

METODOLOGIA PARA MONITORAMENTO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO EM CENTROS URBANOS COM AMOSTRADORES MANUAIS

Felipe A. R. Silva

Yaeko Yamashita

Leila Queiroz

Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes (CEFTRU) - Universidade de Brasília

RESUMO

O NO₂, a partir de outras reações na atmosfera, é o precursor de vários outros poluentes secundários. Este artigo tem como objetivo apresentar a metodologia para a localização e instalação de estações manuais de monitoramento dos níveis de dióxido de nitrogênio, utilizando um amostrador de pequenos volumes para três gases (TRI-GAS), bem como apresentar os resultados obtidos após a implementação desta metodologia. A metodologia proposta é constituída de 12 etapas, cuja base do problema constitui-se dos impactos dos fluxos de veículos em áreas urbanas. Esta metodologia comprovou ser válida, podendo ser aplicada em qualquer cidade que apresente as características consideradas, tornando-se, assim, um instrumento útil para realizar o monitoramento de poluentes.

ABSTRACT

The NO₂, by other reactions in the atmosphere, is the precursor of several secondary pollutants. This article has the objective to present a methodology for the localization and installation of nitrogen dioxide manual monitoring stations using a three-gas small volume sampler (TRI-GAS), and also present the results obtained by the methodology implementation. The methodology proposed is constituted of 12 stages, where the problem base constitute the impacts of vehicle flows in urban areas. The results of this methodology were valid and precise, and it can be applied in any city that presents the considered characteristics, becoming an useful instrument for the cities that want to accomplish the monitoring of material related to the pollutants.

1. INTRODUÇÃO

Os impactos da poluição atmosférica gerada pelo transporte urbano nas grandes cidades vêm tomando grandes proporções. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), todos os anos, mais de 2 milhões de mortes prematuras são atribuídas aos efeitos da poluição do ar, mais da metade deste número distribui-se pelas populações de países em desenvolvimento. O aumento da frota de veículos é um dos fatores que contribuem para o aumento dos níveis de emissão da poluição atmosférica. O dióxido de nitrogênio (NO₂) é um componente da poluição do ar que é formado, principalmente, por motores de combustão interna. Nos seres humanos ele pode provocar ou agravar doenças pulmonares, dentre as quais podem ser destacadas: dor de cabeça; fadiga; distúrbios respiratórios, cardiovasculares e hormonais; disfunções digestivas; comprometimento do sistema nervoso; irritabilidade; depressão; além de danos ao sistema imunológico e câncer.

Desta forma, verifica-se a importância do monitoramento do ar para identificar níveis de contaminações provocadas pelo sistema de transporte urbano, na busca de soluções que visem assegurar à comunidade uma propriedade do ar que não represente riscos à saúde e ao bem estar das pessoas (DENATRAN, 1980).

2. TRANSPORTE E MEIO AMBIENTE

A poluição do ar derivada dos veículos automotores é gerada pela emissão de gases e partículas produzidas pela queima ou evaporação de combustível nos veículos em movimento ou parados.

O veículo diesel apresenta as emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x), fumaça, fuligem e odor como principal característica, além de produzir hidrocarbonetos, compostos oxigenados e monóxido de carbono. As emissões de poluentes nos veículos a diesel correspondem à maior formação de óxidos de nitrogênio e de enxofre, devido às elevadas condições de temperatura em que trabalha o motor. As emissões concentram-se no escapamento, com predominância de material particulado orgânico sob a forma de fumaça, e as perdas por evaporação são baixas, devido ao sistema de injeção fechado do combustível (Martins 1996; Cabral 1999).

No motor a diesel, apesar de trabalhar com grande quantidade de ar, não ocorre a combustão completa, formando, então, os óxidos de nitrogênio (NO_x), fumaça e outros produtos poluentes. A formação desses óxidos é favorecida pela alta temperatura e pressão dentro do motor. Se o motor estiver funcionando em condições anormais, por exemplo, com a bomba injetora alterada, ocorrerá uma produção ainda maior desses poluentes.

