ESTUDO DE DISPERSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS NO AEROPORTO DE SÃO PAULO / CONGONHAS

João Pedro V. Pacheco Neto
Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária - INFRAERO
Av. Washington Luis S/N – Vila Congonhas – São Paulo – SP, Fone +55 11 5090-9832,
joaopvpn@infraero.gov.br

Adma Raia Silva
Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária - INFRAERO
Rua Lider, 197 – Belo Horizonte – MG +55 31 3615-9800,
admars@infraero.gov.br

Thiago Olante Casagrande
Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária - INFRAERO
Av. Diomício Freitas, 3393 – Florianópolis – SC, Fone +55 48 3331-4229,
tocasagrande@infraero.gov.br

RESUMO

O objetivo do trabalho foi quantificar as emissões de poluentes atmosféricos do Aeroporto de Congonhas no ano de 2012 e sua dispersão em pontos pré-selecionados, estabelecendo uma linha de base para o acompanhamento da evolução das emissões, e servindo de instrumento auxiliar para a tomada de decisões relacionadas à gestão destas.

Os cálculos foram realizados no software EDMS, desenvolvido pela FAA para a realização de estudos de emissões atmosféricas em ambientes aeroportuários. Concluiu-se que o impacto do aeroporto, embora significativo, não fez com que a região apresentasse um nível de poluição fora da média observada em outros pontos da cidade.

Palavras chave: Emissões atmosféricas, Poluentes, Dispersão de Poluentes, Aeroporto de Congonhas, Aviação.

1. INTRODUÇÃO

Os níveis de poluição atmosférica produzida por fontes pontuais (indústrias, emissões naturais, queima de resíduos) ou difusas (aviões, veículos, trens) e a relação entre as condições geomorfológicas e meteorológicas, que influenciam diretamente na dispersão dos poluentes, possuem papel decisivo na qualidade do ar de uma determinada região, que por sua vez impacta a qualidade de vida e a saúde da população local.

O significativo aumento na demanda pelo transporte aéreo nos últimos anos, em especial no Brasil, trouxe como consequência um aumento nas emissões de gases poluentes na atmosfera. Muito embora os avanços tecnológicos observados nas últimas décadas tenham trazido uma melhoria na eficiência dos motores das aeronaves, acarretando na redução do consumo de combustível e emissão de gases poluentes, estes avanços não têm sido capazes de compensar o aumento das emissões.

As principais fontes de emissões de poluentes atmosféricos relacionadas às atividades aeroportuárias podem ser citadas conforme abaixo:

- Ciclo LTO;
- Fontes estacionárias (geradores, tanques de combustível);
- Veículos de serviço;
- Equipamentos de apoio em terra (GSE);
- Tráfego de acesso ao aeroporto;
- Atividades que envolvem medidas operacionais de emergência (treinamentos de incêndio).

O Ciclo LTO (Landing and Take Off Cycle), ou Ciclo de Pouso e Decolagem inclui todas as atividades próximas ao aeroporto que ocorrem abaixo da altitude de 3.000 pés (914,4 metros). Esse ciclo consiste em seis fases: aproximação / pouso e taxiamento de chegada / startup do motor / taxiamento de partida / decolagem / subida.

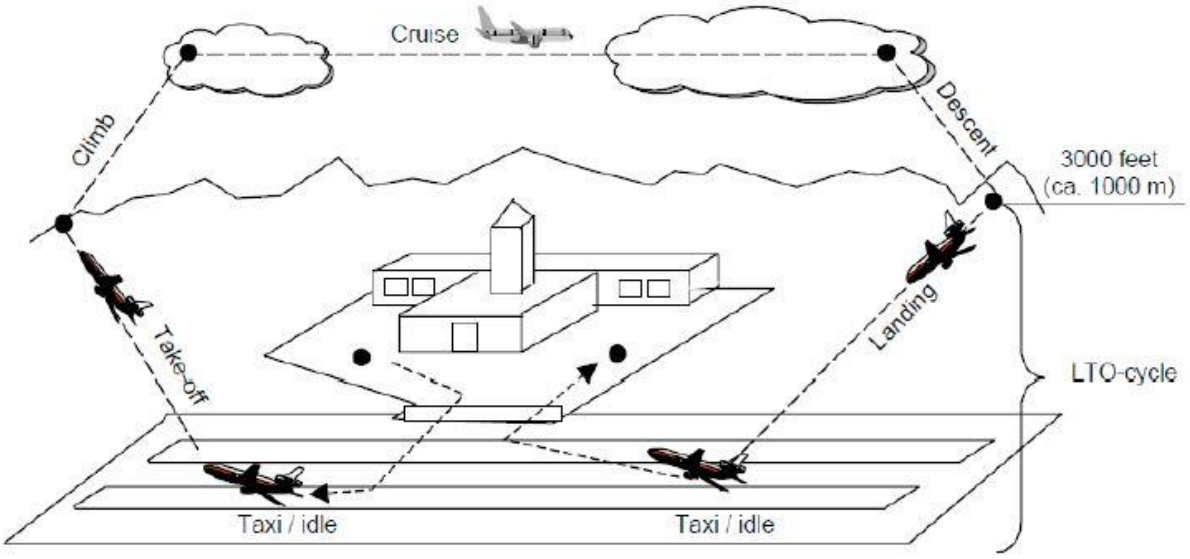


Figura 1: Etapas de um voo. Delimitação do ciclo LTO e do modo cruzeiro
(EMEP/CORINAIR 2006, Emission inventory guidebook, Group 8: Other mobile sources and machinery)

1.1. Quantificação de Poluentes e Modelagem Ambiental

O controle da poluição atmosférica, em escala local ou regional, é uma ação necessária para a segurança da saúde humana e do ambiente, permitindo analisar o resultado de ações implementadas e a necessidade de intervenções no caso de superação dos níveis limites estabelecidos pela legislação.

