

COEFICIENTE DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS POR PASSAGEIRO NA AVIAÇÃO COMERCIAL: O CASO DO AEROPORTO LUÍS EDUARDO MAGALHÃES – SALVADOR/BA

Taiane Campos Braga - IFBA *Campus* Salvador. E-mail: taiane.braga@gmail.com
Armando H. Tanimoto - IFBA, *Campus* Salvador. E-mail: armando@ifba.edu.br

RESUMO: Ao relacionarmos a aviação civil com o impacto ambiental gerado nas descargas de poluentes atmosféricos, é importante considerar a real movimentação (embarque e desembarque) de passageiros. Desse modo, a quantificação das emissões destes poluentes por passageiro, usuário do terminal, é uma etapa primordial para promover qualquer tipo de ação redutora de impactos negativos. Baseando-se nestes aspectos, o presente trabalho visou à quantificação das emissões de poluentes atmosféricos por passageiro movimentado na aviação comercial, tendo o aeroporto internacional Luís Eduardo Magalhães como estudo de caso. Foram analisados dois períodos, de baixa e de alta estação, no ano de 2013. Como resultado, chegou-se à conclusão de que, para cada passageiro embarcado ou desembarcado, há a emissão de 12 kg de CO₂, em menor quantidade o NO_x (49 g), o CO (39,3 g), o SO_x (3,9 g), NMVOC (3,5 g), o N₂O (0,5 g) e o CH₄ (0,4 g).

PALAVRAS-CHAVE: Coeficiente de emissões per capita, Emissões atmosféricas, aeroportos, qualidade do ar.

1. INTRODUÇÃO

O transporte aéreo tornou-se um considerável contribuinte para as emissões de poluentes atmosféricos referentes ao setor de transportes. Sua expansão, ligada às atividades de melhoramento da infraestrutura no setor devido a eventos internacionais ocorrentes no país, torna clara a importância da gestão de poluentes atmosféricos para o campo da aviação civil, posto que, toda expansão de um modal leva ao aumento do consumo de energia por este, gerando um aumento na emissão de poluentes.

Segundo a INFRAERO (2012), o tráfego de aeronaves e passageiros no país cresceu em média 3,76% e 7,32%, respectivamente no ano de 2012, totalizando 3.001.946 operações de LTO (*Landing and Take-Off*) com 193.119.365 passageiros transportados. Considerando o cenário econômico em 2012, onde o PIB do país teve um fraco crescimento, quando comparado ao ano anterior, 0,9% frente a 2,7%, o setor da aviação civil continuou em expansão no que se refere à movimentação de aeronaves e tráfego de passageiros, mostrando que as atividades aeroportuárias podem ser consideradas fontes significativas de emissões de poluentes atmosféricos.

Além da movimentação de aeronaves, toda infraestrutura aeroportuária contribui para as emissões de poluentes, pois, estas aeronaves são responsáveis por concentrar atividades essenciais ao seu perfeito funcionamento (COELHO, 2006).

Ao relacionarmos a aviação civil com o impacto ambiental, gerado nas descargas de poluentes atmosféricos, são avaliados tanto impactos em nível global, como a emissão de gases de efeito estufa, quanto impactos em nível local afetando a qualidade do ar em sítios próximos da infraestrutura aeroportuária. Os impactos em nível local são primordialmente os que mais podem afetar a saúde da população. Segundo Lyra (2008), poluentes atmosféricos podem provocar processos inflamatórios no organismo quando expostos por minutos, horas ou dias. Logo, a necessidade de se promoverem ações que possam mitigar os danos causados à população e ao meio ambiente são de suma importância, sendo que a quantificação destes poluentes através de um inventário pode ser o ponto inicial para se promoverem tais ações.

No caso particular, o Aeroporto Internacional Deputado Luís Eduardo Magalhães, responde por mais de 30% da movimenta-

ção de passageiros do nordeste (INFRAERO, 2011), sendo previsto para 2014, devido aos jogos da Copa do Mundo da FIFA, obras de ampliação da estrutura aeroportuária, o que tornará possível receber mais aeronaves no mesmo.