A poluição também é influenciada por alguns fatores característicos da frota (idade e composição); do tráfego (fluxo e geometria da via); do modo de operação; da manutenção do veículo; e do próprio traçado da via.

3. O DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO_2) E SEUS EFEITOS

Devido ao aumento de doenças relacionadas com o aparelho respiratório nas grandes cidades, ocasionado especialmente pela concentração de poluentes no ar, originados da circulação de veículos nas vias urbanas, foram regulamentados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, parâmetros indicadores de qualidade do ar para os poluentes que se encontram com mais frequência e em maior quantidade na atmosfera. Dentre eles está o dióxido de nitrogênio (NO_2).

Segundo outro estudo da OMS (2003) danos para a saúde provenientes do dióxido de nitrogênio podem ser resultantes do próprio NO_2 ou de poluentes secundários resultantes de reações que o incluam como, por exemplo, foto-oxidantes: O_3 e ácido nítrico, que pode formar material particulado (MP). A figura 1 demonstra a relação do NO_2 com outros poluentes.

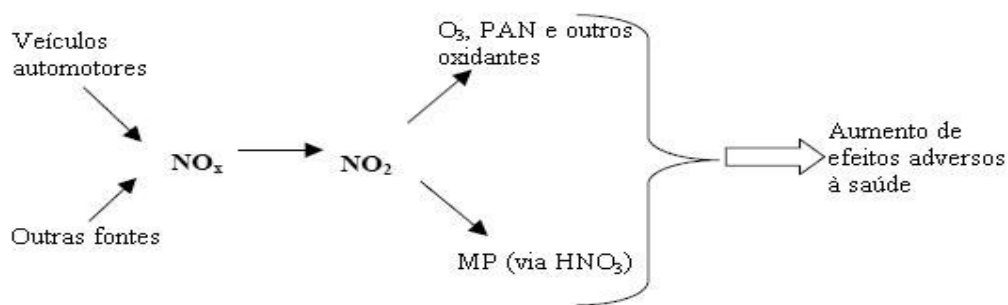


Figura 1: Relação do NO_2 com outros poluentes.

Estudos epidemiológicos da exposição ao NO_2 de fontes externas dão algumas evidências de que a exposição prolongada ao NO_2 pode provocar decréscimo das funções pulmonares e o aumento do risco de doenças pulmonares. Por estarem sempre presentes na combustão de combustíveis fósseis, as emissões de NO_2 são normalmente utilizadas como parâmetro para as emissões relacionadas ao tráfego de veículos.

4. MONITORAMENTO DE NO₂

No Brasil, o monitoramento de poluentes é bastante diverso, variando os poluentes medidos, o método de amostragem e o número de estações, entre outros, ainda mais considerando a restrição de recursos financeiros entre as diversas regiões do país. O monitoramento é uma ferramenta para auxiliar o planejamento e o desenvolvimento da cidade, à medida que disponibiliza um diagnóstico dos níveis de poluição do ar, tornando possível a adoção de medidas mitigadoras e compensatórias de gerenciamento ambiental e de tráfego. Seguindo a metodologia proposta por Queiroz (2002), esta pesquisa busca aplicá-la ao monitoramento de gases poluentes, com ênfase no NO₂.

5. METODOLOGIA PARA MONITORAMENTO DE NO₂

A metodologia proposta para monitoramento manual de Dióxido de Nitrogênio (NO₂) derivado de veículos automotores será apresentada a seguir. Esta metodologia engloba desde a definição de objetivos do monitoramento até a disposição das informações em um sistema de informações. Sua estrutura metodológica é composta por 12 etapas, que serão descritas a seguir:

ETAPA 1 (DEFINIÇÃO DO PROBLEMA): Consiste na definição, de maneira clara, do problema a ser resolvido no processo de monitoramento, devendo ser levados em conta os vários aspectos da dificuldade, em relação à qualidade do ar ou especificamente da poluição de dióxido de nitrogênio, esclarecendo os motivos mais relevantes que levam à realização do monitoramento.

