

A INFLUÊNCIA DO AEROPORTO INTERNACIONAL ANTÔNIO CARLOS JOBIM NA QUALIDADE DO AR NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO - RMRJ

Jorge Luiz Fernandes de Oliveira¹
Marina Aires²

Resumo: O presente artigo analisa a contribuição do aeroporto Internacional Antônio Carlos Jobim (GIG) na qualidade do ar da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). O GIG está localizado na Bacia Aérea III (BA3) uma das áreas mais poluídas da RMRJ. A aviação civil, a nível mundial está em constante expansão e consome de 2 a 3% dos combustíveis fósseis, atualmente (NAER,2008). Dessa forma, as aeronaves e os aeroportos são fontes emissoras de poluentes, que comprometem a saúde da população, pois emitem gases precursores de oxidantes fotoquímicos e outros poluentes). As trajetórias dos poluentes emitidos no inverno são calculadas usando os modelos *Brazilian Regional Atmospheric Modeling System* (BRAMS) e Trajetórias Cinemáticas Tridimensionais (TC3D). Os resultados mostram que o sistema de mesoescala estende a área de influência do GIG além da BA3.

Palavras chave: Modelagem numérica, bacia aérea, aeroporto internacional.

THE INFLUENCE OF AIRPORT INTERNATIONAL ANTONIO CARLOS JOBIM IN AIR QUALITY IN THE METROPOLITAN AREA OF RIO DE JANEIRO-RMRJ

Abstract: This paper analyzes the contribution of Antonio Carlos Jobim International Airport (GIG) on air quality in the metropolitan region of Rio de Janeiro (RMRJ). The GIG is located in the Basin Air III (BA3) one of the most polluted areas of RMRJ. The civil aviation worldwide is constantly expanding and consumes 2-3% of fossil fuels (NAER, 2008). Thus, aircraft and airports are emitters of pollutants that endanger the health of the population, as emit precursors of photochemical oxidants and other pollutants. The trajectories of pollutants in the winter are calculated using models Brazilian Regional Atmospheric Modeling System (BRAMS) and three-dimensional kinematic trajectories (TC3D). The results show that the system mesoscale area extends beyond the influence of the GIG BA3.

Keywords: Numerical modeling, basin air, international airport

¹ Universidade Federal Fluminense – UFF, E-mail: jolufo@vm.uff.br;

² Programa de Pós Graduação em Meteorologia, E-mail: marinageouff@gmail.com

1.0. Introdução

A poluição antrópica do ar não é um problema típico da sociedade moderna. Entretanto, a sociedade contemporânea, principalmente no século XX, vivenciou vários episódios críticos de poluição do ar, inclusive com milhares de mortes devido principalmente, ao modo de vida da população (Oliveira, 2004).

Na maioria dos centros urbanos da América Latina e Caribe o crescimento das cidades, sem o devido planejamento, permitiu que os veículos automotores se tornassem a principal causa da deterioração da qualidade do ar ao emitirem poluentes precursores de ozônio. Embora os problemas ambientais relacionados ao setor transporte sejam sérios verifica-se que os veículos automotores estão aumentando mais rapidamente que a população e, que a população urbana está aumentando mais rapidamente que a população total (Albarrán Albán & Durán Reinoso, 2000).

No inverno, estação na qual ocorre o fenômeno da inversão térmica, verifica-se um número expressivo de internações causadas por problemas respiratórios. A inversão térmica dificulta o transporte de poluentes para níveis mais elevados da atmosfera e, conseqüentemente, a população respira um ar carregado de poluentes nocivos e material particulado. Esse é um dos problemas de difícil solução nos grandes centros urbanos, onde veículos leves (motocicletas e automóveis) e pesados (ônibus e caminhões) são os principais emissores de poluentes (CETESB, 2010).

Além do setor de transporte rodoviário, o transporte aéreo tem uma contribuição importante na qualidade do ar. A frota mundial cresceu consideravelmente durante as últimas décadas, sem que os aeroportos e as aeronaves fossem considerados como fontes poluidoras pelas legislações (NAER, 2008). Hoje, milhares de aviões

transportam milhões de passageiros por todo o mundo, emitindo consideráveis quantidades de poluentes precursores de oxidantes fotoquímicos. Esses poluentes afetam a qualidade de vida de idosos e crianças com problemas respiratórios.