Por razões de caráter econômico e administrativo, o número de pontos de medição de uma rede tradicional de monitoramento da qualidade do ar é limitado, além disso, a disposição espacial destes pontos necessita ser estudada cuidadosamente, e muitas vezes nos depararemos com situações que impedirão a medição nos locais ideais.

Adicionalmente, uma rede física de monitoramento apresenta apenas um retrato do momento da medição, não permitindo uma simulação do comportamento futuro da poluição atmosférica com a variação das características das emissões.

Por este motivo, os modelos matemáticos constituem uma importante ferramenta, permitindo a simulação de diversos cenários, e a verificação das consequências resultantes destes nos níveis de poluição.

> "Uma vez acertada a boa qualidade da resposta fornecida por um modelo, isto permite analisar a contribuição das diversas fontes para a poluição geral, e então endereçar corretamente eventuais ações de limitação das emissões. Somente com modelos matemáticos é possível fazer previsões ou simular campos de concentração em conexão com políticas de limitação da liberação de poluentes em concordância com planos de melhoria da qualidade de vida da população.
>
> A introdução da modelagem matemática produz um salto de qualidade na gestão da poluição atmosférica em respeito àquela possível somente através de medidas, porque os modelos permitem funções não acessíveis às últimas." (MOREIRA, D.M., TIRABASSI, T. - Modelo matemático de dispersão de poluentes na atmosfera: Um instrumento técnico para a gestão ambiental).

Na literatura há duas principais abordagens para o desenvolvimento de inventários de emissões por aeronaves, uma está em base global, relacionada à determinação do impacto sobre as mudanças climáticas, a outra está em base local, que trata do nível de qualidade do ar nas proximidades dos aeroportos, que foi o foco do estudo realizado para o Aeroporto de Congonhas.

2. METODOLOGIA

Os trabalhos para a realização do estudo foram desenvolvidos em quatro etapas:

- Levantamento das fontes: Identificação das fontes de emissões atmosféricas e sua classificação de acordo com as categorias do modelo utilizado, a saber: aeronaves, equipamentos de apoio de solo, estacionamentos, vias de acesso, fontes estacionárias e treinamento com fogo;
- Levantamento de dados: Levantamento de dados operacionais do aeroporto junto à própria Infraero e obtenção de dados operacionais junto às empresas concessionárias e terceirizadas;
- Realização de cálculos: Utilizando-se o software EDMS, versão 5.1.4.1;
- Análises e conclusões: Análise dos valores obtidos e elaboração do Inventário de Emissões de Poluentes Atmosféricos e do Estudo de Dispersão de Poluentes Atmosféricos do Aeroporto de São Paulo / Congonhas.

O EDMS é um modelo de avaliação da qualidade do ar em aeroportos, por meio da combinação das funções de inventário e de dispersão de poluentes. O software foi desenvolvido pela Federal Aviation Administration (FAA) em cooperação com a United States Air Force (USAF) e é um dos modelos listados nas preferências da Agência Americana de Proteção Ambiental (Environmental Protection Agency – EPA).

2.1. Disposição Dos Receptores

Para o cálculo da dispersão de poluentes, devem ser estabelecidos “Receptores”, que são os pontos em que a concentração dos poluentes será calculada pelo software EDMS.

A localização dos Receptores deve ser determinada levando-se em conta alguns critérios, tais como:

- Locais onde são esperadas altas concentrações de poluentes;
- Locais onde o público em geral tenha acesso.

Considerando estes critérios, alguns exemplos de locais considerados razoáveis para a locação de um Receptor são apresentados a seguir:

- Calçadas onde o público em geral tenha acesso;
- Residências;
- Escolas;
- Parques e praças;
- Hospitais;
- Áreas de estacionamento de veículos.

Para este estudo, foram considerados 12 Receptores, a Figura 2Figura 2 mostra a localização e nomenclatura adotada para os Receptores escolhidos (indicados pelas setas vermelhas) e também a localização da Estação Cetesb Congonhas, integrante da rede automática de monitoramento da qualidade do ar da Cetesb (indicado pelo pino amarelo).



Figura 2: Localização da Estação Cetesb Congonhas e dos Receptores considerados neste estudo

3. RESULTADOS

3.1. Inventário de Poluentes

A Tabela 1 apresenta um resumo das emissões calculadas pelo EDMS, expressas em toneladas métricas anuais.

Tabela 1: Resumo do Inventário das emissões - SBSP - ano de 2012

Emissão		Total Emitido em 2012 (t)	%
CO_2	(Dióxido de Carbono)	115923,624	70,6483%
H_2O	(Água)	45450,879	27,6995%
CO	(Monóxido de Carbono)	1266,932	0,7721%
THC	(Hidrocarbonetos Totais)	74,753	0,0456%
NMHC	(Hidrocarbonetos exceto Metano)	140,073	0,0854%
VOC	(Compostos Orgânicos Voláteis)	141,123	0,0860%
TOG	(Compostos Orgânicos Totais)	145,785	0,0888%
NOx	(Óxidos de Nitrogênio)	773,867	0,4716%
SOx	(Óxidos de Enxofre)	49,767	0,0303%
MP_{10}	(Material Particulado com diâmetro equivalente entre 2,5µm e 10µm)	13,346	0,0081%
$MP_{2.5}$	(Material Particulado com diâmetro equivalente inferior a 2,5µm)	12,461	0,0076%
CH_4	(Metano)	0,713	0,0004%
Outras		92,217	0,0562%

❖ **Devido a uma limitação do software, as emissões de CO_2 são calculadas apenas para as aeronaves.**

A Tabela 2 mostra a distribuição percentual por fonte geradora dos principais poluentes atmosféricas emitidos.