ETAPA 2 (DEFINIÇÃO DO OBJETIVO DO MONITORAMENTO): Permitirá traçar os caminhos a serem seguidos e a partir daí pode-se definir todo o sistema de monitoramento. Dessa forma, como objetivos mais conhecidos destacam-se identificar a concentração de dióxido de nitrogênio para a realização de diagnóstico da área ou da cidade; e a concentração de dióxido de nitrogênio em locais onde haja grandes volumes de veículos automotores, para que medidas mitigadoras possam ser realizadas atuando no tráfego e no transporte.

ETAPA 3 (IDENTIFICAÇÃO DOS LOCAIS CRÍTICOS E SUA DESCRIÇÃO): Realização do levantamento das áreas com problemas de poluição, isto é, locais com a maior probabilidade de ocorrência de dióxido de nitrogênio na área de estudo, principalmente onde há presença marcante de veículos pesados, principal emissor de poluentes. A identificação dos locais críticos constitui um estudo espacial *in loco*, que deve ser feito em função de alguns critérios, tais como: altos índices de emissão de poluentes, desenho urbano, volume e composição do tráfego, existência de população residente, trabalhadores e ou pedestres na área. Essa descrição inclui a topografia (se é plana ou inclinada); e informações do uso e ocupação do solo, por exemplo, área residencial, comercial ou mista – estas informações devem abranger um raio de 2 km.

ETAPA 4 (DEFINIÇÃO DO PROGRAMA DE AMOSTRAGEM): É dada em função do objetivo definido na etapa anterior. É importante para o planejamento do monitoramento, desde a sua programação em termos de cronograma quanto à provisão de materiais e equipe técnica. O Programa de Amostragem pode ser considerado um conjunto de atividades que consiste em definir duração do monitoramento, período de coleta da amostra, período de coleta dos dados meteorológicos, realização ou não da Contagem Volumétrica Classificatória

de Veículos (VCV), quantidade de equipamentos necessários, programa de manutenção dos equipamentos, programa de treinamento da equipe técnica e quadro da equipe técnica. O programa de amostragem deve ter um período mínimo de um ano para obter a concentração de poluentes com influência da sazonalidade.

ETAPA 5 (PRIORIZAÇÃO DOS LOCAIS DE MONITORAMENTO): É realizado um estudo mais apurado dos locais críticos de poluição, seja realizando coleta de dióxido de nitrogênio ou utilizando dados existentes de fluxo de veículos. Busca-se a seleção ou priorização dos locais importantes para monitorar, isto é, dentre os locais críticos levantados na etapa anterior, são selecionados aqueles que mais se destacam, visto que deverão representar a situação real da poluição na área como um todo. A necessidade de priorizar os locais ocorre em função da disponibilidade do número de equipamentos. Esta etapa também é importante na definição do planejamento futuro dos órgãos gestores no dimensionamento de equipamentos necessários para a complementação da rede de monitoramento, como também na concessão de licença para funcionamento de novos equipamentos urbanos que possam vir a ser um pólo gerador de tráfego.

ETAPA 6 (CRITÉRIOS PARA FIXAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS): Aqui é necessário definir onde localizar os equipamentos ou estações de monitoramento, em termos de características físicas. Esses locais deverão representar a qualidade do ar na área de monitoramento como um todo e *in loco*, deve-se levar em consideração alguns critérios específicos de localização para a fixação dos equipamentos, tais como:

1) Localização dos equipamentos, considerando espaçamento entre a via e os obstáculos físicos: Considerando que quanto maior a distância do cano de descarga do veículo até o ponto de medição, menor será a concentração medida, o melhor ponto de medição será então o mais próximo da via principal. A localização dos equipamentos não deve causar desconforto para os transeuntes. Para melhor caracterização da poluição de fontes móveis, o ideal é trabalhar com as duas situações. Em ambas situações, o melhor ponto será próximo à localização de radar eletrônico, cruzamentos, semáforos, interseções, parada de ônibus, estacionamento, retornos, rotatórias, pois constituem um ponto estratégico para coletar a amostra no momento em que os veículos emitem maior quantidade de poluentes, ou seja, nos momentos de maior aceleração e desaceleração do motor. Sugere-se que as estações sejam localizadas no mínimo a 1 (um) metro da via, com exceção dos canteiros centrais mais estreitos, para preservar a segurança do técnico e do equipamento.

