
Monitoramento de Poluentes Atmosféricos em Aeroportos: A Qualidade do Ar no Aeroporto Bacacheri

Carlos Daniel Jabonski¹, Pedro Ramos da Costa Neto²

1 Mestrando em Ciência e Tecnologia Ambiental, UTFPR, Especialista em Educação Ambiental, Bacharel em Ciências Aeronáuticas, Subtenente do Batalhão Policial Militar de Operações Aéreas do Paraná. E-mail: carlosjabonski@alunos.utfpr.edu.br.

2 Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. E-mail: pedroneto@utfpr.edu.br

RESUMO: A aviação, dos primórdios até os dias atuais, desperta grande curiosidade. O voo, a facilidade em encurtar distâncias, unir pessoas, cidades e países são fatores de grande entusiasmo. O tráfego aéreo está em crescimento, basta observar o dia a dia em um aeroporto. Porém, ações como acionar, taxiar, decolar e pousar aeronaves geram emissões de poluentes atmosféricos. Este trabalho consistiu em monitorar os gases ozônio (O₃), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de nitrogênio (NO), dióxido de nitrogênio (NO₂) e monóxido de carbono (CO), no Aeroporto Bacacheri em Curitiba, com uma estação portátil de monitoramento de poluentes atmosféricos, modelo AQMesh. A estação de monitoramento foi instalada em períodos distintos no pátio de manobras de aeronaves e nos hangares 12 e 34 pertencentes ao Batalhão de Polícia Militar de Operações Aéreas do Paraná, nos meses de junho, julho e outubro de 2016, totalizando quarenta e quatro dias de medições. Foi elaborado o Boletim do Índice da Qualidade do Ar do Aeroporto Bacacheri, posteriormente, os resultados do monitoramento dos poluentes atmosféricos no aeroporto foram comparados com dados das estações de monitoramento instaladas no bairro Santa Cândida e Praça Ouvidor Pardiniho, em Curitiba. A partir destas análises, foi observado que somente no aeroporto o dióxido de enxofre alterou o índice da qualidade do ar, classificando-o como regular. Para a interpretação dos dados, também foi aplicada a Análise de Componentes Principais visando à similaridade entre as variáveis. A estação de monitoramento de poluentes atmosféricos foi uma ferramenta eficaz para a realização deste trabalho, o qual apresenta informações para estudos futuros e para um possível programa de gerenciamento de emissões atmosféricas em aeroportos.

PALAVRAS CHAVE: Aviação. Gases. Meio Ambiente.

Air Pollutant Monitoring at Airports: Air Quality at Bacacheri Airport

ABSTRACT: Aviation, from early days to the present, arouses great curiosity. The flight, the ease in shortening distances, uniting people, cities and countries are factors of great enthusiasm. Air traffic is growing, it is just to observe the daily routine at an airport. However, actions such as triggering, taxiing, taking off and landing aircrafts generate emissions of air pollutants. This work consisted of monitoring: ozone gases (O₃), sulfur dioxide (SO₂), nitrogen monoxide (NO), nitrogen dioxide (NO₂) and carbon monoxide (CO), at Bacacheri Airport in Curitiba, with a portable station for atmospheric pollutants monitoring, model AQMesh. The monitoring station was installed at different periods in the aircraft maneuvering yard and hangars 12 and 34 which belong to the Military Police Battalion of Air Operations of Paraná, in the months of June, July and October of 2016, totaling forty-four days of measurements. The Air Quality Index Bulletin of the Bacacheri Airport was elaborated, and the results the air pollutants monitoring at the airport were compared with data from the monitoring stations located in the neighborhood Santa Cândida and Ouvidor Pardiniho square in Curitiba. From these analyzes, it was observed that only at the airport, sulfur dioxide changed the air quality index by classifying it as regular. For the data interpretation, the Principal Component Analysis was also applied aiming at identifying similarity between the variables. The air pollutant monitoring station was an effective tool to carry out this study, which presents information for future studies and for a possible atmospheric emissions management program at airports.

KEY WORDS: Aviation. Gases. Environment.

Citação: Jabonski, CD, Neto, PRC. (2018) Monitoramento de Poluentes Atmosféricos em Aeroportos: A Qualidade do Ar no Aeroporto Bacacheri. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 9, No. 1, pp. 84-97.

1 INTRODUÇÃO

O ar é composto em média de 78% de Nitrogênio, 21% de Oxigênio e 1% de outros gases (MANAHAN, 2013, p. 278). A disponibilização é de forma gratuita, porém, sua falta é implacável, minutos sem sua presença, e o caos estaria implantado no planeta.

Com o advento da Revolução Industrial, a degradação da qualidade do ar tornou-se intensa, a busca pela energia por meio da queima de combustíveis fósseis fez com que aumentasse a concentração de poluentes na atmosfera. As fontes fixas (indústrias) e fontes móveis (veículos terrestres, aquáticos e aéreos) movidos por meio da queima de energia fóssil possuem ações impactantes no meio ambiente e conseqüentemente na saúde pública. De acordo com Alcântara (2009, p.08), definem-se como impacto ambiental as alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, resultantes de ações antrópicas ou não. O projeto de Santos Dumont, voo com um aparelho motorizado mais pesado que o ar, o qual foi um marco em 1906 para o desenvolvimento da aviação, seguiu a linha do tempo, sendo que o aparelho utilizado para o transporte aéreo, movido com essa energia, ganhou grande notoriedade, encurtou distâncias, aproximou pessoas, cidades e países. Quando discorrem sobre emissões de poluentes atmosféricos, visualizam-se chaminés de empresas de complexos industriais com suas plumas de fumaça e o tráfego de veículos automotores nas grandes cidades. A aviação apresenta um tráfego intenso de aeronaves que, por sua vez, também são fontes antropogênicas de emissão de poluentes atmosféricos, porém o assunto não é trazido alude em palestras ou seminários tanto quanto o ruído, apesar de que a redução de emissões e ruídos nos aeroportos seja um dos objetivos da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero) quanto ao viés ambiental (INFRAERO, 2016 a).

O artigo 225 da Constituição Brasileira de 1988 versa que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para a presente e as futuras gerações (BRASIL, 1988).

Este trabalho traz resultados de análise, correlação e fundamentação com a legislação ambiental de como se apresentou o índice da qualidade do ar perante a movimentação no Aeroporto Bacacheri, situado em Curitiba – PR, no período de junho, julho e outubro de 2016, nas respectivas condições climáticas.

1.1 POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Os poluentes atmosféricos são definidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – Conama por meio da Resolução nº 03 de 1990 (CONAMA, 1990), conforme segue:

Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

I - impróprio nocivo ou ofensivo à saúde;

II - inconveniente ao bem-estar público;

III - danoso aos materiais, à fauna e flora;

IV - prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

De acordo com a Resolução nº 16/2014, da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná (SEMA, 2014), poluente atmosférico é qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa ou de energia que, presente na atmosfera, cause ou possa causar poluição atmosférica.

1.2 INDICADORES DE QUALIDADE DO AR (IQA)

O nível da poluição do ar é mensurado pela quantificação das principais substâncias poluentes presentes no ar, definidos como Indicadores da Qualidade do Ar (IAP, 2016).

