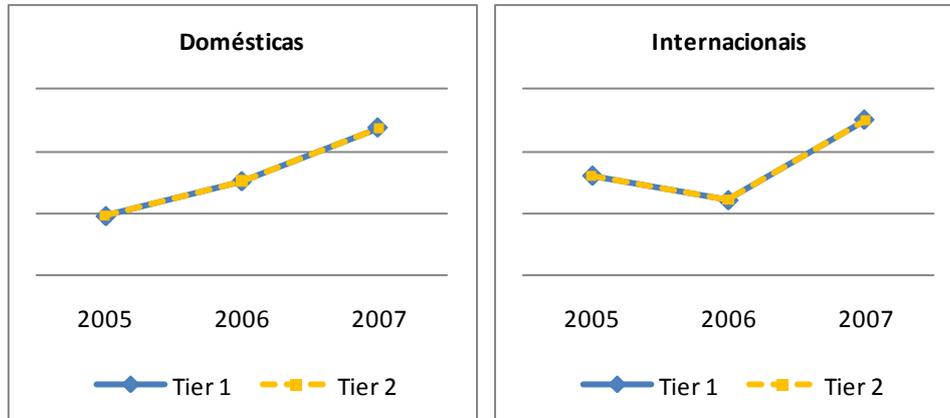
Figura 3 - Comparação dos resultados Tier 1 e Tier 2 para os anos de 2005 a 2007 para o CO₂

Figura 4 - Comparação dos resultados Tier 1 e Tier 2 para os anos de 2005 a 2007 para o CH₄

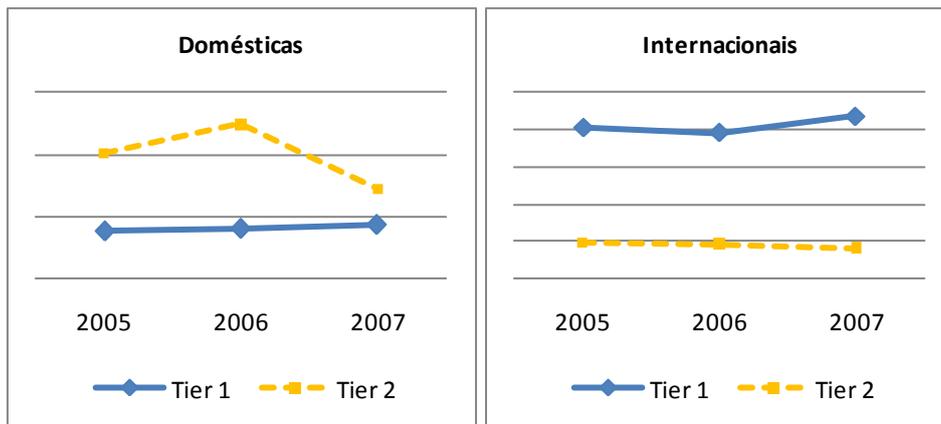


Figura 5 - Comparação dos resultados Tier 1 e Tier 2 para os anos de 2005 a 2007 para o N₂O