O aeroporto internacional Antônio Carlos Jobim está localizado na RMRJ composta por 17 municípios - Duque de Caxias, Itaguaí, Mangaratiba, Nilópolis, Nova Iguaçu, São Gonçalo, Itaboraí, Magé, Maricá, Niterói, Paracambi, Petrópolis, São João de Meriti, Japeri, Queimados, Belford Roxo, Guapimirim, que constituem o chamado Grande Rio, com uma área de 5.384 km², (PCRJ, 2010). A RMRJ, dividida em 4 bacias aéreas na década de 1980, pela antiga Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), hoje INEA, foi retificada por Oliveira (2004) e Farias (2012).

“Uma bacia aérea (BA), embora o nome sugira um volume da atmosfera, é uma área cujo relevo, delimitado por uma cota altimétrica mínima, dificulta a dispersão de poluentes gerados pelas atividades sócio-econômicas” (Oliveira, 2004). Também deve ser considerada a base da atmosfera que, ao ser delimitada pelo relevo, coloca as diferentes áreas do espaço geográfico da bacia sob a mesma condição quanto à qualidade do ar. Por isso, Oliveira (2004) considera as bacias aéreas como unidades de gerenciamento da qualidade do ar (Farias 2012).

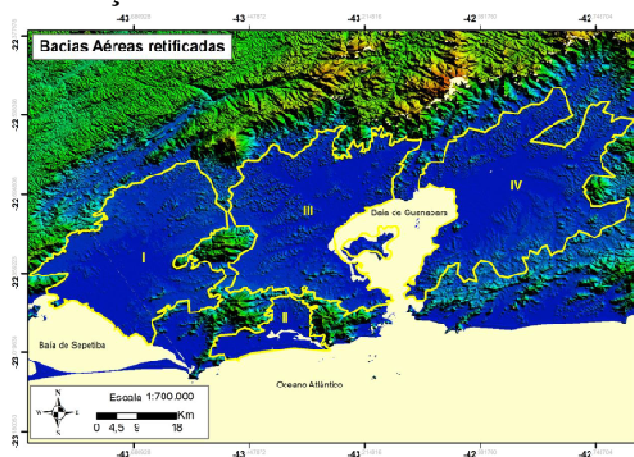
Dentre os poluentes gasosos monitorados nas 4 bacias, o ozônio (O₃), e o dióxido de nitrogênio (NO₂) são os únicos poluentes que ainda ultrapassam os padrões estabelecidos na Resolução Conama nº 267/2000 (INEA, 2009).

Segundo Dallarosa (2005) poluentes secundários, como o ozônio, são formados na troposfera através de reações fotoquímicas entre poluentes primários, que são emitidos diretamente na atmosfera, principalmente, os óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos, expressos sob forma de

hidrocarbonetos totais. Elevados níveis de concentração de ozônio (120-230 ppb), frequentemente, são obtidos em áreas urbanas, onde a química de formação é bastante conhecida, porém não raro, se tem obtido concentrações de até 40 ppb de O₃, em regiões tidas como rurais ou sem a influência de fontes emissoras.

Além disso, verifica-se um perfil com altas concentrações relacionadas com os períodos de verão. Portanto, associa-se a produção e dispersão do ozônio na atmosfera estritamente com as condições meteorológicas, tais como a estabilidade do ar, determinada pela variação vertical da temperatura do ar, intensidade da radiação solar, os efeitos combinados da advecção, difusão turbulenta, direção e intensidade do vento (Dallarosa, 2005).

O conceito de BA vem sendo amplamente utilizado pelo INEA responsável pela gestão da qualidade do ar da RMRJ e do estado do Rio de Janeiro. Dessa forma, levando-se em consideração as influências do relevo e as atividades potencialmente poluidoras, a RMRJ está dividida em quatro BA, apresentadas na Figura 1, sendo a cota de 100 metros o limite mínimo para delimitação de uma bacia.



Fonte: Farias 2012

Figura 1 – Localização das 4 BA na RMRJ

Ocupando uma área de aproximadamente 910 km², dos 6.500 km² da RMRJ, a Bacia Aérea 3 (BA3) abrange parte dos municípios de Belford

Roxo, Nilópolis, São João de Meriti, Mesquita, Nova Iguaçu, Duque de Caxias; os distritos de Guia Pacoalva, Inhomirim e Suruí, no município de Magé, o distrito de Olinda no município de Nilópolis e as regiões administrativas Portuária, Centro, Rio Comprido, Botafogo, São Cristóvão, Tijuca, Maracanã, Vila Isabel, Bonsucesso, Ramos, Penha, Méier, Engenho Novo, Irajá, Coelho Neto, Madureira, Bangu, Ilha do Governador, Anchieta e Santa Tereza, no município do Rio de Janeiro (Silva, 2003).