2) Altura das estações: Como esta pesquisa visa à utilização de estações de micro-escala, a altura desejada para instalar os equipamentos é de, no mínimo, 2 metros acima do solo, para evitar que os amostradores aspirem poeira do solo, e de, no máximo, 3 metros, pois se entende que nesta altura obter-se-á uma situação, caracterizando a poluição na altura da camada respirável pelo homem, ou seja, a que mais importa quando o objetivo do monitoramento é obter subsídios para que se possa auxiliar na melhoria da qualidade de vida das pessoas.

3) Segurança dos equipamentos: Os equipamentos devem permanecer fixados no interior de uma estrutura com base de concreto, gradeada e chaveada, isto é o que aqui denominamos de estação ou estações de monitoramento.

4) *Processos legais para implantação de estações de monitoramento da qualidade do ar*: A agência responsável deve ter autorização do poder público para realizar o monitoramento. Logo, em primeiro lugar, deverá encaminhar o projeto de monitoramento com fotos e croquis de locação das estações, com levantamento de árvores, postes, poços de visita, calçadas, edificações e vias dos locais pretendidos ao protocolo-geral da prefeitura municipal da cidade em que se deseja realizar o monitoramento.

ETAPA 7 (COLETA DOS DADOS): A etapa de coleta de dados envolve atividades de preparação dos materiais no laboratório, bem como, no próprio local a ser amostrado, o que se chama de *campo*.

1) Laboratório

Antes de ir para o campo é necessário preparar o material a ser utilizado. Inicialmente deve-se ter a solução de absorção previamente preparada, seguindo as especificações do método, esta deve ser preservada de maneira correta. Depois, esta deve ser disposta em um frasco previamente limpo e, se necessário, tratado de acordo com o método empregado.

2) No campo

O amostrador deve ser calibrado e todas as condições necessárias para o seu funcionamento correto, checadas. Os dados a serem coletados são os seguintes:

- *Coleta da amostra de dióxido de nitrogênio*: A coleta da amostra de dióxido de nitrogênio deverá durar conforme determinado pelo método escolhido, de segunda a sexta-feira, sendo que no último dia apenas retira-se a solução de absorção do dia anterior. Esse procedimento deverá ocorrer de maneira alternada com as coletas em finais de semana, em que o volume de tráfego não é intenso, correspondendo a 20% do total anual e os outros 80%, às coletas realizadas de segunda a sexta-feira, a fim de acompanhar e determinar a concentração de dióxido de nitrogênio gerado pelo fluxo de veículos, em um período mínimo de um ano.
- *Dados meteorológicos*: Os dados de umidade, temperatura, direção e velocidade do vento devem ser também monitorados, buscando associá-los com os dados obtidos de dióxido de nitrogênio. Essa associação é de suma importância para a compreensão da concentração obtida com a dinâmica climática.
- *Contagem volumétrica classificatória de veículos*: No decorrer do monitoramento deve-se quantificar os veículos leves e/ou pesados, para detalhar as características do tráfego e relacioná-las com as concentrações obtidas. Com a finalidade de registrar o volume de tráfego em hora pico e fora do pico, recomenda-se realizar a coleta em 24 horas consecutivas, no período de 3 em 3 meses. Dessa forma, é registrado o fluxo de veículos em cada estação sazonal, ocorrendo em duas fases, da seguinte forma: fase 1 – dias típicos, de segunda à sexta-feira; e fase 2 – dias atípicos, sábado e domingo.

Essas coletas devem abranger as quatro estações sazonais, porque influem diretamente na dispersão do poluente emitido pelos veículos automotores, e, por isso, devem compreender ao menos um mês em cada estação, a saber: dezembro, janeiro e março, para a estação verão; abril, maio e junho, para a estação outono; junho, julho ou agosto, para a estação inverno; e setembro, outubro ou novembro, para a estação da primavera. Para esta operação é melhor ter a participação do órgão de gerenciamento de tráfego, bem como dos agentes de trânsito, tendo em vista a interdição da via por alguns minutos, para colocação e retirada de placas sensoras,

caso sejam utilizadas na contagem. Se a contagem for efetuada com apoio apenas de contadores manuais, caberá somente à equipe do monitoramento sua execução.