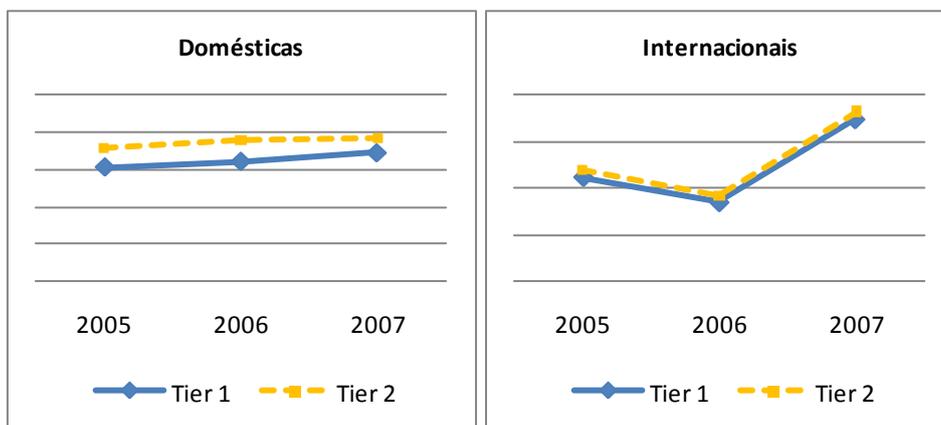
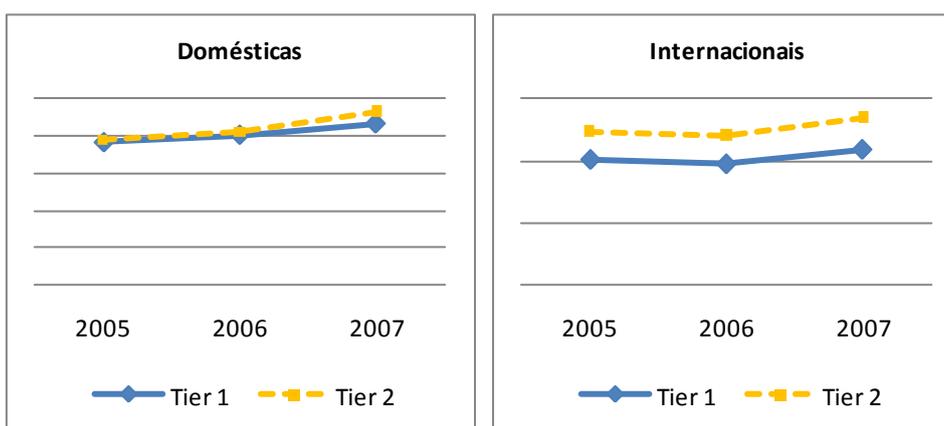


Figura 6 - Comparação dos resultados Tier 1 e Tier 2 para os anos de 2005 a 2007 para o NO_x



No caso do CO₂, a concordância é perfeita porque ambos os tiers são aplicados aos mesmos valores de referência de consumo de combustível e, para esse gás, assume-se proporcionalidade direta entre a emissão e o consumo de combustível.

No caso do CH₄ há uma grande discrepância provavelmente devido ao fato de que o fator de emissão *Tier 1* para esse gás é uma aproximação grosseira, já que suas emissões são significativas apenas durante o ciclo LTO⁷. O ajuste calculado não considera o ano de 2007, quando as curvas se comportam de forma incoerente. Os resultados obtidos com o método *Tier 1* relativos às emissões domésticas foram multiplicados por um fator de 2,86 e os relativos às emissões internacionais, multiplicados por 0,24.

Valores obtidos com os dois métodos para o N₂O e o NO_x são muito próximos, de forma que o ajuste realizado é pequeno. Os fatores são 1,15 e 1,01 para as emissões domésticas e internacionais de N₂O e 1,04 e 1,23 para as emissões de NO_x.

4.4 Resultados consolidados

São apresentados a seguir os resultados consolidados para as emissões de cada gás avaliado para o período de 1990 a 2007.

Tabela 15 - Emissões em vôos domésticos

Ano	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂
	Emissões (kg)						
1990	3.502.978.458	71.415	114.927	13.002.594	35.458.561	2.986.289	
1991	3.946.931.022	80.473	129.504	14.651.797	33.664.333	3.259.253	
1992	3.214.160.241	65.531	105.458	11.931.326	28.754.866	2.676.646	
1993	3.510.211.309	71.567	115.171	13.030.161	32.778.801	2.934.519	
1994	3.762.833.574	76.713	123.453	13.967.210	37.762.796	3.202.343	
1995	3.940.453.065	80.339	129.287	14.627.286	35.835.257	3.291.256	
1996	3.678.895.150	75.002	120.698	13.655.555	37.328.642	3.137.757	
1997	4.378.635.919	89.269	143.659	16.253.298	42.504.311	3.702.283	
1998	4.809.284.435	98.050	157.790	17.852.035	45.776.026	4.051.164	
1999	5.036.563.425	102.689	165.255	18.696.635	43.418.508	4.166.763	
2000	5.277.500.961	107.603	173.164	19.591.367	43.915.481	4.339.580	
2001	5.590.829.897	113.997	183.453	20.755.482	41.905.636	4.519.755	
2002	5.737.163.955	116.986	188.263	21.299.669	38.516.615	4.562.789	
2003	5.025.577.326	102.474	164.910	18.657.507	35.377.056	4.024.340	
2004	5.296.707.912	108.003	173.807	19.664.147	36.974.913	4.236.240	
2005	5.374.273.319	100.951	178.608	19.596.676	34.221.387	4.242.990	730.687
2006	5.649.175.350	124.277	188.891	20.587.163	33.072.651	4.411.381	775.326
2007	6.072.315.192	72.277	192.961	23.363.395	34.861.871	4.730.263	562.636

