

X-038 – AVALIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE POLUENTES LEGISLADOS MONITORADOS POR ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Eduardo Monteiro Martins⁽¹⁾

Químico pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Mestre em Físico-Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutor em Físico-Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Patricia Vieira Waldheim

Bacharel em meteorologia, pós-graduação em Educação Ambiental pela PUC/RJ, Coordenadora de monitoramento e aplicações do Programa MonitorAr Rio

Jéssica Lobato de Lima

Graduanda em meteorologia na Universidade Federal do Rio de Janeiro, estagiária de meteorologista do Programa MonitorAr Rio

Silvia Patricia de Araujo

Bacharel em Meteorologia pela Universidade de São Paulo. Meteorologista pelo Programa MonitorAr Rio

Ronaldo Custódio de Souza Oliveira

Químico com atribuições tecnológicas pelo Instituto de Química da UFRJ

Endereço⁽¹⁾: Rua Afonso Cavalcante, 455, 1226, Cidade Nova, Rio de Janeiro, RJ - CEP 20211-110 – Brasil
– Tel/Fax: +55 (21) 22976-1257 - e-mail: edmmartins@gmail.com

RESUMO

A qualidade do ar de uma determinada região é diretamente dependente da interação entre suas fontes de poluição e de seu entorno e as condições meteorológicas predominantes. Nos grandes centros urbanos, o contínuo crescimento das fontes, principalmente indústrias e veiculares.

O monitoramento de poluentes atmosférico foi realizado pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro no período entre os anos de 2000 e 2006, sendo a rede desativada no final do ano de 2006. O projeto "monitorAr" Rio teve início em setembro do ano de 2009 com a reativação da rede e os dados passaram a ser considerados válidos após o mês de maio de 2010, exceto para a estação Tijuca que teve os dados considerados válidos a partir de julho de 2010. As estações de monitoramento fixas estão localizadas nos bairros da Tijuca, São Cristóvão, Copacabana e no Centro.

Nas regiões onde o monitoramento está sendo realizado, os piores parâmetros encontrados foram o ozônio e o PM₁₀. Sendo que o ozônio obteve seis violações do padrão de qualidade do ar nas estações Tijuca e São Cristóvão. As partículas inaláveis, mesmo não ultrapassando o padrão CONAMA, alcançam valores de concentração próximos aos limites do padrão e muitas vezes é o poluente que vai determinar o Índice de qualidade do ar. Dessa forma, esse é outro poluente que merece atenção especial no monitoramento de poluentes atmosféricos para a Cidade do Rio de Janeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Monitoramento atmosférico, Emissões veiculares, poluição atmosférica, Qualidade do ar, ozônio

INTRODUÇÃO

A qualidade do ar de uma determinada região é diretamente dependente da interação entre suas fontes de poluição e de seu entorno e as condições meteorológicas predominantes. Nos grandes centros urbanos, o contínuo crescimento das fontes, principalmente indústrias e veículos, aliado a transformações na ocupação territorial, a mudanças nos hábitos da população com novos padrões de consumo e ao aumento da utilização dos recursos naturais, têm contribuído para um incremento das emissões de poluentes, que associado aos complexos processos físicos e químicos na atmosfera, irão determinar a qualidade do ar em um dado local.

No caso da Cidade do Rio de Janeiro, essa interação entre a poluição do ar e as condições atmosféricas é evidenciada, uma vez que a região possui características específicas, principalmente quanto ao marcante relevo e a presença do oceano. O fenômeno da brisa marítima, por exemplo, que ocorre devido ao aquecimento diferencial entre a porção continental litorânea e o oceano próximo, e a circulação dos ventos associada à

topografia da região como um todo, influenciam diretamente na dispersão de poluentes no Rio de Janeiro. Diretamente relacionadas ao relevo e a hidrografia, o conhecimento das características meteorológicas da região se tornam fundamentais para o estudo da poluição atmosférica.

É possível definir o monitoramento de poluentes atmosféricos como o processo de amostrar e analisar de forma contínua os contaminantes que estão presentes no ar em locais estabelecidos e por determinado período de tempo. Os resultados obtidos devem passar por tratamento estatístico para que os resultados obtidos sejam validados (ALVAREZ *et al.*, 2002).

O monitoramento dos poluentes atmosféricos pode ser feito em diferentes escalas espaciais e temporais. Cada uma destas escalas de monitoramento irá proporcionar o entendimento de diferentes problemas de contaminação do ar. Estas escalas de monitoramento são comumente divididas em microescala, escala urbana, escala local, escala regional, e escala global (ALVAREZ *et al.*, 2002).