A BA3 está inserida no espaço do segundo pólo econômico do país, com elevado grau de urbanização e industrialização. Nessa Bacia encontram-se a segunda maior concentração de pessoas, veículos, indústrias e pequenas fontes poluidoras do país. Com 40 indústrias potencialmente poluidoras, duas refinarias de petróleo, dois aeroportos, inúmeras queimadas no final do inverno, prática de queima de lixo e pneus velhos, frota considerável de veículos usados, tanto leves como pesados, emissões veiculares, que geram quantidades consideráveis de poluentes, a qualidade do ar da BA3 é agravada pela presença dos maciços da Tijuca, Pedra Branca e Gericinó/Mendanha, que delimitam áreas de baixadas entremeadas de pequenas serras e morros isolados, ocupação irregular do solo, inúmeras vias pavimentadas e não pavimentadas, a presença do oceano Atlântico Sul ao Sul e à Baía de Guanabara a Leste, ocorrência de fortes inversões térmica e alta frequência de calmaria na estação de inverno e clima tropical (Oliveira & Santos, 2008).

O presente artigo tem como objetivo apresentar resultados preliminares sobre a influência do aeroporto internacional Antônio Carlos Jobim na RMRJ para oferecer ao INEA subsídios para o desenvolvimento de estratégias de controle de poluentes emitidos nos aeroportos.

2.0. Revisão da Literatura

Segundo Coelho & Portugal (2009) o aumento no número de veículos que circulam nas rodovias e o crescimento urbano têm contribuído para o congestionamento nas grandes cidades. Considerando o aeroporto como um Polo Gerador de Viagens (PGV) esta situação não será muito diferente na sua área de entorno. Em geral, o acesso ao aeroporto é dependente do carro particular por ser mais conveniente (porta a porta), flexível, confortável e o tempo de viagem é menor (Humphreys e Ison, 2005).

Segundo Dinato & Schaal (2013) a preocupação dos organismos internacionais de aviação civil a respeito do impacto da aviação no meio ambiente teve seu marco inicial em 1944, durante a Convenção de Aviação Civil Internacional de Chicago. O impacto ambiental causado pela aviação civil está ligado diretamente aos problemas decorrentes da operação das aeronaves e à construção e operação dos aeroportos. Os problemas mais relevantes são os ruídos provocados pelas aeronaves, a emissão de gases provenientes da queima de combustível, os resíduos sólidos e líquidos, danos à flora e fauna e o uso/interferência nos recursos naturais citados também por Horonjeff & McKelvey (1993).

Segundo Betiolo et al (2009), a busca pelo transporte aéreo vem crescendo 5% ao ano. Devido a essa evolução, o setor que atualmente é responsável por cerca de 2% das emissões de CO₂, poderá atingir 3% até o ano de 2050 (IATA, 2008).

Apesar de o transporte aéreo ser o setor que contribui com um dos menores índices de emissões de CO₂, essas são mais prejudiciais se comparadas a outras fontes. De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 1999), isso de fato ocorre porque os poluentes lançados pelas aeronaves potencializam os efeitos do dióxido de carbono, por conta das elevadas altitudes em que são emitidos (alta troposfera e baixa estratosfera), ENGEVISTA, V. 16, n. 1, p. 50-57, Março 2014

incidindo diretamente sobre a concentração de gases de efeito estufa e, portanto, intensificando o fenômeno do aquecimento global.

Segundo Drunn (2011), de acordo com o IPCC (1999), foi previsto que o crescimento anual de 5% ao ano de passageiros, pela distância percorrida, ocorre no período entre 1990 e 2015, com o correspondente crescimento do consumo do combustível de 3% ao ano no mesmo período. A diferença entre o percentual de crescimento e consumo de combustível foi avaliada em relação à melhoria esperada no consumo das aeronaves ao longo do período (EEA, 2003).