⁷ Os fatores padrão do IPCC para o CH₄ para o *Tier 1* assumem que uma fração fixa de 10% do combustível é consumida em ciclos LTO. Aparentemente essa fração não é representativa das características da aviação brasileira, o que causa a discrepância identificada.

Tabela 16 - Emissões em vôos internacionais

Ano	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂
	Emissões (kg)						
1990	5.230.849.604	8.712	147.698	22.531.575			
1991	3.912.895.929	6.517	110.485	16.854.567			
1992	4.364.565.766	7.270	123.238	18.800.108			
1993	4.404.832.751	7.337	124.375	18.973.556			
1994	4.338.719.987	7.226	122.508	18.688.779			
1995	5.454.886.992	9.086	154.024	23.496.602			
1996	6.539.264.414	10.892	184.643	28.167.494			
1997	7.037.903.648	11.722	198.723	30.315.353			
1998	7.871.771.294	13.111	222.268	33.907.188			
1999	6.550.681.124	10.911	184.965	28.216.671			
2000	5.708.011.059	9.507	161.172	24.586.919			
2001	6.599.783.893	10.992	186.352	28.428.178			
2002	5.470.968.924	9.112	154.478	23.565.874			
2003	5.017.696.750	8.357	141.680	21.613.431			
2004	5.344.054.569	8.901	150.895	23.019.198			
2005	5.805.490.102	9.635	163.931	24.852.821	817.787	86.494	89.843
2006	5.609.496.925	9.377	158.455	24.202.550	800.095	84.157	87.023
2007	6.253.377.977	8.255	176.490	27.057.355	769.606	73.956	86.389

