

# Avaliação de Modelos Gaussianos para Fins Regulatórios – Um Estudo para o Verão na Região de Nova Iguaçu, RJ

VELLOSO, Maria Francisca Azeredo<sup>(1)</sup>; CUNHA Bruno D’Aiuto<sup>(2)</sup>; PIMENTEL, Luiz Claudio Gomes<sup>(3)</sup>; GUERRERO, Jesús Salvador Pérez<sup>(4)</sup>

[mfveloso@gmail.com](mailto:mfveloso@gmail.com)

- (1) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro de Ciência do Sistema Terrestre;
- (2) Universidade Federal do Rio de Janeiro / Departamento de Meteorologia;
- (3) Universidade Federal do Rio de Janeiro / COPPE / PEC;
- (4) Comissão Nacional de Energia Nuclear.

**ABSTRACT:** This paper presents the evaluation of gaussian models of air quality AERMOD and ISC, highly used for regulatory purposes. The study area was Nova Iguaçu city and the period considered was the summer of 2002. For the simulations we considered the emission of SO<sub>2</sub> pollutant from 24 stationary sources and 22 mobile sources in the simulations represented by area and line sources respectively. The model results were compared, in order to examine the best performance for their applications. The analysis was performed with statistical indices recommended in the literature for evaluating air quality models.

**Palavras-chave:** Qualidade do ar, Modelo Gaussiano, Avaliação

## 1. INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica, não é um processo recente e de inteira responsabilidade do homem. A própria natureza tem se encarregado, durante milhares de anos, de participar ativamente deste processo, com o lançamento de gases e materiais particulados originários de atividades vulcânicas e tempestades. Porém a atividade antrópica, acaba por intensificar a poluição do ar com o lançamento contínuo de grandes quantidades de substâncias poluentes (OLIVEIRA, 1997).

O problema de poluição atmosférica é tratado, por cada país, a sua maneira, através de leis e de estudos, tendo como uma das ferramentas os modelos de dispersão de poluentes. Estes modelos de qualidade do ar são elaborados a partir de formulações que possibilitam simulações de processos físicos e químicos que afetam o transporte de poluentes na atmosfera. Em sua maioria, utilizam dados meteorológicos e de caracterização das fontes de emissão para inicialização das simulações. Podendo ser usados, pelas agências reguladoras a fim de fazer um controle qualidade do ar, como é feito atualmente para indústrias que precisam ter expedidos os licenciamentos ambientais.

A escolha de um modelo está diretamente ligada ao problema que será resolvido, e ao conhecimento da área de estudo, tanto do ponto de vista geográfico quanto meteorológico. Os modelos podem ser caracterizados pela fonte (pontual, de volume, de área, linha); pelo terreno (plano, complexo e plano e complexo); pela escala espacial (local, urbano, regional, global); e pela escala temporal (inferior à uma hora, entre uma e 24 horas ou superior a 24 horas).

Uma vez que em 2003 o EPA (*United States Environmental Protection Agency*) fez um relatório (EPA, 2003a) onde foi requerido o uso do modelo AERMOD (*American Meteorology Society Environmental Protection Agency Regulatory Model*), em substituição

ao modelo ISC (*Industrial Source Complex*), para fins de licenciamentos ambientais de instalações industriais.

Com base no exposto, esse trabalho tem como objetivo geral fazer uma avaliação dos modelos gaussianos de dispersão de poluentes atmosféricos ISC e AERMOD, para a região do município de Nova Iguaçu, que pertence a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), para dispersão de SO<sub>2</sub> e, analisando seus resultados e os comparando com dados observados, obtidos a partir das estações de monitoramento da qualidade do ar.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para o desenvolvimento desse trabalho foram utilizadas as informações topográficas com resolução de 90 metros que estão armazenadas em um arquivo no formato Modelo de Elevação Digital (DEM – *Digital Elevation Model*), disponíveis na *United States Geological Survey* - USGS (<http://www.usgs.gov>). Depois de tratado o arquivo com o programa Global Map, o arquivo é assimilado pelo pré-processador AERMAP. A mesma base topográfica é utilizada tanto para o AERMOD quanto para o ISC.

A área selecionada para a simulação do transporte de poluentes engloba toda Bacia Aérea III da RMRJ. Assim, foi desenvolvida uma grade cartesiana de receptores com 50 X 50 pontos, com espaçamento de 1000 metros nas direções x e y. Sendo o receptor configurado com a mesma localização da estação de monitoramento da qualidade do ar de Nova Iguaçu, a fim de possibilitar as comparações com os dados observados. O período selecionado para o estudo foi o verão de 2002.