Segundo Drunn (2011), nos últimos 30 anos, os motores das aeronaves melhoraram em eficiência, devido ao alto custo do combustível. Prevê-se a continuidade de melhorias, a cada nova geração de propulsores e aeronaves. A *European Environmental Agency* (EEA) apresentou uma proposta média de redução de emissões, conforme a Tabela 1, uma vez que já se esperava uma melhoria na tecnologia das turbinas e aeronaves nos próximos anos (EEA, 2003).

Tabela 1 – Mudanças esperadas nos fatores emissões em relação aos níveis atuais

Ano	NOx (Óxidos de Nitrogênio)	CO (Monóxido de Carbono)	HC (Hidro carbonetos)
2020	- 20%	- 27%	- 24%

Fonte: EEA (2003)

Os impactos causados pela aviação são maiores de emissões quando as emissões são originadas ao nível do solo. Tal fato ocorre porque as emissões em altitudes desencadeiam uma série de processos químicos e físicos diferenciados quando comparados com os efeitos em baixas altitudes (Jardine, 2005).

O IPCC (1999) relata que os impactos causados no clima, devido aos gases e partículas emitidas e formadas como resultados das atividades de aviação são mais difíceis de quantificar do que as próprias emissões, entretanto, elas podem ser comparadas umas com as outras com o conceito de *Radiative Forcing* (forçamento radioativo). Segundo Drunn (2011), o Radiative Forcing é uma medida importante para o conhecimento de mudança climática, pois este conceito expressa a perturbação ou mudança do balanço de energia no sistema terra atmosfera, nos quais valores positivos implicam em um aquecimento líquido, e valores negativos no resfriamento.

Segundo Drunn (2011), as aeronaves emitem gases de efeito estufa como o dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O). As emissões de NO_x têm seu efeito sobre a formação de ozônio troposférico, abaixo de 18-20km.

3.0. Dados e Metodologia

Para realizar a presente pesquisa foram utilizados os dados de reanálises (Kalnay *et al.*, 1996) baixadas do *National Center of Environmental Prediction* (NCEP) e do *National Center for Atmospheric Research* (NCAR), do mês de junho de 2007. A referida data foi escolhida de Guimarães (2009). O modelo *Brazilian Regional Atmospheric Modeling System* (BRAMS) foi alimentado com as reanálises para simular o comportamento da atmosfera com o tempo máximo de integração de 48 horas, com 3 grades aninhadas e centradas na BA3, tendo a grade fina resolução de 2,5 x 2,5 km. O campo de escoamento gerado pelo BRAMS foi utilizado para calcular as trajetórias avante (*forward*), com o modelo de trajetória cinemática tridimensional (TC3D), Freitas (1999) dos poluentes emitidos na área de estudo no dia 17 de junho de 2007, nos horários de 9 e 18 horas local.

4.0. Resultados

4.1. Campos de vento do dia

ENGEVISTA, V. 16, n. 1, p. 50-57, Março 2014

17 de junho de 2007

Na Figura 2, escoamento de mesoescala, verifica-se que no Aeroporto Antônio Carlos Jobim, os ventos estão soprando da direção oeste, no horário de 9 horas local.

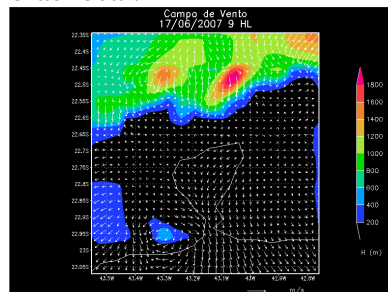


Figura 2 - Escoamento de mesoescala no horário das 9 horas local

Na Figura 3, escoamento de mesoescala, verifica-se que no Aeroporto Internacional, os ventos estão soprando na direção sudoeste, no horário das 18 horas local.