Figura 7 - Emissões Anuais de CO₂

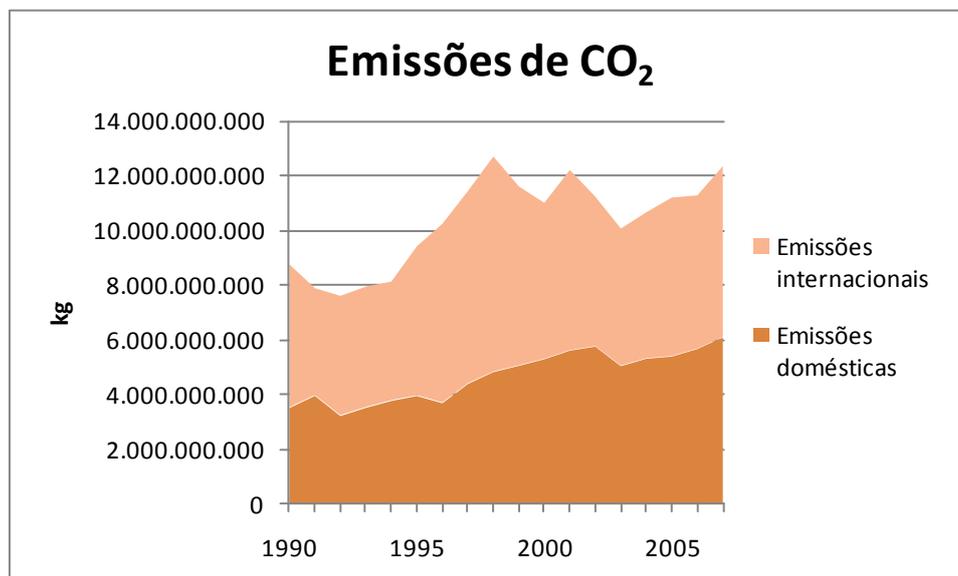


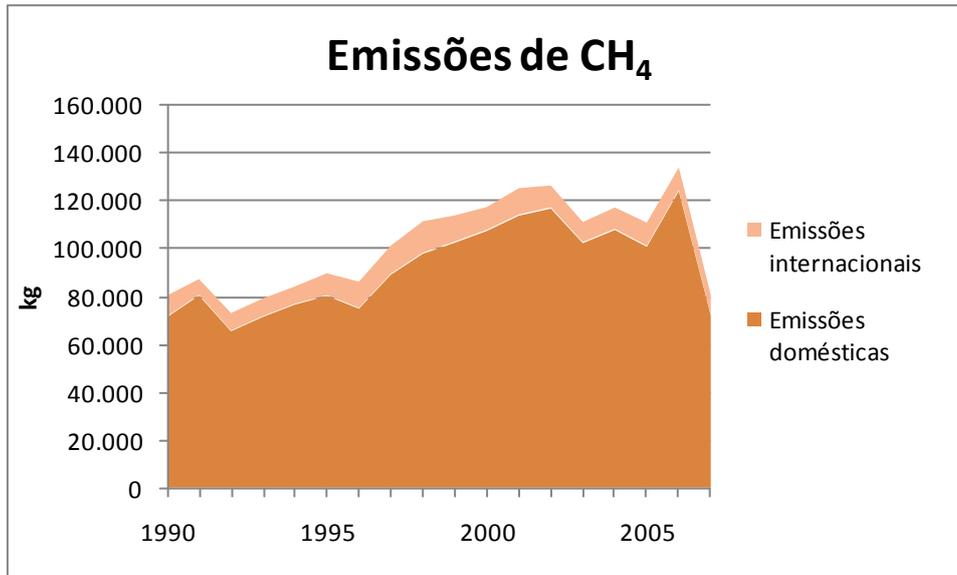
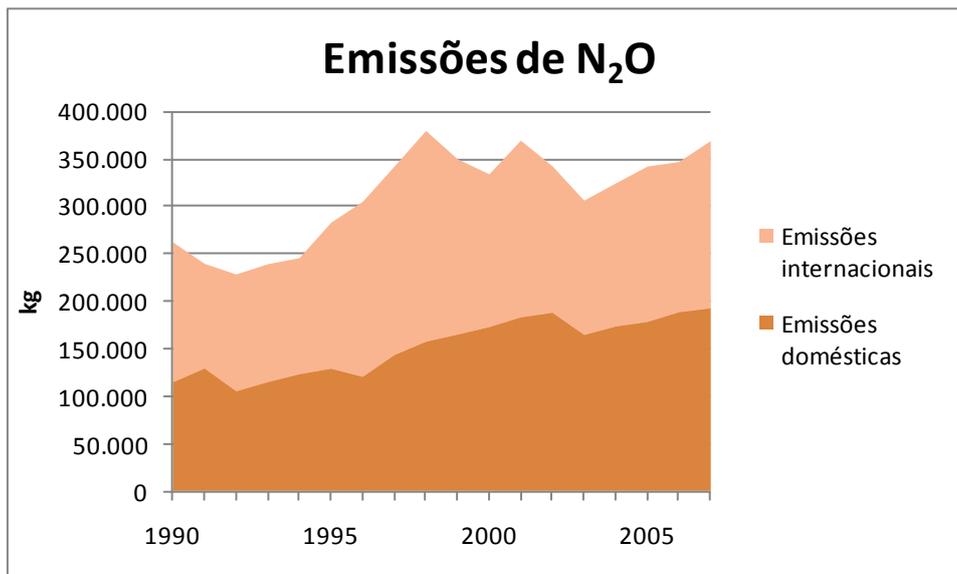
Figura 8 - Emissões anuais de CH₄Figura 9 - Emissões anuais de N₂O