A Resolução do Conama 03/90 estabelece no Brasil padrões de qualidade do ar para os sete poluentes legislados:

- Partículas Totais em Suspensão (PTS)
- Fumaça
- Partículas Inaláveis (PI ou PM10)
- Dióxido de Enxofre (SO₂)
- Monóxido de Carbono (CO)
- Ozônio (O₃)
- Dióxido de Nitrogênio (NO₂)

Estabelece no artigo 5º os níveis de qualidade do ar para elaboração do Plano de Emergência para episódios críticos de Poluição do Ar visando a providências do governo dos Estados e Municípios, bem como de entidades privadas e comunidades em geral, com o objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde da população. Os níveis se dividem em atenção, alerta e emergência para a aplicação do plano e evoluem conforme a concentração estipulada para cada composto.

1.3 PADRÕES DE QUALIDADE DO AR (PQA)

Segundo Lisboa e Kawano (2007 p. 8), um padrão de qualidade do ar define legalmente as concentrações máximas de um componente gasoso presente na atmosfera de modo a garantir a proteção da saúde e do bem-estar das pessoas. Os padrões de

qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são estabelecidos em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada.

Definem, ainda, os Padrões Primários de Qualidade do Ar como valores limites de concentrações de poluentes na atmosfera, estabelecidos com o objetivo de proteger a saúde humana, e Padrões Secundários de Qualidade do Ar como valores limites de concentração de poluentes na atmosfera, abaixo dos quais se prevê o mínimo dano à biota, ao patrimônio físico, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Apesar da Resolução Conama 03/90 prever aplicação dos padrões primários, Tabela 1, os estados podem aplicar medidas mais restritivas como, por exemplo, São Paulo, com o Decreto nº 59.113 de 23 de abril de 2013, o qual estabelece valores mais rígidos quanto aos padrões da qualidade do ar, sendo que para o SO₂ o valor é 60 (µg/m³). O Paraná segue a legislação ambiental nacional, considerando a necessidade de se estabelecer estratégias para o controle, preservação e recuperação da qualidade do ar no estado, a SEMA e o IAP resolvem implantar o Plano Estadual de Controle da Poluição do Ar e de Proteção da Atmosfera - PROEPAR como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem-estar da população e melhoria da qualidade de vida, com o objetivo de permitir o desenvolvimento econômico e social do estado de forma ambientalmente segura, conforme a Resolução nº 3 de 19 de junho de 2017.

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário (µg/m ³)	Padrão Secundário (µg/m ³)
Dióxido de Enxofre (SO₂)	24 horas	365	100
	1 ano	80	40
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	40.000	40.000
	8 horas	10.000	10.000
Ozônio (O₃)	1 hora	160	160
Dióxido de Nitrogênio (NO₂)	1 hora	320	190
	1 ano	100	100

Tabela 1 - Padrões primários e secundários dos poluentes atmosféricos avaliados. (Resolução Conama nº 03/90)
(Fonte: Adaptado do relatório do ar 2013 IAP).

1.4 DESCRITIVO DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS E SUAS AÇÕES NOCIVAS PARA A SAÚDE

As concentrações de poluentes atmosféricos encontradas em grandes cidades acarretam afecções agudas e crônicas no trato respiratório mesmo em concentrações abaixo do padrão da qualidade do ar (BRAGA, *et al.*, 2001, p. 66). Segundo Dapper, Spohr e Zanini (2016, p. 86), os quais elencaram 18 estudos sobre o tema, as pesquisas encontradas sugeriram associação da poluição atmosférica com a saúde das populações estudadas. De acordo com Cançado (2006 p. S7), a poluição do ar causa uma resposta inflamatória no aparelho respiratório induzida pela ação de substâncias oxidantes. O Instituto Ambiental do Paraná (IAP) destaca que as emissões de SO₂, CO, O₃ e NO₂ são produzidas das seguintes fontes, com as respectivas ações nocivas, conforme o Quadro 1:

POLUENTE	FONTES DE EMISSÃO	AÇÕES NOCIVAS
SO ₂	Uso de combustível de origem fóssil, contendo enxofre, fontes móveis (veículos) e fixas (indústrias).	Irritação e aumento de muco, desconforto na respiração e problemas cardiovasculares, além de ser precursor da chuva ácida.
CO	Processo de combustão de fontes móveis (veículos) motores à gasolina, álcool e diesel, quanto a fontes fixas (indústrias).	Asfixiante, produz confusão mental, prejuízo nos reflexos, inconsciência e, em casos extremos, a morte.
O ₃	A luz solar possui um papel fundamental em sua formação. O ozônio é produzido por	Reduz capacidade pulmonar, diminui a resistência contra infecções e é um responsável pela asma. Na estratosfera é

	absorbância da radiação ultravioleta pelo O ₂ , que é fotodissociado para formar O ₃ .	protetor dos raios ultravioletas do sol, na troposfera é um poluente tóxico.
NO ₂	Formado pela reação de óxido de nitrogênio proveniente de motores à combustão e do oxigênio reativo presente na atmosfera.	Irritação nas mucosas do nariz, danos severos nos pulmões semelhantes aos provocados pelo enfisema pulmonar.

Quadro 1 - Poluentes atmosféricos, fontes de emissão e ações nocivas para a saúde.

1.5 COMBUSTÍVEIS DE AVIAÇÃO

De acordo com a Agência Nacional do Petróleo ANP (2016a), o Brasil é o maior consumidor de combustíveis de aviação da América Latina. Os produtos para uso em aeronaves no país são especificados conforme as resoluções:

- ANP n° 37/2009 – Querosene de aviação;
- ANP n° 05/2009 – Gasolina de aviação;
- ANP- n° 063/2017 – Querosene de aviação alternativo.

O querosene de aviação, também conhecido como Jet-A1 ou QAV, é um derivado de petróleo obtido por processos de refino como o fracionamento por destilação atmosférica, contendo cadeias de 11 a 12 carbonos e utilizado em motores movidos à turbina. Há diversos tipos de querosene de aviação comercializados no mundo. As diferenças se dão principalmente pela região de utilização, ponto de fulgor e ponto de congelamento, havendo adequações do produto às questões de segurança e necessidades específicas, como, por exemplo, uso militar (ANP 2016b). A expressiva evolução da indústria aeronáutica determina atualizações sistemáticas nas especificações dos combustíveis de aviação, caracterizando-as como as mais dinâmicas em relação a todos os produtos derivados de petróleo. As exigências de segurança são fatores importantes para a produção, controle e manuseio do QAV, uma vez que desvios de qualidade podem resultar em acidentes aéreos. Devido ao número reduzido de fabricantes de aeronaves e turbinas e às condições similares de utilização, a qualidade deste produto é sistematicamente discutida internacionalmente. Ao longo do tempo, novos parâmetros vêm sendo exigidos para o querosene de aviação, de modo a adequá-lo à evolução dos motores. A padronização mundial destas especificações é interessante para todos os países consumidores, de forma a garantir a segurança e facilitar as negociações de mercado (ANP, 2016c).