Tabela 2: Distribuição percentual por fonte emissora dos principais poluentes - SBSP - ano de 2012

Poluente/Fonte Ger.	Aeronaves	GSEs	APUs	Estacionam.	Vias Acesso	Fontes Estacion.	Tr. Incêndio
CO_2	100,00%	-	-	-	-	-	-
CO	18,97%	55,12%	1,07%	0,10%	24,55%	0,18%	0,01%
THC	96,96%	0,00%	1,35%	0,00%	0,00%	1,67%	0,03%
NMHC	59,77%	18,40%	0,83%	0,08%	19,97%	0,95%	0,00%
VOC	59,01%	19,10%	0,82%	0,08%	20,07%	0,92%	0,00%
TOG	57,45%	20,15%	0,80%	0,08%	20,51%	1,00%	0,01%
NO_X	74,35%	14,66%	4,04%	0,00%	5,60%	1,35%	0,00%
SO_X	86,47%	3,77%	7,57%	0,00%	0,79%	1,39%	0,00%
MP_{10}	25,11%	36,41%	20,22%	0,04%	12,48%	5,56%	0,19%
$MP_{2,5}$	26,89%	37,53%	21,65%	0,02%	7,74%	5,95%	0,20%
CH_4	4,35%	74,89%	0,00%	0,00%	0,00%	18,51%	2,24%

❖ **Devido a uma limitação do software, as emissões de CO_2 são calculadas apenas para as aeronaves.**

3.2. Dispersão de Poluentes

Devido ao grande volume de dados e tamanho dos arquivos de saída, foram calculadas no estudo apenas as concentrações de dispersão para os seguintes poluentes e bases de cálculo:

- CO – Concentração média em 8 horas, 24 horas e todo o período;
- NOx – Concentração média em 1 hora, 24 horas e todo o período;
- SOx – Concentração média em 8 horas, 24 horas e todo o período;
- MP_{10} – Concentração média em 8 horas, 24 horas e todo o período;
- $MP_{2,5}$ – Concentração média em 24 horas e anual (todo o período).

As tabelas Tabela 3,Tabela 4, Tabela 5, Tabela 6 e Tabela 7 apresentam respectivamente um resumo das concentrações médias máximas calculadas pelo EDMS para CO, NOx, SOx, MP_{10} e $MP_{2,5}$ em cada Receptor, comparando-as com os valores máximos medidos pela Estação Cetesb Congonhas no ano de 2012, e com os limites vigentes do DE nº 59113/2013 (é necessário observar que os dados da Estação Cetesb também abrangem emissões de poluentes não relacionados às operações aeroportuárias).

A primeira coluna apresenta a identificação do Receptor;

A segunda coluna apresenta o período de cálculo das concentrações médias máximas: 1 hora, 8 horas, 24 horas ou todo o período do estudo (ano de 2012);

A terceira coluna apresenta quais grupos de fontes emissoras estão incluídos nos resultados apresentados, no estudo em questão, os resultados apresentados consideraram a inclusão de todas as fontes identificadas, ou seja, Aeronaves, GSEs, APUs, Estacionamentos, Vias de Acesso, Fontes Estacionárias e Treinamentos de Incêndio;

A última coluna apresenta o dia onde ocorreu a concentração média máxima correspondente.

Também em função da enorme quantidade de dados calculados, as tabelas abaixo apresentam apenas o valor máximo encontrado na modelagem para cada cenário apresentado, de forma que um valor máximo apresentado que fique abaixo dos limites normativos significa que em nenhum momento no período analisado (ano de 2012) este limite foi ultrapassado, já um valor máximo apresentado que ultrapasse o limite normativo significa que em pelo menos um momento do ano de 2012 este limite foi ultrapassado, todavia não significando que esta seja uma situação frequente.

Tabela 3: Resumo das Concentrações de CO - Aeroporto de São Paulo/Congonhas 2012

Receptor Name	Period	Source Group	Max. 8-HR Average Concentration (µg/m³)	Date
Av. Jurandir PR-Q	8-HR	All	971,20	15/03/2012
Bombeiros	8-HR	All	943,31	07/06/2012
Jabaquara-35L	8-HR	All	411,08	25/06/2012
Jabaquara-35R	8-HR	All	1097,15	13/03/2012
Lider	8-HR	All	865,82	06/04/2012
Moema-17L	8-HR	All	2547,26	13/03/2012
Moema-17R	8-HR	All	1545,27	08/08/2012
Pantaleão Teles x Tamoios	8-HR	All	1047,93	02/05/2012
Pavilhão Autoridades	8-HR	All	3546,86	27/12/2012
TAM Executiva	8-HR	All	1193,62	13/03/2012
Target	8-HR	All	6002,82	27/04/2012
TPS Ala Sul	8-HR	All	6642,48	03/04/2012
Estação CETESB Congonhas *	8-HR	-	6644,00	-
Limite vigente DE nº 59113/2013**	8-HR	-	10310,00	-

Receptor Name	Period	Source Group	Max. Daily Average Concentration (µg/m³)	Date
Av. Jurandir PR-Q	24-HR	All	406,21	15/03/2012
Bombeiros	24-HR	All	571,52	07/06/2012
Jabaquara-35L	24-HR	All	132,87	25/06/2012
Jabaquara-35R	24-HR	All	407,10	13/03/2012
Lider	24-HR	All	314,83	06/04/2012
Moema-17L	24-HR	All	957,32	13/03/2012
Moema-17R	24-HR	All	825,23	31/05/2012
Pantaleão Teles x Tamoios	24-HR	All	635,13	29/05/2012
Pavilhão Autoridades	24-HR	All	2412,94	09/05/2012
TAM Executiva	24-HR	All	440,87	13/03/2012
Target	24-HR	All	3365,89	31/05/2012
TPS Ala Sul	24-HR	All	5410,68	15/06/2012