Os dados de emissão foram baseados nos trabalhos de LOUREIRO (2005) e PIRES (2005), onde o primeiro foi utilizado para obtenção dos dados de fontes móveis, e o segundo para a obtenção dos dados das fontes estacionárias. As informações meteorológicas de superfície foram originadas dos dados disponibilizados pela ACA/IAE/CTA (Divisão de Ciências Atmosféricas do Instituto de Aeronáutica e Espaço do Comando Geral de Tecnologia Aeroespacial), da estação do Galeão (SBGL – 83746). Já as informações meteorológicas de altitude, foram originadas dos dados de sondagens disponibilizados na página da Internet da Wyoming University (<http://wether.uwyo.edu/uppeair/sounding.html>).

Foram utilizados alguns índices estatísticos propostos por HANNA (1998) e HANNA et al. (1991) com a finalidade de avaliar modelos de dispersão. Esses índices incluem o desvio fracional (FB), o erro médio quadrado normalizado (EMQN), coeficiente de correlação (R), desvio fracional padrão (FS) e o fator de dois (F2).

## **3. RESULTADOS**

### **3.1 Comparação entre os Resultados Simulados e de Monitoramento para a Concentração Média Diária**

O comportamento dos resultados previstos e observados na estação do receptor de Nova Iguaçu é mostrado na figura 3.1 onde observamos a grande concordância entre os resultados das simulações dos dois modelos e percebemos que os períodos com maiores discrepâncias, entre os dados observados e os simulados foram: 18 à 22 de fevereiro e 6 à 10 de março.

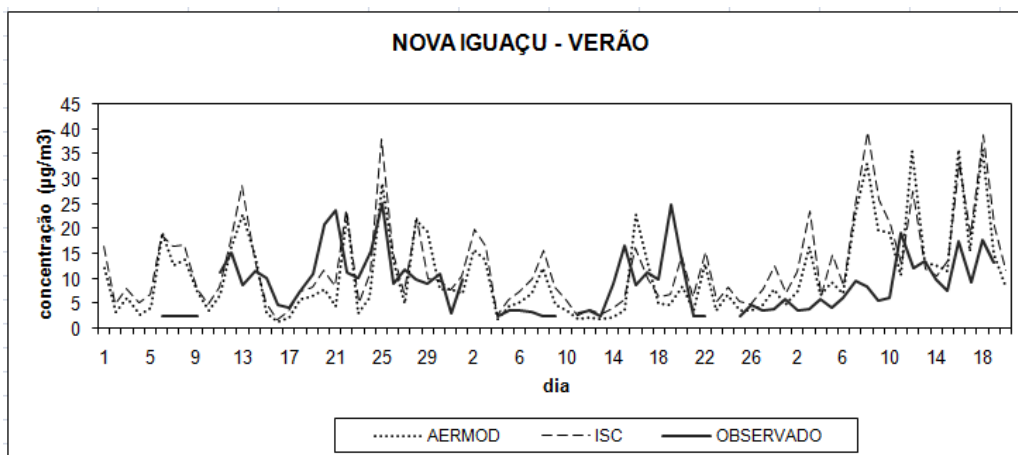


Figura 3.1: Gráfico com o comportamento dos dados previstos e observados, na estação do receptor de Nova Iguaçu, para o período do verão.

Observa-se que em nenhum momento do período analisado ocorreu violação ao padrão primário de qualidade do ar, estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/90, de  $365\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 3.2 Avaliações a partir de Índices Estatísticos

De acordo com ARYA (1999), o erro associado aos modelos Gaussianos está em uma faixa superior a 50%, sendo consideradas simulações satisfatórias aquelas onde as concentrações previstas estejam numa ordem entre a metade e o dobro da concentração monitorada. Dessa forma, nesse item estaremos analisando o desempenho dos modelos a partir de índices estatísticos que permitam avaliar quantitativamente as situações de melhor desempenho dos modelos.

Na tabela 3.1 são apresentados os índices estatísticos calculados para os dados previstos pelos modelos AERMOD e ISC, relacionados com os dados observados.

Tabela 3.1: Índices Estatísticos do AERMOD e ISC X Observados

	<b>Nova Iguaçu</b>
<b>R (A)</b>	0,298
<b>R (I)</b>	0,308
<b>E (A)</b>	0,760
<b>E (I)</b>	0,765
<b>F2 (A)</b>	1,306
<b>F2 (I)</b>	1,530
<b>FB (A)</b>	0,265
<b>FB (I)</b>	0,419
<b>FS (A)</b>	0,412
<b>FS (I)</b>	0,419

R (A): Correlação entre os dados previstos pelo AERMOD e os dados observados.