Assim como o QAV, a gasolina de aviação também é um derivado de petróleo, mas que possui cadeias de 5 a 8 carbonos, obtidas a partir de processos de refino. Este produto é usado exclusivamente em aviões de pequeno porte, que possuem motores com ignição por centelha (ANP 2016d). A Tabela 2 demonstra a parcela do consumo anual de combustível de aviação em porcentagem, de 2006 a 2015 no Brasil, conforme o Relatório de Balanço Energético 2016.

Fonte	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
AVGAS*	2,2	2,1	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,6	1,6	1,3
QAV**	97,8	97,9	98,4	98,4	98,4	98,5	98,5	98,4	98,4	98,7
Total%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabela 2 - Parcela de consumo de combustível modal transporte aéreo. (%) (Fonte: adaptado do relatório do Balanço Energético 2016). * Gasolina de Aviação. ** Querosene de Aviação.

Atendendo às regras internacionais de uso do produto, no Brasil o biocombustível de aviação pode ser utilizado voluntariamente em mistura com o QAV fóssil desde que seguindo parâmetros e percentuais estabelecidos em resolução pela ANP. O setor de transportes, incluindo a aviação, é responsável pela maior parte das emissões de (CO₂), que é um gás de efeito estufa mais presente na atmosfera e grande responsável pelo aquecimento global. Por isso, o investimento em pesquisa, desenvolvimento e regulamentação do uso de biocombustíveis oriundos de fontes renováveis e cuja utilização reduz o percentual de emissões nocivas tem papel fundamental do ponto de vista ambiental.

Atualmente, a *American Society for Testing and Materials* (ASTM) adota critérios rigorosos para a aceitação de misturas de biocombustíveis com o QAV de origem fóssil. Estes critérios procuram garantir a qualidade do combustível antes e depois da mistura com o QAV, para que não haja necessidade de nenhuma alteração nos equipamentos e sejam atendidos os mesmos parâmetros de segurança na utilização em aeronaves comerciais de grande porte. Quando necessário, as normas de controle

incluem parâmetros diferentes dos comumente analisados no QAV derivado de petróleo. A ANP regulamenta o uso voluntário de querosene parafínico sintético (SPK) por Fischer-Tropsch, SPK-HEFA e querosene isoparafina (SIP) nos respectivos percentuais determinados pela norma americana por meio da Resolução ANP nº 63/2014 (ANP, 2016). O Brasil sempre esteve na vanguarda do uso de biocombustíveis de aviação (CASAGRANDE, 2015).

Em 2005 a Empresa Brasileira de Aeronáutica, Embraer, lançou o primeiro avião do mundo movido a etanol, o Ipanema EMB 202 A, utilizado na aviação agrícola, mais econômico e menos poluente. Outro biocombustível desenvolvido pela Empresa Honeywell é o chamado Green Diesel, chegou a ser testado em um voo pela Air New Zeland e abasteceu em 50% um jato modelo Gulfstream G450 para um voo entre New Jersey (EUA) e Paris (França) em 2001. O novo combustível ainda não recebeu certificação das autoridades norte-americanas para comercialização regular. De acordo com Realpe (2016), a Empresa de Aviação Boeing está trabalhando em parceria com a *Federal Aviation Administration* (FAA) e outros parceiros, para aprovar o uso do diesel verde nas aeronaves e reduzir as emissões de carbono na indústria da aviação.

No Aeroporto Bacacheri, a porcentagem de aeronaves de motor cuja energia é advinda da utilização de gasolina de aviação é superior às que utilizam querosene de aviação, porém o fornecimento deste combustível é em maior quantidade devido à capacidade maior de tanque das aeronaves abastecidas, conforme Tabela 3:

Ano	Combustível	Litros	Atendimentos	Atendimentos/ Litros
2016	QAV	2.410.195	4.407	547
2017	AVGAS	818.130	6260	630

Tabela 3 - Consumo de Combustível no Aeroporto Bacacheri em 2016. (Fonte: Shell Aviation Aeroporto Bacacheri 2017).

1.6 ÁREA DE PESQUISA AEROPORTO BACACHERI

Curitiba possui dois aeroportos, sendo o Aeroporto Internacional Afonso Pena na Região Metropolitana, em São José dos Pinhais, e o Aeroporto Bacacheri, localizado no bairro que lhe dá o nome. No complexo aeroportuário de Bacacheri, estão presentes várias empresas de aviação (oficinas, escolas, táxi-aéreo, abastecimento de aeronaves), serviços públicos como o Hangar do Governo do Estado do Paraná, os Hangares do Batalhão de Polícia Militar de Operações Aéreas, que têm sua criação conforme o Decreto Estadual nº. 9411 (PARANÁ, 2013), Hangar da Receita Federal, Polícia Rodoviária Federal, Polícia Civil, Anac e Infraero. (INFRAERO, 2016).

A Portaria nº 533/SIA, de 09 de março de 2016, resolve:

Art. 1º Alterar e renovar a inscrição do aeródromo público abaixo, com as seguintes características:

I - denominação: Bacacheri;

II - código OACI: SBBI;

III - município (UF): Curitiba (PR);

IV - ponto de referência do aeródromo (coordenadas geográficas):

25° 24' 12"S/ 049° 14' 01"W

A Tabela 4 demonstra a movimentação de aeronaves no Aeroporto Bacacheri no período de 2010 a 2016, sendo 94.787 pousos e 94.386 decolagens.

Ano	Pousos	Decolagens	Nº de Passageiros
2010	12.643	12.560	60.678
2011	15.320	15.239	101.881
2012	14.864	14.769	90.360
2013	12.215	12.148	67.414
2014	16.075	16.092	132.974
2015	12.486	12.454	60.899
2016	11.184	11.124	85.761
TOTAL	94.787	94.386	599.967

Tabela 4 - Movimentação de pousos, decolagens e número de passageiros entre os anos de 2010 a 2016. (Fonte: Infraero 2016).

O sítio aeroportuário conta com 1.393 milhão m², o pátio de manobras de aeronaves com 16.060 m², as dimensões da pista compreendem 1390 m x 30 m, cabeceira 18/36. A Figura 1 ilustra a localização da pista cercada pelas moradias do bairro.

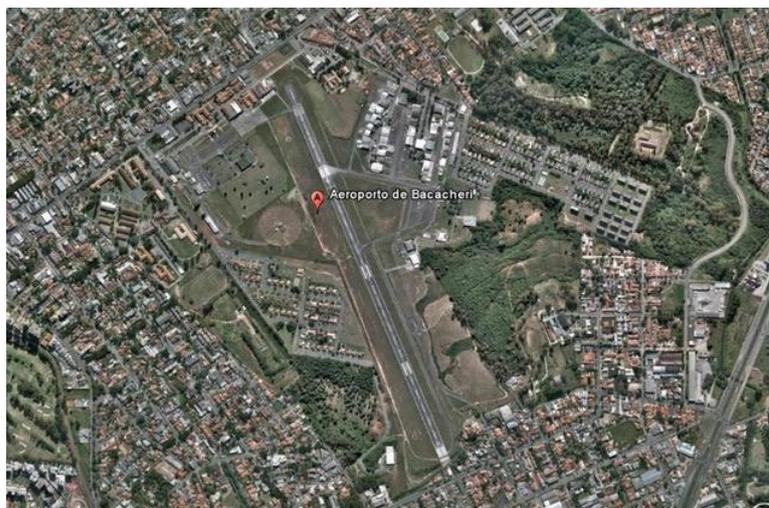


Figura 1 - Vista aérea do Aeroporto Bacacheri. (Fonte: Adaptado de Google Earth 2016).