Receptor Name	Period	Source Group	All Period Average Concentration (µg/m³)
Av. Jurandir PR-Q	Period	All	30,12
Bombeiros	Period	All	54,82
Jabaquara-35L	Period	All	5,23
Jabaquara-35R	Period	All	9,64
Lider	Period	All	22,89
Moema-17L	Period	All	139,45
Moema-17R	Period	All	109,86
Pantaleão Teles x Tamoios	Period	All	76,18
Pavilhão Autoridades	Period	All	929,32
TAM Executiva	Period	All	11,48
Target	Period	All	1233,19
TPS Ala Sul	Period	All	2255,05

*****O valor medido da Estação CETESB foi de 5,8 ppm CO ≈ 6.644 µg/m³ CO (25°C e 1atm)

**9ppm CO ≈ 10.310 µg/m³ CO (25°C e 1atm)

Tabela 4: Resumo das Concentrações de NOx - Aeroporto de São Paulo/Congonhas 2012

Receptor Name	Period	Source Group	Max. Hourly Average Concentration (µg/m³)	Date
Av. Jurandir PR-Q	1-HR	All	886,87	13/03/2012
Bombeiros	1-HR	All	886,93	15/03/2012
Jabaquara-35L	1-HR	All	1895,01	01/09/2012
Jabaquara-35R	1-HR	All	1249,78	24/09/2012
Lider	1-HR	All	2022,73	19/07/2012
Moema-17L	1-HR	All	1762,08	27/09/2012
Moema-17R	1-HR	All	3873,50	24/05/2012
Pantaleão Teles x Tamoios	1-HR	All	1116,26	01/03/2012
Pavilhão Autoridades	1-HR	All	3351,35	21/05/2012
TAM Executiva	1-HR	All	806,65	13/03/2012
Target	1-HR	All	3049,63	28/08/2012
TPS Ala Sul	1-HR	All	6182,96	01/03/2012
Estação CETESB Congonhas (NO+NO_2)*	1-HR	-	953,00	-
Estação CETESB Congonhas (apenas NO_2)	1-HR	-	222,00	-
Limite vigente DE nº 59113/2013**	1-HR	-	260,00	-

Receptor Name	Period	Source Group	Max. Daily Average Concentration (µg/m³)	Date
Av. Jurandir PR-Q	24-HR	All	125,44	15/03/2012
Bombeiros	24-HR	All	149,20	07/06/2012
Jabaquara-35L	24-HR	All	102,50	23/04/2012
Jabaquara-35R	24-HR	All	127,16	15/03/2012
Lider	24-HR	All	120,00	19/07/2012
Moema-17L	24-HR	All	205,66	31/05/2012
Moema-17R	24-HR	All	280,66	21/05/2012
Pantaleão Teles x Tamoios	24-HR	All	146,50	20/07/2012
Pavilhão Autoridades	24-HR	All	436,89	09/05/2012
TAM Executiva	24-HR	All	91,27	15/03/2012
Target	24-HR	All	732,23	31/05/2012
TPS Ala Sul	24-HR	All	1095,70	15/06/2012

Receptor Name	Period	Source Group	All Period Average Concentration (µg/m³)
Av. Jurandir PR-Q	Period	All	22,84
Bombeiros	Period	All	27,71
Jabaquara-35L	Period	All	8,55
Jabaquara-35R	Period	All	19,43
Lider	Period	All	20,89
Moema-17L	Period	All	61,54
Moema-17R	Period	All	38,68
Pantaleão Teles x Tamoios	Period	All	22,09
Pavilhão Autoridades	Period	All	171,68
TAM Executiva	Period	All	16,01
Target	Period	All	268,97
TPS Ala Sul	Period	All	417,18
Limite vigente DE nº 59113/2013**	Period	-	60,00

*****Os valores da Estação CETESB são medidos apenas para NO e NO_2, enquanto o software EDMS faz os cálculos para NO_X, abrangendo o NO, o NO_2, e outras frações, o resultado apresentado é a soma apenas do NO e NO_2.

**Os Limites do DE 59113/2013 se referem apenas ao NO_2, enquanto o EDMS faz os cálculos para NO_X, abrangendo o NO, o NO_2 e outras frações.

Tabela 5: Resumo das Concentrações de SOx - Aeroporto de São Paulo/Congonhas 2012

Receptor Name	Period	Source Group	Max. 8-HR Average Concentration (µg/m³)	Date
Av. Jurandir PR-Q	8-HR	All	13,21	24/09/2012
Bombeiros	8-HR	All	14,46	07/06/2012
Jabaquara-35L	8-HR	All	17,44	23/04/2012
Jabaquara-35R	8-HR	All	39,95	13/03/2012
Lider	8-HR	All	13,64	19/07/2012
Moema-17L	8-HR	All	74,43	13/03/2012
Moema-17R	8-HR	All	39,34	24/05/2012
Pantaleão Teles x Tamoios	8-HR	All	11,63	02/05/2012
Pavilhão Autoridades	8-HR	All	39,63	19/07/2012
TAM Executiva	8-HR	All	24,59	11/04/2012
Target	8-HR	All	21,80	13/06/2012
TPS Ala Sul	8-HR	All	64,28	18/07/2012