Este trabalho tem como objetivo fazer a avaliação e caracterização dos poluentes atmosféricos monitorados pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro. Os dados analisados neste trabalho são referentes ao período entre maio e dezembro de 2010.

MATERIAIS E MÉTODOS

O monitoramento de poluentes atmosférico foi realizado pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro no período entre os anos de 2000 e 2006, sendo a rede desativada no final do ano de 2006. O projeto "monitorAr" Rio teve início em setembro do ano de 2009 com a reativação da rede e os dados passaram a ser considerados válidos após o mês de maio de 2010, exceto para a estação Tijuca que teve os dados considerados válidos a partir de julho de 2010. As estações de monitoramento fixas estão localizadas nos bairros da Tijuca, São Cristóvão, Copacabana e no Centro. Além das quatro estações móveis, a rede de monitoramento possui uma estação de móvel de monitoramento que fica localizada em diferentes pontos da cidade por períodos de tempo determinados. Na Figura 1 são apresentadas os pontos de monitoramento na cidade do Rio de Janeiro, sendo os pontos vermelhos os pontos de monitoramento manual realizado pelo Instituto Estadual de Ambiente (INEA), os pontos verdes indicam na figura as estações automáticas do INEA e os pontos em azul representam as estações de monitoramento da SMAC.



Figura 1: Localização das estações de monitoramento manuais e automáticas localizadas na cidade do Rio de Janeiro

Os parâmetros monitorados pelas estações são o monóxido de carbono, partículas inaláveis, dióxido de enxofre e ozônio. Sendo todos estes poluentes regulamentados pela resolução CONAMA 03/90. Além dos poluentes atmosféricos são monitorados ainda nas estações fixas alguns parâmetros meteorológicos como velocidade e direção do vento, radiação solar, temperatura e umidade.

Para o monitoramento foram utilizados monitores automáticos da marca Echotech, com as concentrações sendo obtidas a cada 10 minutos e sendo enviado por sistema telemétrico para o banco de dados da SMAC. Para o tratamento de dados é utilizado o software ATMOS.

O analisador de dióxido de enxofre é um espectrofotômetro de quimioluminescência que utiliza ultra-violeta para promover a excitação eletrônica desse composto. O dióxido de enxofre emite luz que se quantifica através de

um tubo fotomultiplicador. Esse tubo tem a função de converter luz em corrente elétrica, o sinal gerado é proporcional a concentração do dióxido de enxofre.

O monitor de monóxido de carbono, modelo ML 9830B, funciona absorvendo no comprimento de onda na região do infravermelho, assim como no dióxido de carbono, o sinal gerado será proporcional a concentração de CO na atmosfera.

O analisador BAM, modelo BAM 1020 Met One Instruments, é utilizado monitorar a concentração das partículas inaláveis. O princípio de funcionamento deste monitor é constituído por um sistema de ciclo de uma fita que agrega o material particulado em sua superfície. A coleta é feita por um período de 10 minutos para que se complete um ciclo, realizam-se cinco coletas no intervalo de uma hora, para finalmente compor a média horária.

A medida experimental das partículas inaláveis ocorre pelo princípio de atenuação da radiação beta. O instrumento gera essa radiação através de uma fonte de Carbono 14, e essas partículas de radiação são contadas em um detector. Quando a fita é carregada com toda poeira ambiente para realização da medida, o detector fornece uma leitura de atenuação, que então, fornecerá uma medida em microgramas por metro cúbico.

O monitor de ozônio, modelo ML 9810B, utiliza como princípio de medição a absorção não dispersiva de radiação ultravioleta.

Para todos os equipamentos são feitas curvas de calibração, com cinco valores de concentrações diferentes, próximas a faixa de trabalho. A calibração dos equipamentos é feita de maneira regular seguindo as recomendações do fabricante ou quando as análises indicarem que é necessária a realização de nova calibração.

RESULTADOS

O monóxido de carbono monitorado nas quatro estações fixas obteve concentrações bem menores do que os valores determinados como padrões de qualidade do ar pela resolução CONAMA 03/90 em todos os locais de monitoramento. O monóxido de carbono possui o padrão de uma hora de 9ppm e um padrão de longo período (8horas) um limite de 9ppm. Comparando com os padrões de curto período de uma hora as duas mais altas concentrações médias obtidas foram no dia 17/06/2010 na Estação Centro com concentração medida de 5,80ppm e 5,67ppm. A estação de São Cristóvão apresentou a terceira maior concentração deste poluente para o período que foi de 5,59ppm observada no dia 20/06/2010.