A qualidade do ar e efeitos da poluição atmosférica é uma preocupação mundial. Em Curitiba há estações de monitoramento da qualidade do ar instaladas em determinados bairros geridas pelo Instituto Ambiental do Paraná, IAP, Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, LACTEC e demais parceiros.

2 METODOLOGIA

2.1 QUANTIFICAÇÃO DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS LEGISLADOS

O trabalho teve início com a instalação de uma estação de monitoramento portátil de poluentes atmosféricos AQMesh, cedida para a pesquisa pela Empresa Similar¹. Os locais escolhidos no aeroporto para a instalação da estação de monitoramento de poluentes atmosféricos foram os hangares 12 e 34, pertencentes ao BPMOA, definidos como ponto B e C, e o pátio de manobras como ponto A.

A Figura 2 ilustra a estação de monitoramento instalada, totalmente autônoma quanto à utilização de energia e envio de dados.



Figura 2 - Pontos de instalação da estação de monitoramento de poluentes atmosféricos. (A) pátio de manobras, (B) Hangar 12 e (C) Hangar 34. (Fonte: Acervo autor).

2.1.1 DESCRITIVO DA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO

A Figura 3 ilustra a estação AQMesh, que é um sistema de monitoramento da poluição do ar de alta sensibilidade concebido como um único monitor ou a uma rede de monitores dispostos para medir NO, NO₂, O₃, CO, SO₂, temperatura, umidade e pressão atmosférica.

A estação permite que a qualidade do ar seja monitorada nos locais exatos, pois o equipamento pode ser instalado em um pequeno poste de luz ou na parede. Existem também as unidades "pods", as quais são completamente sem fio, utilizam a energia da bateria e comunicação por meio de celulares. Mede no ar os principais gases poluentes e, conectado por intermédio de rede sem fio, comunica os dados a uma rede em nuvem, onde, a partir de algoritmos de gerenciamento, geram leituras precisas. O

¹Empresa Similar sediada em Curitiba, PR, presta serviço de automação de fábrica e processos.

acesso do usuário é por meio de um portal online, em que as leituras são visualizadas e comparadas. A calibração dos sensores é realizada equiparando com equipamentos de referência padrão da indústria (AQMesh, 2017).

A baixa complexidade de instalação permite que as unidades de monitoramento possam ser implantadas para diversos projetos, como a avaliação das medidas de mitigação da poluição ou de apoio ao desenvolvimento ou planejamento de propostas de instalação de atividades potencialmente impactantes. Os dispositivos compactos também são adequados para monitoramento de emissões fugitivas de plantas industriais, túnel rodoviário, aeroportos e muitos outros usos. (Fonte: SIMILAR, 2016).



Figura 3 - (A) Foto da estação AQMesh, (B) visualização dos sensores de captação de poluentes atmosféricos. (Fonte: Empresa Similar).

2.2 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Os períodos de monitoramento da qualidade do ar no Aeroporto Bacacheri foram de 14 dias no outono, 22 dias no inverno e 08 dias na primavera, totalizando 44 dias. A coleta seguiu o cronograma de acordo com a Tabela 5.

Ano	Período de Monitoramento	Local
2016	01 Jun a 04 Jun 27 Jun a 04 Jul	Hangar 12
2016	04 Jul a 11 Jul	Hangar 34
2016	10 Jun a 27 Jun	Pátio de Manobras
2016	07 Out a 14 Out	

Tabela 5 – Período de monitoramento das estações.

Os dados mensurados dos gases NO₂, O₃, CO, SO₂, na unidade de (µg/m³) em períodos de 24 horas, com medições a cada 15 minutos, foram analisados de acordo a Resolução Conama 03/90.

2.3 ELABORAÇÃO DO BOLETIM DA QUALIDADE DO AR DA ESTAÇÃO DO AEROPORTO BACACHERI

Para a elaboração do Boletim da Qualidade do Ar da Estação do Aeroporto Bacacheri, foi calculado o índice da qualidade do ar, e utilizados, como exemplo, os boletins das estações de monitoramento de poluentes atmosféricos instaladas em Curitiba, disponibilizados no site do Instituto Ambiental do Paraná. Foram calculados os índices da qualidade do ar dos gases NO₂, SO₂, O₃, CO e NO dos meses de junho, julho e outubro de 2016 nas estações climáticas do outono, inverno e primavera.

O diferencial do Boletim do Aeroporto Bacacheri dos demais boletins das estações instaladas em Curitiba foi a inserção dos dados de pousos e decolagens nos dias de monitoramento dos poluentes atmosféricos.

De acordo com Lisboa e Kawano (2007), *apud* Kiely (1996), o valor do índice é calculado pela seguinte equação:

$$\text{Índice} = \text{Índice}_{\text{inicial}} + \left(\frac{\text{Índice}_{\text{final}} - \text{Índice}_{\text{inicial}}}{\text{Conc.}_{\text{final}} - \text{Conc.}_{\text{inicial}}} \right) \times (\text{Conc.}_{\text{medida}} - \text{Conc.}_{\text{inicial}})$$

Em que:

Índice – índice de qualidade do ar desejado;

Conc. medida – concentração medida;

Conc. inicial – concentração inicial da faixa onde se encontra a concentração medida;
 Conc. final – concentração final da faixa onde se encontra a concentração medida;
 Índice inicial – valor do índice correspondente à Conc. final
 Índice final - valor do índice correspondente à Conc. inicial

Depois de calculado o valor do índice, o ar recebe uma qualificação sendo enquadrado em determinada categoria, consequentemente resultando em um impacto para a saúde pública, conforme a Tabela 6.

QUALIDADE DO AR	CATEGORIA	IMPACTO
IQA até 50	BOA	Nenhum ou muito pequeno
IQA entre 51 e 100	REGULAR	Apenas em pessoas muito sensíveis
IQA entre 100 e 150	INADEQUADA	Em pessoas sensíveis
IQA entre 151 e 200	INADEQUADA	Em pessoas sensíveis com sensibilidade média, de forma mais acumulada em pessoas sensíveis
IQA entre 201 e 300	MÁ	Em pessoas com sensibilidade média e com efeitos mais graves
IQA acima de 300	PÉSSIMA OU CRÍTICA	Na população em geral

Tabela 6 - Classificação do índice da qualidade do ar. (Fonte: Adaptado de IAP,2016).

Os dados do Boletim Aeroporto Bacacheri foram comparados com os dados das estações (A) e (C). A distância das estações (B) para (A) é de 5 km, e (B) para (C), 7 km.