Receptor Name	Period	Source Group	Max. Daily Average Concentration (µg/m³)	Date
Av. Jurandir PR-Q	24-HR	All	7,39	15/03/2012
Bombeiros	24-HR	All	7,87	27/04/2012
Jabaquara-35L	24-HR	All	5,89	23/04/2012
Jabaquara-35R	24-HR	All	15,71	13/03/2012
Lider	24-HR	All	7,16	05/09/2012
Moema-17L	24-HR	All	27,46	13/03/2012
Moema-17R	24-HR	All	15,57	21/05/2012
Pantaleão Teles x Tamoios	24-HR	All	7,59	20/07/2012
Pavilhão Autoridades	24-HR	All	17,85	19/07/2012
TAM Executiva	24-HR	All	9,06	11/04/2012
Target	24-HR	All	14,18	31/05/2012
TPS Ala Sul	24-HR	All	48,91	15/06/2012
Estação CETESB Congonhas *	24-HR	-	13,00	-
Limite vigente DE nº 59113/2013**	24-HR	-	60,00	-

Receptor Name	Period	Source Group	All Period Average Concentration (µg/m³)
Av. Jurandir PR-Q	Period	All	1,59
Bombeiros	Period	All	1,89
Jabaquara-35L	Period	All	0,55
Jabaquara-35R	Period	All	1,27
Lider	Period	All	1,56
Moema-17L	Period	All	3,61
Moema-17R	Period	All	2,01
Pantaleão Teles x Tamoios	Period	All	1,28
Pavilhão Autoridades	Period	All	5,42
TAM Executiva	Period	All	1,07
Target	Period	All	6,27
TPS Ala Sul	Period	All	16,93
Limite vigente DE nº 59113/2013**	Period	-	40,00

*Os valores medidos pela Estação CETESB são referentes apenas ao SO_2, enquanto o software EDMS faz os cálculos para SO_X, abrangendo o SO_2 e o SO_3.

**Os Limites do DE 59113/2013 são referentes apenas ao SO_2, enquanto o software EDMS faz os cálculos para SO_X, abrangendo o SO_2 e o SO_3.

Tabela 6: Resumo das Concentrações de MP_{10} - Aeroporto de São Paulo/Congonhas 2012

Receptor Name	Period	Source Group	Max. 8-HR Average Concentration (µg/m³)	Date
Av. Jurandir PR-Q	8-HR	All	9,30	15/03/2012
Bombeiros	8-HR	All	8,67	07/06/2012
Jabaquara-35L	8-HR	All	3,62	01/09/2012
Jabaquara-35R	8-HR	All	4,89	15/03/2012
Lider	8-HR	All	7,59	06/04/2012
Moema-17L	8-HR	All	7,92	03/05/2012
Moema-17R	8-HR	All	11,89	17/08/2012
Pantaleão Teles x Tamoios	8-HR	All	9,82	02/05/2012
Pavilhão Autoridades	8-HR	All	30,00	27/12/2012
TAM Executiva	8-HR	All	6,59	13/03/2012
Target	8-HR	All	56,82	31/05/2012
TPS Ala Sul	8-HR	All	65,19	28/05/2012
Receptor Name	**Period**	**Source Group**	**Max. Daily Average Concentration (µg/m³)**	**Date**
Av. Jurandir PR-Q	24-HR	All	3,79	15/03/2012
Bombeiros	24-HR	All	5,31	07/06/2012
Jabaquara-35L	24-HR	All	1,16	25/06/2012
Jabaquara-35R	24-HR	All	2,48	15/03/2012
Lider	24-HR	All	2,79	05/05/2012
Moema-17L	24-HR	All	4,75	31/07/2012
Moema-17R	24-HR	All	6,12	17/08/2012
Pantaleão Teles x Tamoios	24-HR	All	5,81	29/05/2012
Pavilhão Autoridades	24-HR	All	17,65	21/05/2012
TAM Executiva	24-HR	All	2,47	13/03/2012
Target	24-HR	All	38,71	31/05/2012
TPS Ala Sul	24-HR	All	53,82	15/06/2012
Estação CETESB Congonhas	24-HR	-	94,00	-
Limite vigente DE nº 59113/2013	24-HR	-	120,00	-
Receptor Name	**Period**	**Source Group**	**All Period Average Concentration (µg/m³)**	
Av. Jurandir PR-Q	Period	All	0,30	
Bombeiros	Period	All	0,52	
Jabaquara-35L	Period	All	0,07	
Jabaquara-35R	Period	All	0,14	
Lider	Period	All	0,20	
Moema-17L	Period	All	1,20	
Moema-17R	Period	All	0,85	
Pantaleão Teles x Tamoios	Period	All	0,69	
Pavilhão Autoridades	Period	All	5,93	
TAM Executiva	Period	All	0,14	
Target	Period	All	13,07	
TPS Ala Sul	Period	All	19,89	
Limite vigente DE nº 59113/2013	Period	-	40,00	

Tabela 7: Resumo das Concentrações de $MP_{2,5}$ - Aeroporto de São Paulo/Congonhas 2012

Receptor Name	Period	Source Group	Max. Daily Average Concentration (μg/m³)	Date
Av. Jurandir PR-Q	24-HR	All	3,54	15/03/2012
Bombeiros	24-HR	All	4,98	07/06/2012
Jabaquara-35L	24-HR	All	1,10	01/09/2012
Jabaquara-35R	24-HR	All	2,37	15/03/2012
Lider	24-HR	All	2,63	05/05/2012
Moema-17L	24-HR	All	4,45	31/07/2012
Moema-17R	24-HR	All	5,46	17/08/2012
Pantaleão Teles x Tamoios	24-HR	All	5,47	29/05/2012
Pavilhão Autoridades	24-HR	All	15,43	21/05/2012
TAM Executiva	24-HR	All	2,47	13/03/2012
Target	24-HR	All	37,49	31/05/2012
TPS Ala Sul	24-HR	All	51,56	15/06/2012
Estação CETESB Congonhas	24-HR	-	48,00	-
Limite vigente DE nº 59113/2013	24-HR	-	60,00	-

Receptor Name	Period	Source Group	All Period Average Concentration (μg/m³)
Av. Jurandir PR-Q	Period	All	0,29
Bombeiros	Period	All	0,49
Jabaquara-35L	Period	All	0,07
Jabaquara-35R	Period	All	0,13
Lider	Period	All	0,20
Moema-17L	Period	All	1,06
Moema-17R	Period	All	0,71
Pantaleão Teles x Tamoios	Period	All	0,65
Pavilhão Autoridades	Period	All	4,24
TAM Executiva	Period	All	0,13
Target	Period	All	12,65
TPS Ala Sul	Period	All	18,21
Limite vigente DE nº 59113/2013	Period	-	20,00

4. PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

Os padrões de qualidade do ar do Estado de São Paulo foram estabelecidos em 1976, pelo Decreto Estadual nº 8468/76, já os padrões nacionais foram estabelecidos pelo IBAMA e aprovados pelo CONAMA por meio da Resolução CONAMA nº 03/90.