3) No laboratório

Após a retirada da solução do amostrador, ela deve imediatamente ser levada ao laboratório para a análise. No caso do método escolhido para o dióxido de nitrogênio, as análises mais comuns por via úmida são feitas por colorimetria, precisando de uma solução indicadora de cor preparada na hora. Assim, após a reação ocorrida, a absorbância da solução resultante é obtida por um espectrofotômetro, com um feixe de luz em 550nm, e é determinada a concentração de dióxido de nitrogênio pela comparação da absorbância obtida com uma curva de calibração.

ETAPA 8 (CÁLCULOS DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO): Para obter a concentração de NO₂ calcular:

$$\mu\text{gNO}_2 / \text{m}^3 = \frac{W \times 50}{V \times 0,93} \quad (1)$$

Onde:

$$V = \frac{F_i + F_f}{2} \times t_s \times 10^{-6} \quad (2)$$

sendo:

$\mu\text{g}/\text{NO}_2$ = Concentração de NO₂

W = $\mu\text{g NO}_2/\text{m}$ (obtido a partir da curva de calibração)

50 = volume total da solução de amostragem

0,93 = eficiência global do método

V = volume de ar amostrado em m³

10⁻⁶ = fator de conversão cm³ para m³

t_s = tempo de amostragem em minutos

F_i = vazão no início da amostragem, em cm³/min

F_f = vazão no término da amostragem, em cm³/min

Uma conversão de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para ppm pode ser feita por:

$$\text{ppm NO}_2 = (\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3) \times 5,32 \times 10^{-4} \quad (3)$$

Onde, 5,32 x 10⁻⁴ é fator de conversão de $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ para ppm NO₂ (vol).

Após a identificação da concentração de dióxido de nitrogênio, os dados de contagem volumétrica classificatória de veículos são computados e relacionados com os dados de dióxido de nitrogênio, para maior compreensão.

ETAPA 9 (ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS): Os resultados obtidos das coletas devem ser analisados estatisticamente, sob o ponto de vista dos níveis críticos, dos padrões, a fim de servirem como instrumento para medidas mitigadoras. A análise é feita a partir da média aritmética para as concentrações dos gases. Os cálculos são realizados semanal, mensal, sazonal e anualmente, além das médias diárias por local, utilizando a equação 6:

$$\overline{NO_2}^t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n NO_{2,i} \quad (6)$$

Onde:

NO_2^t = concentração média no período t ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

t = período de tempo considerado no cálculo da média (semanal, mensal, anual, sazonal)

n = número total de dias considerado no período t

$NO_{2,i}$ = concentração diária de NO_2 , sendo i variando de 1 a n

N = número total de amostra de concentração de NO_2 durante o período t

A média aritmética supõe uma distribuição normal das concentrações e é calculada pela soma de todos os dados dividida pelo seu número total. Representa todos os dados coletados, sendo muito influenciada pelos valores extremos de máximas e mínimos.

ETAPA 10 (MONTAGEM DE UM BANCO DE DADOS GEOREFERENCIADOS): Todas as informações obtidas devem ser estruturadas em um banco de dados, a fim de se obter um inventário das emissões, considerando o ciclo temporal, podendo se avaliar as máximas e mínimas concentrações, e a influência da sazonalidade. De posse do banco de dados, as cidades que dispõem de uma base espacial digitalizada podem contar com o apoio do SIG (Sistema de Informação Geográfica) para obter informações relativas aos pontos críticos de poluição associados ao uso do solo, volume e composição de veículos. Para tal, sugere-se o uso de softwares de domínio público como, por exemplo, o *Spring* (desenvolvido pelo Inpe), o qual permite a importação de imagem e sua representação georreferenciada. Dessa forma, esta etapa permite a representação numérica quantizada dos valores obtidos pelo monitoramento em forma de média diária, semanal, mensal, sazonal e anual. Esta forma de representação numérica de imagens é importante, pois permite a aplicação de uma grande variedade de técnicas e análise de Uso e Ocupação do Solo x Transporte, convenientes ao gerenciamento de tráfego.