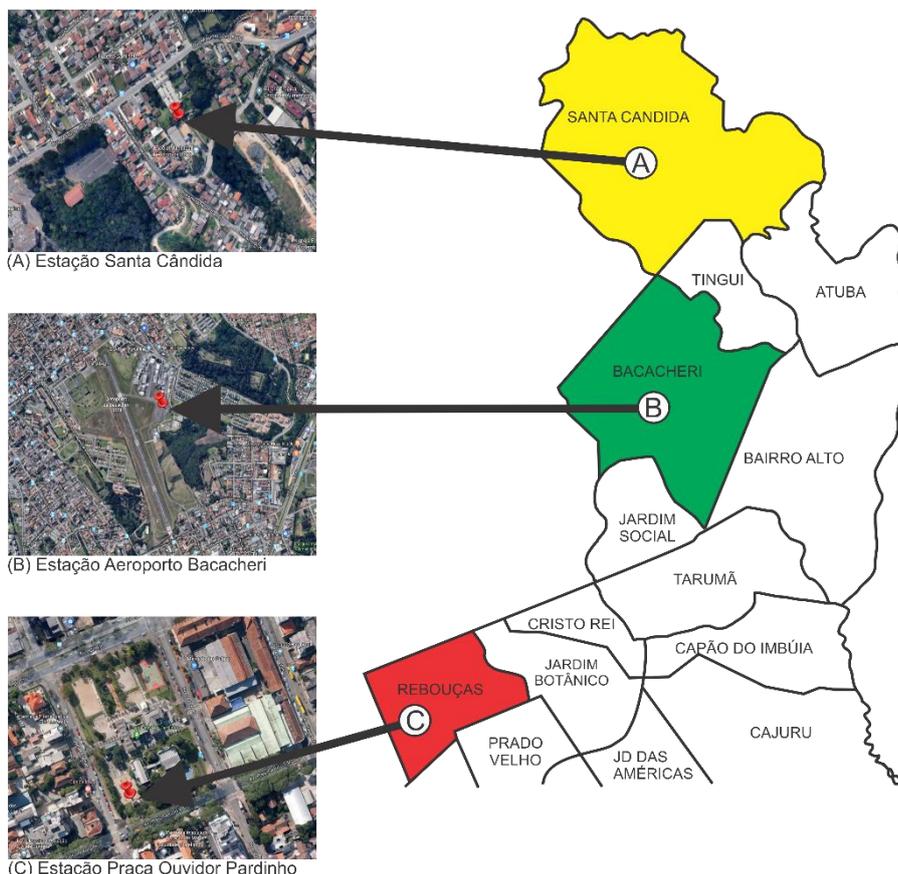


Figura 4: Localização das estações de monitoramento. (Fonte: Adaptado de Google Earth).

2.4 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Segundo Valderrama L. *et. al.* (2016, p. 245), a Análise de Componentes Principais (PCA) é um método de reconhecimento de padrões capaz de transformar uma tabela de dados experimentais em gráficos informativos acerca da similaridade entre as amostras e as respectivas variáveis responsáveis por isso. Foi utilizado o software estatística versão 10.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2016 foram realizados 11.184 pousos e 11.124 decolagens, o horário de funcionamento do Aeroporto Bacacheri é das 07:00h às 22:00h, todos os dias da semana. Na Tabela 7, os valores são relativos à exata medição dos poluentes atmosféricos da

respectiva hora, observa-se a concentração e dispersão dos poluentes no momento de operação do aeroporto e após o horário de funcionamento.

*28 Jun	Temp °C	Pressão Pa	Umid. g/ m ³	NO µg/m ³	CO µg/m ³	O ₃ µg/m ³	SO ₂ µg/m ³	NO ₂ µg/m ³
18:00	18,6	920,9	66,7	0,53	578,58	3,00	86,38	2,05
19:00	17,1	921,2	68,5	1,74	679,11	1,07	96,10	2,26
20:00	16,6	921,4	68,3	0,27	614,95	0	101,82	2,46
21:00	14,9	921,7	72	2,54	607,96	0,42	126,13	2,26
22:00	14,1	922,0	73,7	3,08	548,32	0,64	139,29	2,26
HORÁRIO DE FECHAMENTO DO AEROPORTO PARA OPERAÇÃO								
23:00	13,6	922,5	74,1	3,62	477,2	1,29	149,6	2,05
*29 Jun	Temp °C	Pressão Pa	Umid. g/ m ³	NO µg/m ³	CO µg/m ³	O ₃ µg/m ³	SO ₂ µg/m ³	NO ₂ µg/m ³
00:00	13,1	922,8	75,8	3,21	430,03	1,50	155,88	1,85
01:00	12,6	921,8	76,5	2,95	379,13	1,07	155,88	2,23
02:00	12,0	922,1	76,8	2,55	335,12	1,07	157,60	2,05
03:00	11,1	924,4	77,1	2,14	244,7	0,85	155,89	2,26
04:00	11,3	921,0	77,8	1,47	247,3	0,21	151,30	2,05
05:00	10,9	920,5	77,8	1,47	213,2	1,07	147,59	2,05
06:00	10,7	920,8	78,2	0,54	185,06	0,21	142,4	2,05
HORÁRIO DE ABERTURA DO AEROPORTO PARA OPERAÇÃO								
07:00	10,1	920,8	78,9	0,54	182,70	0,43	140,70	2,05
12:00	17,8	921,7	73,9	0	81,20	0	186,78	3,49
15:00	20,1	919,3	67,5	0	65,14	5,03	166,75	2,67
18:00	19,2	919,3	66,4	0	85,41	1,27	134,43	1,67
22:00	19,5	922,5	72,8	3,21	332,74	0,64	90,67	1,86

Tabela 7 - Medições em 28 e 29 jun/16, horários de operação e fechamento do aeroporto. *Os dias 28 e 29 de junho de 2016, não apresentaram precipitações na localidade conforme consulta de dados meteorológicos no site www.simepar/defesacivil/consulta e dados enviados do ICEA.

Foi evidenciado nos dados mensurados que, nos períodos em que não havia movimentação aeroviária, após as 22:00h, as concentrações de CO apresentaram dispersão muito lentas das mensuradas no horário de funcionamento do aeroporto, e os valores mensurados de SO₂ foram aumentando conforme transcorria o tempo, sugerindo que as emissões da movimentação das aeronaves não seriam as únicas responsáveis pela degradação da qualidade do ar. Em comparação com o resultado das estações do bairro Santa Cândida e da Praça Ouvidor Pardini, o SO₂ se apresentou significativamente somente no sítio aeroportuário, principalmente em 28 e 29 de junho de 2016, alterando a qualidade do ar nesses dias para regular. Conforme o banco de dados climatológicos do Instituto de Controle do Espaço Aéreo, ICEA e do Sistema Meteorológico do Paraná, Simepar, não houve precipitações nestes dois dias na localidade, e o mês de junho apresentou a média mensal de temperatura mais baixa do ano, conforme o Gráfico 2.

Pela análise, sugere-se que a localidade recebe imissões de outras fontes móveis, seja da circulação de veículos dentro do sítio aeroportuário e vias de grande movimentação no entorno, dentre elas, a Avenida Erasto Gaertner, seja de fontes estacionárias como empresas da região metropolitana. Outra evidência é a influência da temperatura na dissipação: quanto mais baixa, os valores mensurados apresentaram redução mais lenta assim que transcorria o tempo, conforme a Tabela 6. Durante os meses de monitoramento de poluentes atmosféricos (junho, julho e outubro 2016), as médias de precipitações foram de 100 mm, 70 mm e 110 mm, índices pluviométricos apresentados no Gráfico 1.