Em 2005, a Organização Mundial de Saúde publicou documento com uma revisão dos valores-guia para os poluentes atmosféricos, visando à proteção da saúde da população, à luz dos conhecimentos científicos adquiridos até então.

Em 2008, o Estado de São Paulo iniciou um processo de revisão dos padrões de qualidade do ar, baseando-se nas diretrizes estabelecidas pela OMS. Este processo culminou na publicação do Decreto Estadual nº 59113 de 23/04/2013, estabelecendo novos padrões de qualidade do ar por intermédio de um conjunto de metas gradativas e progressivas, para que a poluição atmosférica seja reduzida a níveis desejáveis ao longo do tempo.

O Decreto Estadual nº 59113/2013 estabelece que a administração da qualidade do ar no território do Estado de São Paulo será efetuada através de Padrões de Qualidade do Ar, observados os seguintes critérios:

• Metas Intermediárias (MI): estabelecidas como valores temporários a serem cumpridos em etapas, visando à melhoria gradativa da qualidade do ar, baseada na busca pela redução das emissões de fontes fixas e móveis, em linha com os princípios do desenvolvimento sustentável;

• Padrões Finais (PF): Padrões determinados pelo melhor conhecimento científico para que a saúde da população seja preservada ao máximo em relação aos danos causados pela poluição atmosférica.

A Tabela 8 apresenta os padrões de qualidade do ar estabelecidos no DE nº 59113/2013, sendo que os padrões vigentes estão assinalados em vermelho.

Tabela 8: Padrões Estaduais de Qualidade do Ar (Cetesb)

Padrões Estaduais de Qualidade do Ar (Decreto Estadual nº 59113 de 23/04/2013)					
Poluente	**Tempo de Amostragem**	**MI1** (µg/m³)	**MI2** (µg/m³)	**MI3** (µg/m³)	**PF** (µg/m³)
Partículas inaláveis (MP_{10})	24 horas MAA_1	120 40	100 35	75 30	50 20
Partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$)	24 horas MAA_1	60 20	50 17	37 15	25 10
Dióxido de enxofre (SO_2)	24 horas MAA_1	60 40	40 30	30 20	20 -
Dióxido de nitrogênio (NO_2)	1 hora MAA_1	260 60	240 50	220 45	200 40
Ozônio (O_3)	8 horas	140	130	120	100
Monóxido de carbono (CO)	8 horas	-	-	-	9 ppm***
Fumaça* (FMC)	24 horas MAA_1	120 40	100 35	75 30	50 20
Partículas totais em suspensão* (PTS)	24 horas MGA_2	- -	- -	- -	240 80

Chumbo** (Pb)	MAA_1	-	-	-	0,5

1 – Média aritmética anual.
2 – Média geométrica anual
* Fumaça e Partículas Totais em Suspensão – parâmetros auxiliares a serem utilizados apenas em situações específicas, a critério da CETESB
** Chumbo – a ser monitorado apenas em áreas específicas, a critério da CETESB.
***9ppm CO ≈ 10.310 µg/m³ CO (25°C e 1atm)

A Legislação Estadual (DE nº 59113/2013) estabelece também critérios para episódios agudos de poluição do ar. A declaração dos estados de Atenção, Alerta e Emergência requer, além dos níveis de concentração ultrapassados, a previsão de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes.

Tabela 9: Critérios para Episódios Agudos de Poluição do Ar (Cetesb)

Critérios para episódios agudos de poluição do ar (Decreto Estadual nº 59113 de 23/04/2013)			
Parâmetros	**Atenção**	**Alerta**	**Emergência**
Partículas inaláveis finas (µg/m³) – 24h	125	210	250
Partículas inaláveis (µg/m³) – 24h	250	420	500
Dióxido de enxofre (µg/m³) – 24h	800	1.600	2.100
Dióxido de nitrogênio (µg/m³) – 1h	1.130	2.260	3.000
Monóxido de carbono (ppm) – 8h	15	30	40
Ozônio (µg/m³) – 8h	200	400	600

Os padrões federais de qualidade do ar, assim como os critérios para episódios agudos de poluição do ar estabelecidos na Resolução CONAMA nº 03/90 podem ser visualizados em: www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html.

5. CONCLUSÕES

A qualidade do ar na área de influência do aeroporto, e o impacto que os poluentes acarretam na atmosfera local dependem diretamente, não só da composição e volume dos gases emitidos pelas fontes presentes no aeroporto e externas, como também dos mecanismos naturais de dispersão.

O Estado de São Paulo possui variações sazonais significativas das condições atmosféricas, distinguindo-se nitidamente as condições climáticas de inverno e verão, sendo que as concentrações mais altas de poluentes, à exceção do ozônio, ocorrem geralmente no período entre os meses de maio e setembro, este fato se deve à maior ocorrência, neste período, de inversões térmicas em baixos níveis, períodos de calmaria ou ventos fracos e baixos índices pluviométricos.