Em 2011, o mesmo ocupou, no ranking nacional de movimentação de aeronaves, o sétimo lugar, correspondendo a um total de 125.980 operações de LTO. Em 2012, o montante equivalente foi de 121.596 operações de LTO, sendo o de maior movimentação entre os estados membros da Superintendência Regional do Centro-Leste, da qual faz parte (INFRAERO, 2012). O Aeroporto Internacional Luís Eduardo Magalhães é uma fonte significativa de emissões de poluentes atmosféricos provenientes desta movimentação, requerendo assim, estudos que possam avaliar as condições de qualidade do ar em suas regiões circunvizinhas.

2. MÉTODO

A metodologia adotada para o presente estudo tem como base o Segundo Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (PEREIRA & FILIZOLA, 2010). É definida no documento *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2006), onde as diretrizes para cálculo de emissões classificam as metodologias de acordo com seus diferentes níveis de detalhamento (*tiers*), sendo que, quanto maior o *tier* empregado, maior é a quantidade e o detalhamento dos dados necessários, visando obter resultados mais precisos.

O método escolhido para a aplicação no inventário realizado foi o *tier2*, cujo cálculo das emissões trata separadamente as emissões para o ciclo LTO, das emissões de um voo em longa distância (cruzeiro).

Conhecendo-se o número de LTO realizado pelas aeronaves, pode-se calcular suas emissões e o consumo de combustível, conforme pode ser visto em Braga (2013 *in press*). Escolheram-se duas semanas consideradas de baixa e de alta temporada para servir de base das emissões. Após isso, comparou-se com a movimentação de passageiros nesse mesmo período, obtendo-se assim os coeficientes de emissões por passageiro movimentado, quer seja ele embarcado ou desembarcado.

As atividades de apoio (transporte interno de carga, passageiros, abastecimento de aeronaves, entre outros) que, também são caracterizadas como fontes de emissão de poluentes, não fazem parte deste trabalho, uma vez que, apesar de diversas tentativas, não foi possível obter as informações necessárias com a Infraero.

Os fatores de emissão utilizados são definidos no documento do IPCC (2006), onde os poluentes considerados foram dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO), carbono orgânico volátil – não metano (NMVOC) e dióxido de enxofre (SO_2).

Os períodos considerados de alta e de baixa estações foram de 06 a 12 de fevereiro (pleno período de carnaval) e 12 a 18 de abril. Considerou-se somente a movimentação de passageiros pela aviação comercial civil. Os pousos, decolagens e passageiros transportados tanto pela aviação de pequeno porte como pelos aviões militares não foram quantificados devida a sua baixa significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme metodologia já descrita, as principais variáveis identificadas no presente trabalho foram o número de ciclos LTO (pousos e decolagens) e a movimentação de passageiros nos períodos estudados, levando em consideração o Aeroporto Internacional que atende a cidade de Salvador. Para tanto, foi necessária a identificação da fonte de dados oficial para possibilitar a replicabilidade em diferentes períodos com a mesma qualidade e base de coleta.

A fonte de informações sobre os ciclos LTO no aeroporto de estudo foi o sítio eletrônico da INFRAERO, junto ao portal “*voo-online*”. Esse portal é aberto para a consulta pública e fornece informações sobre horários e situação atual dos voos previstos para um determinado dia. O mesmo sofre atualizações constantes ao longo do dia, já que, apesar dos voos terem apresentado uma regularidade nos dois períodos de estudos, há uma pequena variação horária. Para a identificação dos ciclos LTO foi necessário o monitoramento diário, pois a plataforma não permite a observação de dias anteriores.

A partir de então, foi possível a construção de quadros para os períodos de monitoramento online contendo informações sobre os voos.