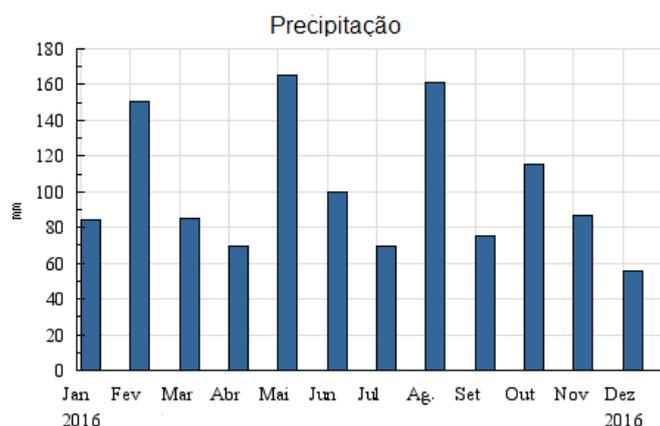


Gráfico 1 - Média mensal de precipitação no Aeroporto Bacacheri.
(Fonte: Instituto de Controle do Espaço Aéreo 2017).

Quanto à temperatura, o mês de junho 2016 apresentou a média de 13°C, conforme o Gráfico 2.

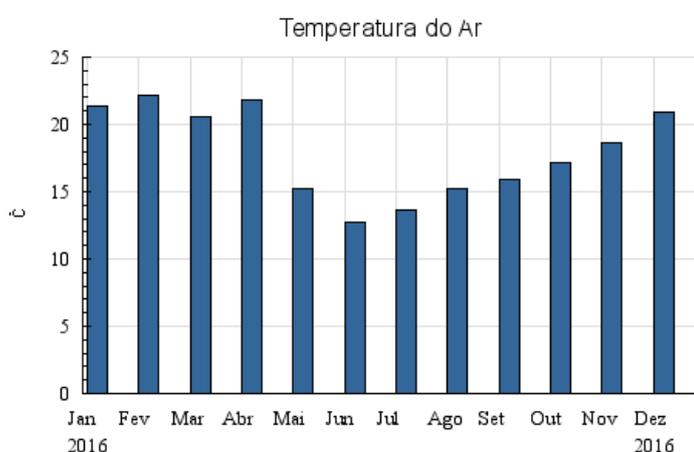


Gráfico 2: Média mensal de temperatura, no Aeroporto Bacacheri.
Fonte: Instituto de Controle do Espaço Aéreo 2017.

3.1 COMPARAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES DE QUALIDADE DO AR DAS ESTAÇÕES SANTA CÂNDIDA, PRAÇA OUVIDOR PARDINHO E AEROPORTO BACACHERI

A Tabela 8 demonstra os Índices de Qualidade do Ar dos meses monitorados. No mês de junho, a maior degradação amostrada considerou a qualidade do ar como regular nas Estações Ouvidor Pardinho e Aeroporto Bacacheri, sendo que, somente neste, o SO₂ se fez presente.

Data	Estação	Poluente/IQA	Qualidade do Ar
28 Jun 16	Santa Cândida	O ₃ 41	BOA
29 Jun 16	Santa Cândida	O ₃ 41	BOA
28 Jun 16	Ouvidor Pardinho	NO ₂ 114	REGULAR
28 Jun 16	Aeroporto	SO₂ 53	REGULAR
29 Jun 16	Aeroporto	SO₂ 62	REGULAR
24 Jul 16	Santa Cândida	O ₃ 54	REGULAR
01 Jul 16	Ouvidor Pardinho	NO ₂ 59	REGULAR
29 Jul 16	Ouvidor Pardinho	O ₃ 54	REGULAR
01 Julho	Aeroporto	SO₂ 32	BOA
20 Out.16	Ouvidor Pardinho	O ₃ 51	REGULAR
16 Out. 16	Santa Cândida	O ₃ 54	REGULAR
17 Out.16	Santa Cândida	O ₃ 58	REGULAR
08 Out 16	Aeroporto	O ₃ 7	BOA

Tabela 8 - Comparação entre dados das estações, Junho, Julho e Outubro 2016.

A medição de 93,6 µg/m³ a qual resultou o IQA 53 de SO₂ em 28 de junho e 140,6 µg/m³, 62 de IQA em 29 de junho, não extrapolaram o nível máximo tolerável de concentração de poluentes, conforme a Resolução Conama 03/90 discrimina como padrão primário, que é 365 µg/m³. Porém, 140,6 µg/m³ classifica o IQA na categoria regular. Com a qualidade do ar considerada regular, pessoas com alta sensibilidade poderão apresentar reações alérgicas e outros efeitos relacionados na literatura quanto ao

contato com o poluente. A única estação que apresentou o SO₂ com o IQA regular foi a do Aeroporto Bacacheri. Uma vez lançado na atmosfera, o SO₂ é oxidado dentre outras reações, formando também o ácido sulfúrico (H₂SO₄).

Essa transformação depende do tempo de permanência no ar, da presença de luz solar, temperatura, umidade e adsorção do gás na superfície das partículas. A permanência no ar por um período grande de tempo faz com que o SO₂ e seus derivados (aerossóis ácidos) sejam transportados para regiões distantes das fontes primárias de emissão, aumentando a área de atuação desses poluentes (CANÇADO *et al.* 2006b, p S7).

3.2 CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS NA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

As variáveis utilizadas para a análise, médias de 24 horas das medições de NO, CO, O₃, SO₂ e NO₂, Temperatura, Umidade e número de pousos e decolagens diário, foram correlacionadas gerando a Tabela 9 com dados reduzidos e, posteriormente, gráfico informativo.