O estudo, objeto deste artigo, foi limitado à geração, através de modelagem por software, do Inventário de Emissões de Poluentes Atmosféricos do Aeroporto de São Paulo/Congonhas para o ano base de 2012, como forma de avaliar o quantitativo de emissões geradas, suas respectivas fontes, e sua dispersão.

Em relação à emissão de poluentes, analisando-se os resultados apresentados na Tabela 1, verifica-se que as emissões de CO_2 destacam-se enormemente dentre as demais. Esta informação, associada ao fato de que o ciclo LTO representa 76,67% das emissões de CO_2e no aeroporto de Congonhas (INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA - ANO BASE 2012 - AEROPORTO DE SÃO PAULO/CONGONHAS - abril de 2014), deixa claro que, apesar

das emissões de CO_2 terem sido calculadas apenas para as aeronaves, a maior parcela das emissões atmosféricas geradas pelo aeroporto é proveniente da operação destas.

Com relação aos demais poluentes listados na Tabela 2, observa-se que, com exceção do CO, dos MPs e do metano, a operação das aeronaves é também a responsável pela maior parcela das emissões.

Cabe salientar também que, em estudos anteriores realizados pela Infraero, o resultado invariavelmente aponta a operação direta das aeronaves como o maior contribuinte das emissões.

Em relação à dispersão dos poluentes, observa-se que, com exceção do NOx, todos os poluentes modelados apresentaram concentrações máximas abaixo do limite vigente.

No caso do NOx, não é possível estabelecer uma comparação direta confiável, uma vez que o limite vigente se refere apenas ao NO_2, enquanto o EDMS faz a modelagem para NOx, que abrange as diversas frações de óxidos de nitrogênio, como o NO, NO_2 e N_2O. No entanto, levando-se em consideração que o NO se oxida rapidamente na atmosfera, convertendo-se em NO_2, que o valor medido de NO_2 na Estação CETESB Congonhas, que fica muito próxima ao aeroporto, ficou dentro do limite estabelecido pelo DE nº 59113/2013, e considerando que a rosa dos ventos do aeroporto no ano de 2012 aponta que a direção predominante dos ventos no ano tenderia a levar os poluentes em direção à estação da CETESB, é possível inferir que as emissões de NO_2 do aeroporto também estariam dentro do limite vigente.

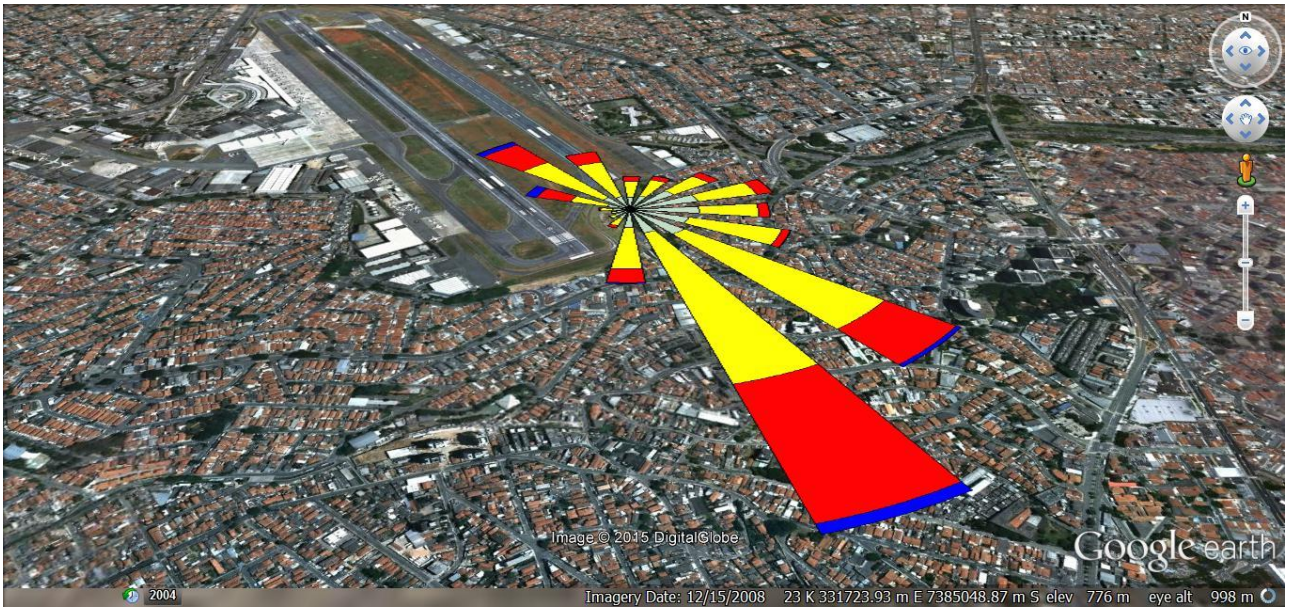


Figura 3: Rosa dos Ventos anual 2012 – Aeroporto de São Paulo / Congonhas

Em face dos dados apresentados na Tabela 10, comparando os resultados da estação CETESB Congonhas com algumas outras estações de monitoramento espalhadas pela cidade de São Paulo, conclui-se que o impacto do aeroporto, embora significativo, não faz com que a região apresente um nível de poluição fora da média observada em outros pontos da cidade.