E (A): *EMQN* entre os dados previstos pelo AERMOD e os dados observados.

F2 (A): Fator de 2 entre os dados previstos pelo AERMOD e os dados observados.

FB (A): Desvio Fracional entre os dados previstos pelo AERMOD e os dados observados.  
 FS (A): Desvio Padrão entre os dados previstos pelo AERMOD e os dados observados.  
 R (I): Correlação entre os dados previstos pelo ISC e os dados observados.  
 E (I): *EMQN* entre os dados previstos pelo ISC e os dados observados.  
 F2 (I): Fator de 2 entre os dados previstos pelo ISC e os dados observados.  
 FB (I): Desvio Fracional entre os dados previstos pelo ISC e os dados observados.  
 FS (I): Desvio Padrão entre os dados previstos pelo ISC e os dados observados.

### 3.3 Avaliações Diárias entre os Resultados Previstos

Na tabela 3.2 são apresentados os valores encontrados para os índices estatísticos entre os resultados simulados pelos modelos AERMOD e ISC. Através dela, confirmamos as concordâncias entre os resultados modelados, apresentados durante todas as análises feitas anteriormente. Todos os índices se apresentam muito próximos aos seus valores ótimos.

É possível notar a tendência dos resultados previstos pelo AERMOD de subestimar os valores em relação aos resultados previstos pelo ISC de acordo com o desvio fracional e o fator de dois. Analisando o desvio fracional padrão, notamos que os resultados previstos pelo ISC estão mais dispersos que os resultados previstos pelo AERMOD.

Tabela 3.2: Índices Estatísticos do AERMOD X ISC

	<b>Nova Iguaçu</b>
R	0,939
E	0,059
F2	0,853
FB	-0,158
FS	-0,007

R: Correlação entre os resultados previstos pelo AERMOD e os resultados previstos pelo ISC.  
 E: *EMQN* entre os resultados previstos pelo AERMOD e os resultados previstos pelo ISC.  
 F2: Fator de 2 entre os resultados previstos pelo AERMOD e os resultados previstos pelo ISC.  
 FB: Desvio Fracional entre os resultados previstos pelo AERMOD e os resultados previstos pelo ISC.  
 FS: Desvio Padrão entre os resultados previstos pelo AERMOD e os resultados previstos pelo ISC.

### 3.4 Custo Computacional

O custo computacional também é um importante fator à ser analisado. As simulações dos modelos foram feitas em um Pentium4, 3,2MHz, com memória RAM de 512Mb e HD de 120 Gb. A simulação de um mês dos modelos ISC apresentou um tempo computacional de cerca de 40 minutos enquanto que o mesmo período simulado pelo modelo AERMOD consumiu cerca de 18 horas de CPU.

## 4. CONCLUSÃO

Percebeu-se que tanto o AERMOD quanto o ISC são capazes de simular a dispersão de poluentes que ocorrem na região do município de Nova Iguaçu. Os resultados dos índices estatísticos indicaram resultados similares entre os modelos. Essa concordância pode ser entendida a partir de resultados da literatura que indicam que para terrenos planos, como o encontrado na região do estudo, os modelos ISC e AERMOD apresentam resultados similares. Vale ressaltar, que considerando o custo computacional, o modelo ISC apresenta

superioridade em relação ao AERMOD. Ainda em concordância aos resultados da literatura, os resultados apresentados pelo modelo ISC superestimam os resultados obtidos com o modelo AERMOD.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARYA, S.P. **Air Pollution Meteorology and Dispersion**,. Oxyford University Press, 1999. Inglaterra. 310p.

EPA, 2003, **Comparison of regulatory Design Concentrations AERMOD vs ISCST3, CTDMPPLUS, ISC-PRIME**. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, In: EPA-454/R-03-002, June.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Resolução CONAMA n. 08, de 6 de dezembro de 1990. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/>

LOUREIRO, L. N. **Panorâmica sobre Emissões Atmosféricas Estudo de Caso: Avaliação do Inventário de Emissões Atmosféricas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro para Fontes Móveis**. 2005. 305f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, J.L.F., **Poluição Atmosférica e o Transporte Rodoviário: Perspectivas de Uso do Gás Natural na Frota de Ônibus Urbanos da Cidade do Rio de Janeiro**. 1997. 187f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PIRES, D.J. **Inventário de Emissões Atmosféricas de Fontes Estacionárias e sua contribuição para a Poluição do Ar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. 2005. 278f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.