A Estação Tijuca e Copacabana são as duas estações que apresentaram as mais baixas concentrações medidas para o período de monitoramento. A mais alta concentração média de uma hora observada na Estação Tijuca foi observada no dia 20/08/2010 com uma concentração de 1,84ppm.

O monóxido de carbono, segundo o inventário de fontes móveis da Região Metropolitana do Rio de Janeiro é um poluente emitido essencialmente pela frota veicular e isso pode ser constatado com o perfil horário de concentração deste poluente que apresenta dois máximos de concentração um no início do dia e ou no final da tarde. Estes valores máximos de concentração observados são compatíveis com os máximos de fluxo veicular nas grandes cidades.

O dióxido de enxofre é monitorado nas quatro estações fixas do projeto MonitoAr e o padrão de qualidade do ar estipulado pela resolução CONAMA é de $365\mu\text{g m}^{-3}$, para média de 24 horas. Este é um poluente que é emitido por fontes fixas e móveis, sendo na região onde o monitoramento é realizado este composto é emitido prioritariamente por veículos movidos a diesel. Isso se explica pelo fato de que na região onde estão localizadas as quatro estações fixas do Programa MonitorAr não existem fontes fixas significativas.

A maior média de 24 horas obtida foi no dia 05/05/2010, com a concentração medida de $49,47\mu\text{g m}^{-3}$, sendo que a concentração atingiu apenas 13,6% do padrão de qualidade do ar. A segunda maior média de 24 horas foi obtida na Estação Centro com a concentração de $33,08\mu\text{g m}^{-3}$. De forma geral, as mais altas concentrações de dióxido de enxofre ocorreram nos meses de junho, julho e agosto. A Estação Tijuca foi a que apresentou as menores concentrações deste composto.

Na Tabela 1 são apresentadas as cinco maiores concentrações médias de 24 horas para as partículas inaláveis. As três primeiras máximas foram observadas na Estação de Copacabana e nenhuma das cinco maiores

concentrações foi observada na Estação Tijuca. A Estação de Copacabana e de São Cristovão são as que apresentam as mais altas concentrações, para este poluente, que tem como principal fonte de emissão nos locais de monitoramento os veículos movidos a diesel. O padrão de qualidade do ar para o PM₁₀ é de 150 µg m⁻³ para média de 24 horas, sendo que no período não foi obtida nenhuma violação ao padrão, mas o valor atingido fica acima dos 70% e em muitas ocasiões este poluente é que será determinante para a classificação do Índice de Qualidade do Ar (IQA).

Tabela 1: Concentrações máximas de 24 horas de partículas inaláveis em unidades de µg m⁻³

Data	Local	Concentração (µg m ⁻³)	% do padrão
16/10/2010	Copacabana	115,23	76,82
09/07/2010	Copacabana	109,49	72,99
04/09/2010	Copacabana	108,9	72,6
17/06/2010	Centro	108,64	72,43
09/07/2010	São Cristovão	108,3	72,25

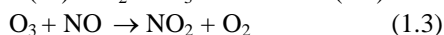
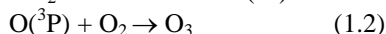
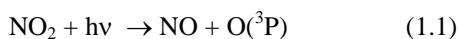
O ozônio é o poluente que mais se aproxima ou ultrapassa os padrões de qualidade do ar na cidade do Rio de Janeiro. Sendo que este poluente não é emitido por fontes e sim formado através de reações químicas que são iniciadas pela luz solar e os seus precursores são os óxidos de nitrogênio e os compostos orgânicos voláteis. Como a formação deste poluentes depende da radiação solar é esperado uma variação na sua concentração de acordo com a época do ano devido a uma maior ou menor incidência de luz solar.

Tabela 2: Maiores concentrações médias de 1 hora de ozônio, em unidades de µg m⁻³, para o período entre maio de 2010 e dezembro de 2010.