Tabela 10: Valores Máximos Medidos em Algumas Estações da Rede Automática da CETESB no Ano de 2012 (Cetesb)

Valores em µg/m3	CO Máx. 8-HR	NO_2 Máx. 1-HR	SO_2 Máx. 24-HR	MP_{10} Máx. 24-HR	$MP_{2,5}$ Máx. 24-HR
Cerqueira César	4582	185	14	104	-
Congonhas	6644	222	13	94	48
Interlagos	-	207	11	98	-
IPEN-USP	3780	203	-	-	71
Marg. Tietê - Pte dos Remédios	3208	207	9	145	89

Parque D. Pedro II	5843	202	-	93	-
Pinheiros	7103	250	-	-	57

*1ppm CO ≈ 1.145,60 µg/m³ CO (25°C e 1atm)

Ressalta-se que, com o crescimento da cidade ao redor do aeroporto, este encontra-se inserido em área densamente habitada e com intenso tráfego de veículos que não possuem nenhuma ligação com o aeroporto, o que causa grande impacto na qualidade do ar e torna muito difícil a separação das emissões do aeroporto das emissões das demais fontes através de medição direta.

Os dados da Tabela 11 ilustram bem os impactos causados por fontes que não possuem ligação com o aeroporto, apresentando uma situação bastante comum, onde as maiores concentrações medidas de poluentes na Estação CETESB Congonhas aconteceram justamente em períodos onde o aeroporto está fechado para pousos e decolagens (23:00PM a 06:00AM), mostrando claramente a influência de fontes alheias à operação aeroportuária na poluição local.

Por fim, em analogia com o ruído aeronáutico, possíveis impactos oriundos das emissões atmosféricas do aeroporto nas áreas vizinhas estão essencialmente ligados a falhas da legislação de uso e ocupação do solo no entorno do aeroporto, uma vez que a comunidade foi se instalando no seu entorno com o passar do tempo.

Tabela 11: Valores Medidos na Estação CETESB Congonhas em 08/06/2015 (Cetesb)

Qualidade do Ar - Estação CETESB Congonhas - 08/06/2015										
	SO_2 µg/m³		NO_2 µg/m³		MP_{10} µg/m³		CO ppm		$MP_{2.5}$ µg/m³	
Hora	Média horária	Índice / Qualidade	Média horária	Índice / Qualidade	Média horária	Índice / Qualidade	Média horária	Índice / Qualidade	Média horária	Índice / Qualidade
1:00 AM		8	--	--	63	25	3.6	12	53	36
2:00 AM	7	8	74	15	66	25	3.5	14	51	38
3:00 AM	6	8	68	14	61	26	2.9	15	59	39
4:00 AM	--	8	78	15	89	28	3.0	15	69	45
5:00 AM	6	8	57	11	82	30	--	15	73	48
6:00 AM	6	8	50	10	56	31	2.4	15	46	50
7:00 AM	6	8	51	10	49	32	2.9	14	46	51
8:00 AM	8	8	50	10	64	32	2.0	13	41	53
9:00 AM	10	10	66	13	49	33	1.4	11	30	54
10:00 AM	12	10	98	20	50	34	1.9	11	33	54
11:00 AM	10	10	99	20	50	36	1.5	10	25	56
12:00 PM	6	10	83	17	39	36	1.1	8	21	56
1:00 PM	3	10	58	12	15	36	1.0	8	10	56
2:00 PM	3	10	59	12	21	36	--	8	5	56
3:00 PM	4	10	66	13	15	36	1.3	6	20	56
4:00 PM	4	12	65	13	29	36	1.2	6	9	56
5:00 PM	3	12	66	13	16	36	1.5	6	13	56
6:00 PM	4	12	89	18	27	36	1.9	6	17	56
7:00 PM	5	12	99	20	31	37	2.3	7	12	56
8:00 PM	6	12	106	21	30	37	2.2	7	19	56
9:00 PM	5	12	97	19	37	37	2.0	8	24	54
10:00 PM	7	12	102	20	45	36	3.8	9	27	54
11:00 PM	9	12	119	24	52	36	4.1	11	57	54
12:00 AM	13	12	138	27	135	39	5.0	12	81	56

Índice / Qualidade	0 - 40	41 - 80	81 - 120	121 - 200	> 200
	N1 - Boa	N2 - Moderada	N3 - Ruim	N4 - Muito Ruim	N5 – Péssima

6. REFERÊNCIAS

AIRPORT COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM Report 71 “Guidance for Quantifying the Contribution of Airport Emissions to Local Air Quality”, 2012.

CARVALHO, NEISE RIBEIRO VIEIRA “Indicadores Ambientais para o Transporte com Foco na Qualidade do Ar” Dissertação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2005.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO “Qualidade do ar no Estado de São Paulo - 2012”, Relatório publicado em 2013.

COELHO, PATRICIA 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” Tese pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2006.

EUROPEAN MONITORING AND EVALUATION PROGRAMME (EMEP) / EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). - EMEP/EEA “Air Pollutant Emission Inventory Guidebook”, 2009, updated December 2010.

INFRAERO “Inventário de Emissões de Poluentes Atmosféricos - Ano Base 2012 - Aeroporto Internacional Pinto Martins - Fortaleza/CE”, 2013.

INFRAERO / PRÓ-AMBIENTE ASSESSORIA AMBIENTAL LTDA. “Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa - Ano Base 2012 - Aeroporto de São Paulo/Congonhas”, 2014.

INFRAERO / VPC/BRASIL TECNOLOGIA AMBIENTAL E URBANISMO “EIA-RIMA do Aeroporto de São Paulo/Congonhas”, 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) “Summary for Policymakers, Aviation and the Global Atmosphere”, 1999.

JARDINE, C.N. “Calculating the Environmental Impact of Aviation Emissions”, Environmental Change Institute, Oxford University, 2005.

MOREIRA, D. M., TIRABASSI, T. “Modelo Matemático de Dispersão de Poluentes na Atmosfera: Um Instrumento Técnico para a Gestão Ambiental” Ambiente & Sociedade, 2004.Vol. VII, nº 2, p. 159-171.

ROCHA, A. C. “Estimativa Simulada das Emissões Atmosféricas Diárias da Aviação Civil Regular no Brasil em um Dia Específico” Dissertação de Mestrado pelo INPE, 2012.