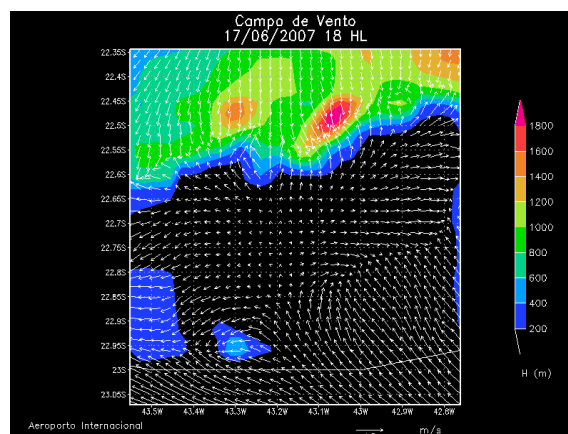


Figura 3 - Escoamento de mesoescala no horário das 18 horas local

4.2. Trajetórias dos poluentes no dia 17 de junho de 2007

Na Figura 4 verifica-se que a trajetória de poluentes que são emitidos no aeroporto segue na direção sudoeste em torno de 500m de altitude, seguindo na direção noroeste, elevando-se até 1400m, na divisa dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro e retornando ao estado do Rio de Janeiro com altitude de 2200m, descendo até 1800m de altitude após 24 horas de integração.

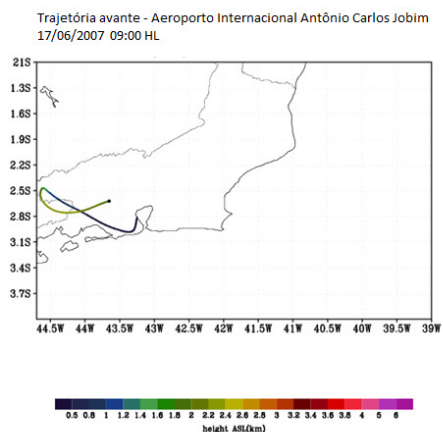


Figura 4- Trajetória de poluentes emitidos no aeroporto às 9 horas.

Na Figura 5 verifica-se que a trajetória de poluentes emitidos no horário de 18 horas também, no aeroporto, segue em direção ao interior do estado do Rio de Janeiro com altitude em torno de 500m, retornando até a Baía de Sepetiba com altitude de 500m, seguindo em direção ao noroeste do estado.

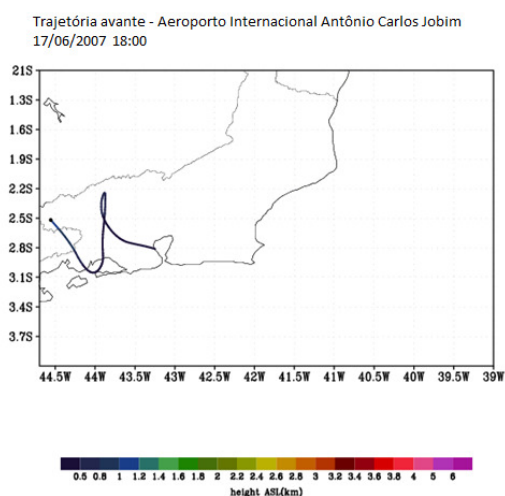


Figura 5: Trajetória dos poluentes emitidos no aeroporto às 18 horas.

5.0. Conclusão

Os poluentes emitidos no aeroporto internacional Antônio Carlos Jobim no dia 17 de junho de 2007 às 9 horas seguiram em direção ao noroeste do Estado do Rio de Janeiro e retornaram à Bacia Aérea 1. Os poluentes emitidos no horário das 18 horas seguiram em direção ao interior do Estado, retornando

à Baía de Sepetiba e seguindo na direção do noroeste do Estado. Verifica-se que os poluentes emitidos no aeroporto Internacional influenciam na qualidade do ar não só da RMRJ como também parte do estado do Rio de Janeiro. Verifica-se com as trajetórias que nesse dia os poluentes emitidos na parte da manhã e tarde não alcançaram altitudes muito elevadas, o que está de acordo com a estação de inverno, período de forte estabilidade atmosférica e elevada concentração de poluentes na camada limite planetária. Os modelos utilizados são ferramentas úteis para o gerenciamento da qualidade do ar na RMRJ.

6.0. Referências Bibliográficas

ALBARRÁN ALBÁN, S.; DURÁN REINOSO, A. Programa de control de fuentes móviles, región metropolitana, Chile. Chile: MTT. Abr. 2000. CD-ROM.

BETIOLO, C. R.; ROCHA, G. C. ; MACHADO, P. R. C. Iniciativas da aviação para a redução de emissões de CO₂. In: VIII SIMPÓSIO DE TRANSPORTE AÉREO(SITRAER)/II RED IBEROAMERICANA DE INVESTIGACIÓN EMTRANSPORTE AÉREO(RIDITA), São Paulo, 2009.