Data	NO (µg/m ³)	CO (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	Temp. °C	Umidade (g/m ³)	Pousos n°	Decolagens n°
1-jun-16	0,00	56,20	0,90	9,64	2,24	19,00	84,20	19	20
2-jun-16	0,00	42,00	2,30	3,64	2,23	15,80	82,90	47	43
3-jun-16	0,00	85,70	3,70	1,54	2,35	15,30	82,30	39	38
4-jun-16	0,00	27,60	1,90	0,00	2,78	14,70	85,80	20	24
10-jun-16	0,00	93,10	0,02	0,00	6,60	11,90	52,60	73	77
11-jun-16	0,00	60,80	1,53	0,70	3,30	6,80	59,20	38	40
12-jun-16	0,10	89,90	2,75	1,24	2,80	6,80	57,60	27	27
13-jun-16	0,70	128,80	2,42	4,15	2,80	6,80	68,60	38	27
14-jun-16	0,00	42,20	3,60	3,70	2,50	11,40	74,90	82	75
15-jun-16	0,00	112,80	3,90	4,90	2,60	13,50	74,40	44	54
16-jun-16	0,00	116,00	2,90	9,28	2,80	16,30	72,20	50	52
17-jun-16	0,00	77,70	3,90	4,90	2,30	17,40	74,80	36	40
18-jun-16	0,00	49,30	2,30	0,20	2,40	13,20	87,80	7	5
19-jun-16	0,00	38,70	2,10	1,20	2,30	13,40	91,10	18	19
20-jun-16	0,00	29,90	3,00	0,10	2,10	9,40	91,10	14	12
21-jun-16	0,00	23,40	5,80	0,00	2,20	8,30	92,10	15	17
22-jun-16	0,00	46,80	3,70	0,10	2,60	10,10	93,40	19	18
23-jun-16	0,00	63,70	2,40	2,50	2,50	11,60	90,00	47	40
24-jun-16	0,00	34,30	3,80	2,60	2,30	11,70	88,40	33	39
25-jun-16	0,00	27,60	4,90	2,80	2,10	12,80	86,40	49	44
26-jun-16	0,00	37,70	6,40	0,01	2,10	12,70	89,20	11	11
27-jun-16	2,00	191,20	1,06	38,40	2,20	18,50	72,10	38	37
28-jun-16	2,90	484,90	0,60	93,60	2,20	15,20	71,90	45	46
29-jun-16	1,40	229,30	0,70	140,60	2,50	14,90	74,00	61	59
30-jun-16	1,60	226,20	0,50	73,10	2,50	15,30	77,00	58	65
1-jul-16	1,40	198,10	0,80	50,50	2,30	15,30	75,00	36	36
2-jul-16	0,60	164,10	0,50	43,50	2,10	15,50	72,80	39	40
3-jul-16	0,10	164,30	0,80	39,50	2,10	16,50	70,50	37	39
4-jul-16	0,20	140,50	0,90	16,90	2,10	13,60	74,00	42	38
5-jul-16	0,00	109,30	3,00	14,60	1,40	17,20	75,00	39	40
6-jul-16	0,00	49,70	4,40	7,40	1,50	15,90	77,20	19	19
7-jul-16	0,00	82,60	3,70	6,70	1,70	12,20	68,10	41	40
8-jul-16	0,00	97,60	2,60	5,80	2,10	11,50	70,40	47	45
9-jul-16	0,00	56,30	3,20	8,10	1,90	13,70	68,50	37	37
10-jul-16	0,00	144,00	3,90	9,50	1,90	17,40	68,60	28	33
11-jul-16	0,00	114,00	2,80	7,60	2,00	14,80	78,00	29	28
7-out-16	0,00	1,40	2,10	0,10	2,10	16,00	66,50	15	19
8-out-16	0,00	6,60	3,90	0,10	1,90	18,70	66,20	29	27

9-out-16	0,00	0,50	3,50	0,00	1,90	15,90	68,20	26	25
10-out-16	0,00	0,00	3,70	0,00	2,00	15,00	69,10	36	29
11-out-16	0,00	0,90	2,50	0,30	2,60	14,80	70,20	19	24
12-out-16	0,00	0,00	3,80	0,00	1,90	18,90	70,30	18	19
13-out-16	0,00	0,10	3,60	0,20	2,10	16,80	81,30	14	15
14-out-16	0,00	14,60	1,80	0,60	2,20	16,40	86,00	30	27

Tabelas 9 - Médias diárias no período de 44 dias da estação Aeroporto Bacacheri.

Os valores apresentados na Tabela 10 mostram a correlação entre as variáveis, os valores em vermelho são os que têm maiores correlações, seja direta ou inversa. Quanto mais próximo de 1, maior é a correlação.

	Médias	Desv. P.	NO	CO	O ₃	SO ₂	NO ₂	TEMP	UMID	POUSO	DECOL
NO	0,250	0,630	1,000	0,860	-0,515	0,810	-0,007	0,142	-0,128	0,281	0,287
CO	85,464	88,123	0,860	1,000	-0,540	0,799	0,047	0,087	-0,215	0,409	0,439
O ₃	2,695	1,460	-0,515	-0,540	1,000	-0,539	-0,372	-0,142	0,314	-0,348	-0,366
SO ₂	13,870	28,131	0,810	0,799	-0,539	1,000	-0,045	0,203	-0,115	0,383	0,406
NO ₂	2,343	0,748	-0,007	0,047	-0,372	-0,045	1,000	-0,330	-0,339	0,405	0,450
TEMP	14,066	3,189	0,142	0,087	-0,142	0,203	-0,330	1,000	-0,031	-0,077	-0,018
UMID	76,134	9,722	-0,128	-0,215	0,314	-0,115	-0,339	-0,031	1,000	-0,375	-0,407
POUSO	34,295	16,143	0,281	0,409	-0,348	0,383	0,405	-0,077	-0,375	1,000	0,969
DECOL	34,295	15,992	0,287	0,439	-0,366	0,406	0,450	-0,018	-0,407	0,969	1,000

Tabela 10 - Variáveis correlacionadas. (Fonte: Software estatística, PCA).

Ao gerar o Gráfico 3, fica evidente a similaridade entre alguns poluentes atmosféricos, observa-se a concentração de NO, SO₂ e CO de maneira direta, O₃ se apresenta de forma anômala, e NO₂ uma correlação maior com a decolagem. A proximidade do número de pousos e decolagens faz com que apareçam sobrepostos no gráfico. O pouso e a decolagem são as fases mais críticas do voo, sendo que, na decolagem, a exigência dos motores é superior às demais fases, havendo, desta forma, um consumo importante de combustível, resultando em determinada quantidade de emissão de poluentes atmosféricos, por isso a evidência da maior concentração e correlação dos poluentes nesta fase.

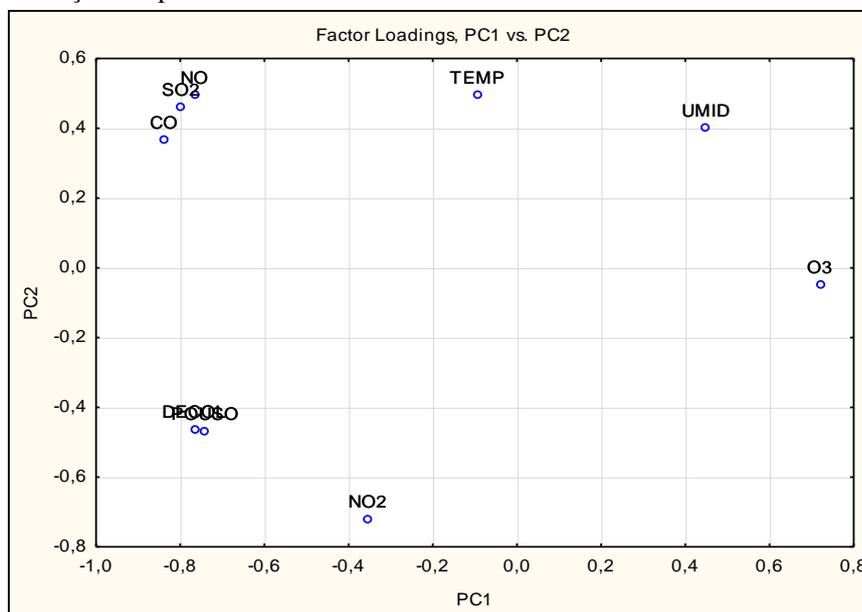


Gráfico 3 - Similaridade entre poluentes atmosféricos.