Figura 10 - Emissões anuais de NO_x

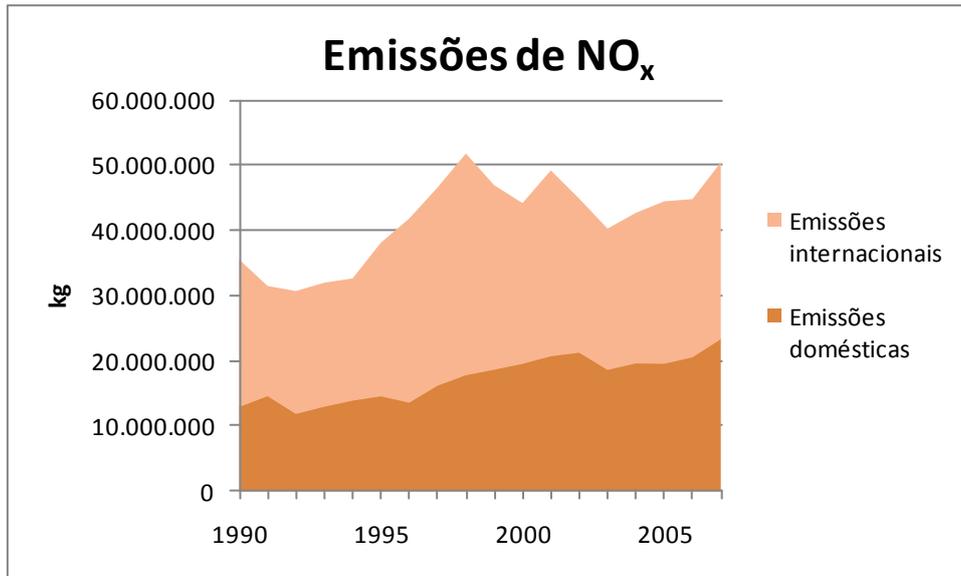


Figura 11 - Emissões anuais de CO

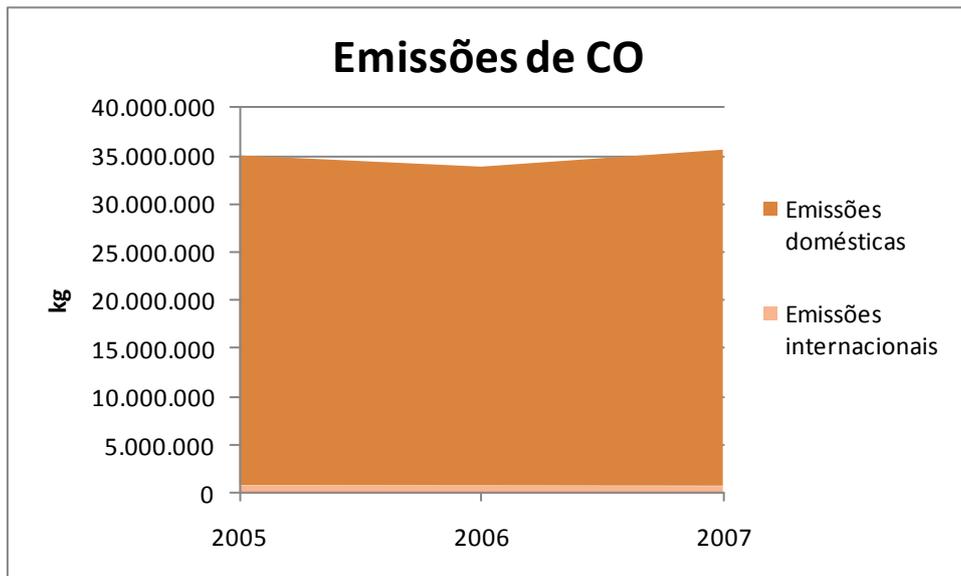
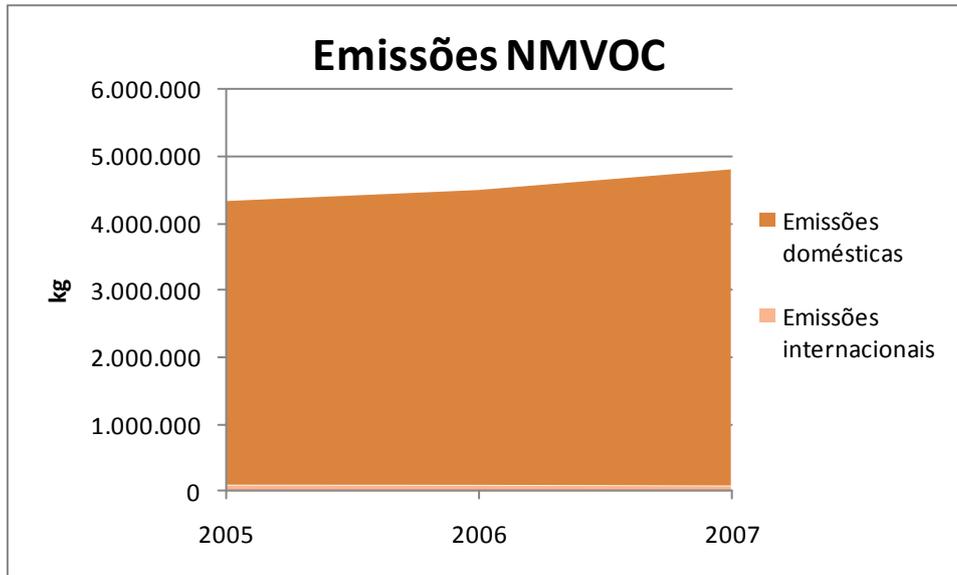
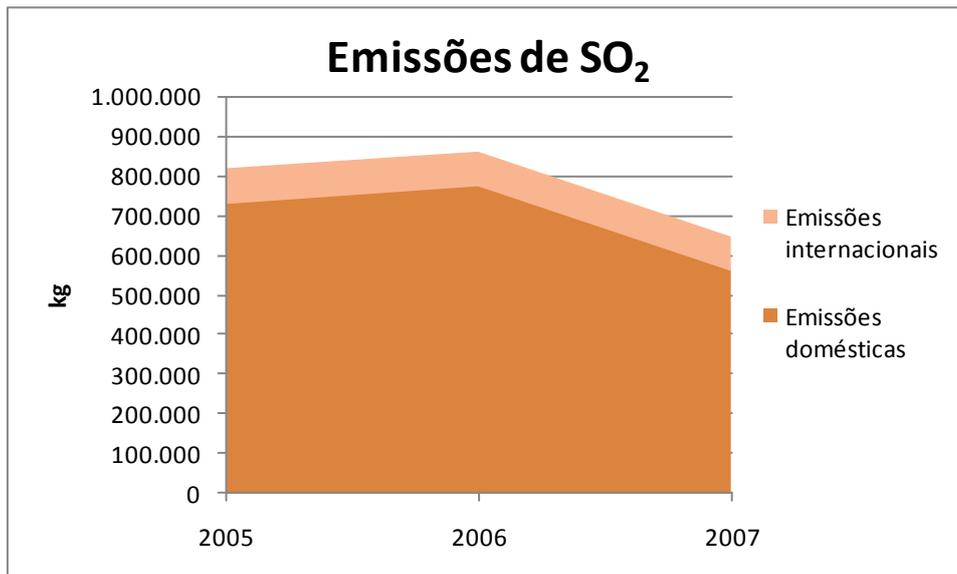


Figura 12 - Emissões anuais de NMVOC

Figura 13 - Emissões anuais de SO₂

5. Referências Bibliográficas

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil, 1996 - 2008, Anuário do Transporte Aéreo - Vol. 1: Dados Estatísticos.

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil, 1996 - 2008, Anuário do Transporte Aéreo - Vol. 2: Dados Econômicos.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2008, Anuário Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2009, Planilhas eletrônicas sobre distribuição de combustíveis de aviação, remetidas à ANAC.

DECEA - Departamento de Controle do Espaço aéreo, 2006 - 2008, BIMTRA - Banco Informações do Movimento de Tráfego Aéreo, acessível à ANAC através do Termo de Cooperação Específico N°002/DECEA-ANAC/2008.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética e MME - Ministério de Minas e Energia, Balanço Energético Nacional.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Publicado para o IPCC pelo Institute for Global Environmental Strategies, Japão.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 1997, Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, UK Meteorological Office, Bracknell.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Publicado para o IPCC pelo Institute for Global Environmental Strategies, Japão.

WIESEN, P. et al., 1994, 'Nitrous oxide and methane emissions from aero engines'. Geophysics Research Letters 21(18), 2027-2030.