DALLAROSA, J. B. – Estudo da formação e dispersão de ozônio troposférico em áreas de atividade de processamento de carvão aplicando modelos numéricos Porto Alegre, 2005, 114p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto e Meteorologia – Programa de Pós Graduação em Sensoriamento Remoto) Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

DRUNN, M. T. Inventário de poluentes atmosféricos do Aeroporto Internacional Salgado Filho – SBPA e exposição do trabalhador aos gases da aviação civil. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Federal do Rio Grande do

Sul (UFRGS), 2011.

CETESB Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2010. Disponível em http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/ar_indice_padroes.asp Acessado em 28/11/2011

COELHO, P. I. S.; PORTUGAL, L.S. Implementação do transporte público na divisão modal do setor aeroportuário como forma de mitigar a poluição atmosférica. In: XXIII ANPET, Vitória (ES), 2009.

DINATO, A. C.; SCHAAL, R. E. Simulação do ruído sonoro no entorno do aeroporto de Ribeirão Preto. In: *Journal of Transport Literature*, vol. 8, n.1, p. 285-303, Jan 2013.

EEA, *European Environmental Agency - Atmospheric Emission Inventory Guide Book, 3rd Edition – CORINAIR, The Cory Inventory of Air Emissions in Europe, 2003*
Disponível em: http://www.eea.europa.eu/publications/E_MEPCORINAR3/

FARIAS, H. S. de. Espaços de risco à saúde humana na Região Metropolitana do Rio de Janeiro: um estudo das trajetórias de poluentes atmosféricos do Arco Metropolitano, CSA e Comperj. Niterói, 2012, 149p. Tese (Doutorado em Geografia – PósGEO - UFF) Universidade Federal Fluminense.

FREITAS, S.R. Modelagem numérica do transporte e das emissões de gases traços e aerossóis de queimadas no Cerrado e Floresta Tropical da América do Sul. Tese D. Sc., Instituto de Física da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1999. 185p.

GUIMARÃES, C.S. Caracterização das emissões de compostos orgânicos voláteis na área de três aeroportos brasileiros. Tese (Doutorado em

Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

HORONJEFF, R.; McKELVEY, F. (1993) *Planning and a design of airports*. Forth edition, McGrawHill.

HUMPHREYS, I.; ISON, S. (2002) *Planning for sustainability: the role of airport surface access strategies as a means of reducing car dependency for airport access trips*. Loughborough University. UK. Disponível em: <<http://www.etcproceedings.org/paper/planning-for-sustainability-the-role>> Acesso em: 03/12/2013.

HUMPHREYS, I. ; ISON, S. (2005) *Changing airport employee travel behavior: the role of airport surface access strategies*. Transport policy 12 pp.1-9. Elsevier.

IATA (2008) *International Air Transport Association - Building Greener Future - 3ª edição*, Suíça.

INEA- Instituto Estadual do Ambiente. Relatório de Qualidade do Ar. 108p. 2009.

IPCC, *Working Groups I & II*, 1999.

IPCC *Special Report : Aviation and the Global Atmospheric Summary for Policemakers*. Publicado para o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas WMO & UNEP. 23 p.

JARDINE, C. *Environmental Impact of Aviation Emissions*. Environmental Change Institute, Oxford University Centre for Environment, 14p., 2005.

KALNAY, E., et al., The NCEP/NCAR 40-years reanalysis project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77: 437-471. 1996.

NAER- Novo Aeroporto, 2008 – Disponível em <http://www.naer.pt/portal/page/portal/naer2008> - Acessado em 01/03/2010.

OLIVEIRA, J. L. F. de. Análise espacial e modelagem atmosférica: contribuições

ao gerenciamento da qualidade do ar da bacia aérea III da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Tese. (Doutorado em Engenharia Civil) COPPE- UFRJ, 2004.

OLIVEIRA, J. L. F. de, SANTOS, Isimar de Azevedo. Modelagem numérica e trajetórias cinemáticas tridimensionais da bacia aérea III da Região Metropolitana do Rio de Janeiro-RMRJ. In: XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2008, São Paulo. XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2008.

PCRJ - Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2010, Disponível em <http://portalgeo.rio.rj.gov.br/bairroscariocas/>

SILVA, C.T.C. Bacia Aérea III da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: Caracterização, fontes poluidoras do ar e redelimitação com apoio de sistema de informações georreferenciadas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, 2003.