4 CONCLUSÃO

A quantificação dos poluentes legislados O₃, SO₂, NO₂, CO, além de NO, com o posterior tratamento dessas informações em consonância com os preceitos da legislação vigente, foram ações importantes para traçar um panorama da qualidade do ar, correlacionando essas informações com números de voos ocorridos exatamente nas datas de monitoramento. Com as informações, foi possível calcular o Índice da Qualidade do Ar e elaborar o Boletim da Qualidade do Ar da Estação Aeroporto Bacacheri nos meses de junho, julho e outubro de 2016. O monitoramento da qualidade do ar do Aeroporto Bacacheri, com a

utilização de uma estação de monitoramento de poluentes atmosféricos, mostrou-se eficiente. A amostragem realizada em 24 horas, a cada quinze minutos, propiciou uma mensuração com quantidade de dados suficiente para a análise.

Desta forma, foi possível correlacionar os dados pousos/decolagens/poluentes atmosféricos com a legislação e chegar à conclusão de que as concentrações de poluentes atmosféricos no Aeroporto Bacacheri não se mostraram elevadas no período avaliado, uma hipótese a ser considerada é a construção do aeroporto que, apesar de estar localizado em um bairro populoso de Curitiba, proporciona uma boa dispersão, porém, em dois dias, deu-se concentração suficiente do poluente atmosférico SO₂ com a medição de 93,6 µg/m³, a qual resultou o IQA 53 e 140,6 µg/m³, 62 de IQA, alterando a qualidade do ar para regular. Outro fato evidenciado foi que quanto mais baixa a temperatura maior é a concentração de poluentes, sendo a dispersão mais lenta.

A Análise de Componentes Principais proporcionou uma visão mais didática, reduzindo os dados, gerando gráfico de maneira a deixar evidente quais os poluentes apresentaram similaridade, e que a fase de decolagem é a mais crítica quanto à emissão de poluentes atmosféricos.

REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, V. **Inserção Curricular da Educação Ambiental**. Curitiba, IESDE Brasil S.A. 2009, 08 p.
- ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. **Portaria n 533/ SIA** de 9 de março de 2016, publicada no Diário Oficial da União de 10 de março de 2016, seção 1, pág. 7.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Combustíveis de Aviação**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>> Acesso em: 25 jun 2016a.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Combustíveis de Aviação**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>> Acesso em: 25 jun 2016b
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Combustíveis de Aviação**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>> Acesso em: 25 jun 2016c
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Combustíveis de Aviação**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>> Acesso em: 25 jun 2016d
- AQMesh Operating Manual**. Disponível em: <<http://www.aqmesh.com>>. Acesso em 01 mar. 2017.
- BRAGA, A.; PEREIRA L.A.A.; BOHM, G.M.; SALDIVA P. São Paulo- SP- n 51 set/ nov. 2001 p. 66. **Poluição atmosférica e saúde humana**. Disponível em <<http://www.revistas.usp.br>>. Acesso em: 10 jun 2017.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal:Centro Gráfico, 1988.
- CANÇADO, J. E. D.; BRAGA A.; PEREIRA,L.A.A.; ARBEX,M.A.; SALDIVA, P.H.N;SANTOS, U.DE P. **Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica**. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v.32, n.Supl 1, p.S 7, 2006.
- CANÇADO, J. E. D.; BRAGA A.; PEREIRA,L.A.A.; ARBEX,M.A.; SALDIVA, P.H.N;SANTOS, U.DE P. **Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica**. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v.32, n.Supl 1, p.S 7, 2006b.
- CASAGRANDE V.**Os Desafios dos Biocombustíveis**. Revista Aeromagazine. n 252 Mai 15. Disponível em: <<http://www.aeromagazine.uol/revista/252>> Acesso em 09 nov 2017.
- CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 3 de 28 de junho de 1990. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 15937-15939, 22 ago. 1990. Seção 1. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 05 jul. 2016.
- DAPPER, S. ; SPOHR C. ; ZANINI R.R. **Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo**. Estudos av. vol. 30 n 86, São Paulo. Jan/Apr.2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 04 out. 2017.
- IAP. Instituto Ambiental do Paraná. **Indicadores da Qualidade do Ar**. Disponível em: < <http://www.iap.pr.gov.br>> Acesso em: 25 jun 2017.
- ICEA. Instituto de Controle do Espaço Aéreo.**Climatologia Aeronáutica**. Disponível em: <<http://www.pesquisa.icea.gov.br/climatologia>> Acesso em: 09 nov. 2017.
- INFRAERO. Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. **Programa de Gerenciamento de Emissões Atmosféricas**. Disponível em: <http://www.infraero.gov.br/images/stories/infraero/meioambiente/2016/programa_gerenciamento_de_emissoes_atmosfericas.pdf>. Acesso em: 06 jul.2016a.
- INFRAERO. Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária **Aeroporto Bacacheri**. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br/index.php/aeroportos/parana/aeroporto-de-bacacheri.html>>. Acesso em: 01 mai. 2016b.
- KIELY, G. Environmental Engineering. Berkshire England. McGraw- Hill. 1996.
- LISBOA, H. M.; KAWANO, M. **Monitoramento de Poluentes Atmosféricos**. In.: UFSC- Departamento de Engenharia Sanitária Ambiental. (Org). Controle da Poluição Atmosférica. 01 ed: E-BOOK, 2007 p 8.
- MANAHAN, S. E. **Química Ambiental**. 9ª Ed. p – 278. Porto Alegre. Bookman, 2013.

- Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Relatório do Balanço Energético Nacional 2016**. Disponível em: <<http://www.ben.epe.gov.br>>. Acesso em 22 jun 2017.
- OMS. Organização Mundial da Saúde. **OMS divulga estimativas nacionais sobre exposição à poluição do ar e impacto na saúde**. Disponível em <http://www.paho.org> >. Acesso em: 24 jul 2017.
- PARANÁ. **Decreto Estadual nº 9411 de 20 de novembro de 2013**, Diário Oficial Paraná, Poder Executivo, 20 nov. 2013, Edição 9089 p. 23-24, 2013.
- REALPE, C.K.T. **Prospecção Tecnológica de Combustível Renovável para Aviação: Estudo de Caso do Diesel Verde**. Dissertação de Mestrado. PPTPQB, UFRJ, 2016.
- Resolução Conjunta SEMA/IAP nº 03/2017 de 19 de junho de 2017**, Diário Oficial Paraná, Poder Executivo, 21 jun 2017, Edição 9969 p. 107-108, 2017.
- SÃO PAULO. **Decreto Nº 59.113 de 23 de abril de 2013**. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 24 abr 2013. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/legislação/decreto2013>>. Acesso em 07 mar 2017.
- SEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná, **Resolução nº 16/2014**. Disponível em <<http://www.legislação.pr.gov.br/legislação>>. Acesso em: 17 mai 2016.
- SIMEPAR. Sistema Meteorológico do Paraná. Disponível em <<http://www.simepar.br>>. Acesso em 04 out 2016.
- SIMILAR. **Tecnologia e Automação**. Disponível em <<http://www.similar.ind.br>>. Acesso em 26 out 2016.
- VALDERRAMA L.; PAIVA V.B.; MARÇO P.H.; VALDERRAMA P. **Proposta Experimental Didática para o Ensino de Análise de Componentes Principais**. Química Nova, vol. 39, nº 2, São Paulo, fev. p. 245, 2016.