Analisaram-se dois períodos de uma semana cada. As duas semanas monitoradas foram de 06 a 12 de fevereiro e de 12 a 18 de abril, de 2013, alta e baixa estação, respectivamente. A necessidade de se caracterizar os referidos períodos levou em consideração o fato de que isso pode trazer como consequência uma diferença do número de vôos e assim uma variação nos ciclos LTO.

Para a semana dos dias 06 a 12 de fevereiro, a média de voos diários foi de 126 contra 112 para a semana monitorada dos dias 12 a 18 de abril, revelando um aumento de 12,5% para a alta estação.

Para os cálculos das emissões, se fez necessário, além da quantificação do número de LTO, a identificação dos tipos e modelos de aeronaves que realizaram tais operações. Os modelos encontrados foram: Boeing 727

- 200, 737 - 700, 737 - 800, 757 - 200, 767 - 300; Airbus 319, 320, 321, 330 - 200; Fokker 100; ATR - 72; e Embraer 145, 170, 190. A maior representatividade encontrada foi para os modelos Airbus 320 e Boeing 737 - 800, com média de 30 voos cada realizados diariamente. Tal representatividade está diretamente ligada com as duas maiores companhias aéreas presentes no Aeroporto Internacional de Salvador, a TAM e a GOL, que juntas detém 67,1% do mercado nacional de transporte aéreo de passageiros (INFRAERO, 2012).

Além do número de ciclos LTO, a maior representatividade destas aeronaves na quantificação total também se mostrou fortemente relacionada aos seus fatores de emissão uma vez que são aeronaves maiores, mais pesadas. Por outro lado, o ganho em escala (número de passageiros por aeronave) faz com que a emissão por passageiro torne-se menor, comparando-se com aeronaves de menor porte (tabela 1).

Tabela 1. Fatores de Emissão dos modelos de maior representatividade no total de emissões.

POLUENTES	737- 800 kg/LTO	A320 kg/LTO	ERJ 190 kg/LTO	737- 800 kg/passag	A320 kg/passag	ERJ 190 kg/passag
CO ₂	2.780	2.440	2.519	1,54E+01	1,36E+01	2,21E+01
CH ₄	0,07	0,06	0,15	3,89E-04	3,33E-04	13,2E-04
N ₂ O	0,1	0,1	0,08	5,56E-04	5,56E-04	7,02E-04
NO _x	12,3	9,01	6,85	6,83E-02	5,01E-02	6,01E-02
CO	7,07	6,19	15,73	3,93E-02	3,44E-02	13,8E-02
NM _{VOC}	0,65	0,51	1,27	3,61E-03	2,83E-03	11,1E-03
SO ₂	0,88	0,77	0,79	4,89E-03	4,28E-03	6,93E-03

Fonte: IPCC, 2006 e auto

Verificou-se que, em termos quantitativos, a variação de números de aeronaves nas semanas consideradas foi de apenas 12,2% a mais na semana de alta estação, enquanto que o número de passageiros foi de 24,2%. Isso se deve pela substituição de aeronaves de menor capacidade por outras, com maior número de assentos. A simples substituição dos modelos 737-700 (144 assentos) e A-319 (150 assentos), pelos 737-