Data	Local	Concentração	% do padrão
25/08/2010	São Cristovão	250,01	156,26
21/12/2010	Tijuca	224,98	140,61
21/12/2010	Tijuca	200,31	125,19
21/12/2010	Tijuca	175,87	109,92
03/12/2010	Tijuca	165,23	103,97
04/09/2010	São Cristovão	166,14	103,84
25/08/2010	Tijuca	158,22	98,89
03/01/2010	São Cristovão	153,23	95

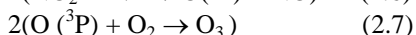
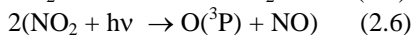
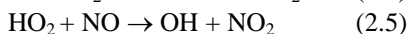
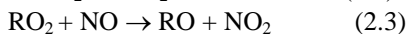
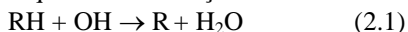
Na Tabela 2 são apresentadas as oito maiores concentrações de ozônio obtidas nas quatro estações fixas de monitoramento. O ozônio é o único poluente na cidade do Rio de Janeiro que ultrapassa os padrões de qualidade do ar estipulados pela resolução COANAMA. Durante este período de monitoramento foram observadas seis violações ao padrão de qualidade do ar sendo que estas violações ocorreram somente em duas estações, Tijuca e São Cristovão. As Estações Centro e Copacabana não foram observadas ultrapassagens ao padrão de qualidade do ar. A Estação Centro é a que as concentrações atingem valores mais próximos do padrão de qualidade do ar, chegando a medir concentrações que atingem 91,80% do limite determinado pela CONAMA.

O processo de formação de ozônio é dado, de forma resumida, pelo seguinte conjunto de reações:



O equilíbrio destas espécies NO, NO₂ e O₃, apresenta uma baixa produção de ozônio em uma atmosfera com **ausência** de compostos orgânicos voláteis (COV).

Na presença dos COV o equilíbrio destas espécies é desestabilizado. Os COV reagem através de uma sequência de reações com diferentes radicais que estão presentes na atmosfera como, por exemplo, o radical OH. As sequências das reações dos COV são apresentadas a seguir:



o resultado final é:



Alguns destes radicais (HO_2 e RO_2) reagem com o NO (reações 2.3 e 2.5), convertendo NO a NO_2 . O ozônio formado também é consumido pela reação 1.3, mas devido ao grande aumento da conversão de NO a NO_2 ocorre alta formação de ozônio quando a taxa de fotólise do NO_2 atinge um valor máximo.

Foi calculado a partir das concentrações dos poluentes o Índice de Qualidade do Ar (IQA) para as diferentes estações e foi possível observar que a estação do Centro da Cidade foi a que apresentou o maior número de dias com IQA bom. Sendo na Cidade do Rio de Janeiro o IQA determinado prioritariamente pelas concentrações de ozônio ou material particulado. Sendo esses dois compostos os que merecem uma atenção especial no monitoramento dos poluentes atmosféricos do Programa MonitoAr.

CONCLUSÕES

O Monóxido de Carbono e o dióxido de enxofre são monitorados nas quatro estações fixas, porém as suas concentrações não atingem percentuais significativos dos seus respectivos padrões de qualidade do ar.

Nas regiões onde o monitoramento está sendo realizado, os piores parâmetros encontrados foram o ozônio e o PM_{10} . Sendo que o ozônio obteve seis violações do padrão de qualidade do ar nas estações Tijuca e São Cristovão. As partículas inaláveis, mesmo não ultrapassando o padrão CONAMA, alcançam valores de concentração próximos aos limites do padrão e muitas vezes é o poluente que vai determinar o Índice de qualidade do ar. Dessa forma, esse é outro poluente que merece atenção especial no monitoramento de poluentes atmosféricos para a Cidade do Rio de Janeiro.

Para um entendimento correto dos processos de formação do ozônio em cada uma das estações de monitoramento deve medir as concentrações dos óxidos de nitrogênio e dos compostos orgânicos voláteis.

O “MonitoAr” realiza o acompanhamento das concentrações das partículas de tamanho aerodinâmico de 2,5 μm na sua estação móvel. É recomendado o aumento da rede de monitoramento dessas partículas uma vez que elas são mais agressivas a saúde da população do que as partículas de 10 μm .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FEEMA, “Relatório Anual da Qualidade do AR – 2009”.
2. CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº 03 de 28/06/1990 CETESB. http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp#mp pesquisado em 30/04/2010
3. FINLAYSON-PITTS, B.J., PITTS, J. N. JR. *Chemistry of the upper and lower Atmosphere: Theory, Experiments and Applications*. FLÓRIDA: ACADEMIC PRESS, 2000 CÔRREA, S.M. Qualidade do ar da cidade do Rio de Janeiro: Sinergia entre simulação e monitoramento. Tese (Doutorado em Físico-química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.
4. Martins, E. M.; Arbilla, G.; Moreira A., Moreira, L. F. R.; Ozone Air Quality Modeling. A Case Study: A Heavily Vehicle Impacted Urban Avenue in Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Brazilian Chemical Society*. 17 (3), 308-317, 2002.