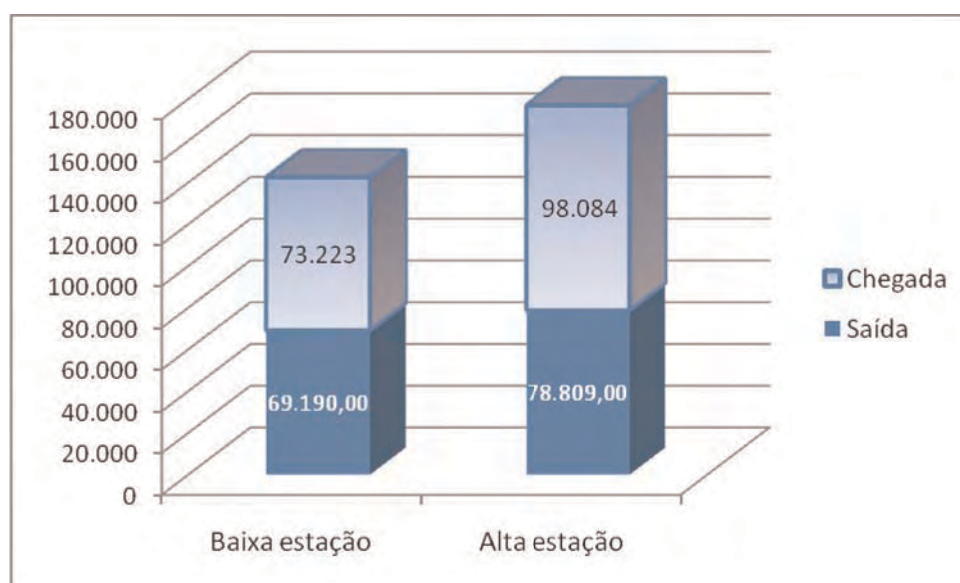
800 (186 assentos) e A-320 (180 assentos) já dariam um aumento de capacidade de 29 e 20% respectivamente (tabela 2).

O percentual de uso desses assentos pelos passageiros que embarcaram ou desembarcaram em Salvador na semana de baixa e alta estação foi de 67 e 69% respectivamente. O restante foi utilizado pelos passageiros em trânsito para outras localidades.

737- 700	126 a 149	144
737- 800	162 a 189	186
757 - 200	200 a 289	240
727 - 200	148 a 189	150
767 - 300	181 - 224 ou 255	250
A319	124a 156	150
A320	150 a 180	180
A321	185 a 220	220
A330 - 200	253	250
F100	109	109
ATR - 72	68 a 72	72
ERJ - 145	45	45
ERJ - 170	70 a 78	70
ERJ - 190	98 a 114	110

Fonte: Sites institucionais da Boing, Air Bus e Embraer

caracterizado de baixa estação, alcançou a marca de 142.413 passageiros. Destes, 51,4% foram de passageiros chegando e 48,6% saindo. Na alta temporada (06 a 12 de fevereiro de 2013 – carnaval), esses números se distanciaram mais. Das 176.896 movimentações, 44,6% foram de passageiros embarcando para outros destinos e 55,4%, de passageiros desembarcando. O turista internacional representou 5% na alta e 3% na baixa estação.



Fonte: INFRAERO, 2013

Considerando-se os dados de emissões atmosféricas e a movimentação de passageiros nas semanas estudadas, obteve-se os coeficientes de emissões atmosféricas por poluentes, como pode ser visto na tabela 3,

onde se destacam as emissões do CO₂, em torno de 12,0 kg, seguidos em ordem de grandeza bem menos pelos NO_x, CO, SO₂, NMVOC, N₂O e CH₄.

Tabela 3 – Coeficiente das emissões per capita de poluentes atmosféricos no aeroporto Internacional Luís Eduardo Magalhães.

	Emissões (kg)	Nº passageiros	emissões/ passageiro	unid
CO2	3.988.674	319.306	12,0	kg
CH4	127	319.306	0,4	g
N2O	146	319.306	0,5	g
NOx	15.634	319.306	49,0	g
CO	12.547	319.306	39,3	g
NMVOC	1.119	319.306	3,5	g
SO2	1.261	319.306	3,9	g

4. CONCLUSÃO

Os cálculos realizados para a elaboração do inventário de emissões de poluentes atmosféricos levaram em consideração apenas as emissões em nível local (etapas de embarque, desembarque e taxiamento na pista), em que, através do monitoramento diário, pode-se obter o número de ciclos LTO para cada aeronave, correlacionando-a aos respectivos fatores de emissão de cada poluente (CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO, NMVOC e SO₂). Após a realização dos cálculos individuais, no período de baixa (6 a 12 de fevereiro) e alta (12 a 18 de abril) estação, foram correlacionadas as movimentações de passageiros destes mesmos períodos obtendo-se assim os coeficientes de emissões per capita, específicos para a aviação comercial no aeroporto Luís Eduardo Magalhães.

Isso permitiu verificar que, para cada passageiro embarcado ou desembarcado, estão associados a emissão de 12 kg de CO₂ e em menor quantidade o NO_x (49 g), o CO (39,3 g), o SO_x (3,9 g), NMVOC (3,5 g), o N₂O (0,5 g) e o CH₄ (0,4 g).

O uso de indicadores das emissões per capita de poluentes atmosféricos depende muito do tipo de aeronave utilizada e a taxa de ocupação dos assentos, uma vez que os fatores de emissões diferem bastante, por exemplo, entre o Boeing 737-800 com um fator de emissão para o CO₂ de 2.780 kg/LTO (7,5 kg/pessoa com 100% de ocupação) frente a 620 kg/LTO do ATR 72 que é um

turbo-hélice (4,3kg/pessoa). Portanto, esses coeficientes podem ser utilizados para estimar futuros cenários com suas devidas restrições ou considerações. Sem que se conheçam os tipos de aeronaves envolvidos e a taxa de ocupação dos assentos, pode divergir bastante da situação real.

A aviação comercial de pequeno porte não foi considerada nesse artigo devido à sua inexpressiva significância na movimentação de passageiros tanto na baixa como na alta estação (0,4 e 0,2%), tampouco a aviação militar, pelos mesmos motivos.

E para trabalhos futuros, sugere-se a complementação deste estudo com a estimativa detalhada das emissões de poluentes atmosféricos resultantes das atividades de apoio (uso de caminhões, ônibus, tratores, carregamento e descarregamento de combustíveis) necessários ao bom funcionamento de um aeroporto internacional.

5. REFERÊNCIAS

BRAGA, T. C., TANIMOTO, A. H. **Inventário das emissões atmosféricas: O caso do aeroporto Luís Eduardo Magalhães – Salvador/Ba.** VIII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. Salvador. 2013 (submetido à avaliação).

COELHO, Patrícia Ingrid de Souza. **A Importância da Localização de um Aeroporto na Qualidade do Ar - O Caso da Expansão do Aeroporto Santos Dumont na Cidade do Rio de Janeiro.** Mestrado em Engenharia de Transportes, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro. 2006.

General Electric Aviation. **CF34-8 data sheet. 2013.** Disponível em: < <http://www.geaviation.com/bga/engines/cf34-8.html> >. Acessado em: Agosto de 2013.

_____. **CF34-10 data sheet.** 2013. Disponível em: < <http://www.geaviation.com/bga/engines/cf34-10.html> >. Acessado em: agosto de 2013.

IPCC – **Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006**, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Institute for Global Environmental Strategies, Japan.

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. **Anuário Estatístico Operacional 2011.** Disponível em: < http://www.infraero.gov.br/images/stories/Estatistica/anuario/anuario_2011_2.pdf >. Acessado em: fevereiro de 2013.

_____. **Anuário Estatístico Operacional 2012.** Disponível em: < http://www.infraero.gov.br/images/stories/Estatistica/anuario/anuario_2012_oficial.zip >. Acessado em: fevereiro de 2013.

_____. **Consulte seu Voo.** Disponível em: < <http://voos.infraero.gov.br/voos/index.aspx> >. Acessado em: fevereiro e abril de 2013.

LYRA, Diógenes Ganghis Pimentel de. **Modelo integrado de gestão da qualidade do ar da região metropolitana de Salvador.** Doutorado em Engenharia Química, UNICAMP. Campinas, SP, 2008.

PEREIRA, D. N. E; FILIZOLA, A. R. **Segundo Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa** – Relatórios de Referência. Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC, 2010.

Rolls & Royce. **AE 307 data sheet.** Disponível em: < http://www.rolls-royce.com/civil/products/smallaircraft/ae_3700/index.jsp >. Acessado em: agosto de 2013.