ETAPA 11 (RELATÓRIOS): A elaboração dos relatórios diário, semanal, mensal, sazonal e anual dependerá do objetivo do monitoramento e dos dados obtidos. Neles devem ser relatadas a amostragem e as condições consideradas anormais, ocorridas em campo, registradas com data e local. Nestes relatórios deve ser relacionada, criteriosamente, a avaliação sazonal, com as condições meteorológicas, diretamente com as concentrações de dióxido de nitrogênio, que, por sua vez, deve ser relacionado com os dados de fluxo de veículos. Em linhas gerais, deve constar da estrutura dos relatórios: introdução; caracterização descritiva do tráfego, das condições meteorológicas e da concentração de dióxido de nitrogênio; análise dos dados; e conclusão. Para validação do monitoramento, as coletas realizadas deverão preencher 75% das coletas do programa (ver etapa 4), sendo 15% sujeitos a problemas técnicos dos equipamentos, que poderão ocorrer durante o monitoramento.

ETAPA 12 (REAValiação DOS LOCAIS DE MONITORAMENTO): Após o período de um ano, deve ser realizada uma avaliação dos pontos atuais de monitoramento com relação aos dados obtidos, caso ocorram mudanças no tráfego ou no próprio uso do solo. Diante da dinâmica cotidiana do espaço urbano, o técnico deve reavaliar a poluição na seção, e a validade ou não dessa estação para o sistema de monitoramento. Ainda se consideram, nesta fase, uma avaliação de tendências de poluição, níveis críticos, padrões regulamentados e ações mitigadoras. Qualquer alteração no sistema atual ocasionará alterações também no

programa como um todo, portanto, ao final das etapas, volta-se à revisão do sistema definido sob a forma de um processo.

6. ESTUDO DE CASO

O Distrito Federal – DF possui 5.822,1 km² e está localizado na região Centro-Oeste. Pela característica da cidade de Brasília, as ruas e avenidas em geral são largas, bem conservadas e com relativa fluência no tráfego dos veículos. As principais são: Eixos Monumental e Rodoviário, Avenida W3 e Avenida L2. Ainda que com avenidas largas e com bom fluxo de tráfego, Brasília ao longo do tempo vem experimentando pequenos congestionamentos em função do constante aumento da frota de veículos que circulam na cidade. Segundo o Departamento de Trânsito do Distrito Federal – DETRAN/DF, em 1995, o Distrito Federal possuía uma frota de veículos registrados de 436 mil automóveis. Após 10 anos, esta frota cresceu cerca de 88%, alcançando a marca de 821 mil automóveis em 2005. Este aumento significativo de veículos no Distrito Federal reflete-se diretamente no aumento de congestionamentos nas principais vias e, conseqüentemente, na emissão de gases poluentes na atmosfera e o dióxido de nitrogênio, resultante principalmente de veículos automotores, pode afetar a qualidade de vida da população.

O monitoramento do dióxido de nitrogênio começou em abril de 2007, na estação de monitoramento implementada na W3 Sul, localizada na quadra 714, em Brasília. A implementação desta estação seguiu as etapas 1 a 6 da metodologia proposta. A W3 Sul é uma via de grande circulação de veículos, tanto leves quanto pesados, e como possui vários semáforos e radares eletrônicos, os níveis de emissão tendem a ser maiores nela, como agravante, esta via encontra-se entre uma área comercial e uma residencial, tornando-se uma candidata ideal para a implementação de uma estação de monitoramento que visa medir os impactos das emissões veiculares na qualidade do ar. A figura 4 apresenta uma fotografia da estação de monitoramento W3sul.



Figura 2. Estação de monitoramento W3Sul

A coleta dos dados foi efetuada de acordo com a etapa 7 da metodologia proposta, foram coletadas as temperaturas e umidades relativas médias, a solução de análise de segunda a sexta-feira, realizada entre 23 de abril e 27 de junho, e os resultados analisados em laboratório

foram tratados de acordo com a etapa 8 e 9, para a obtenção da concentração e média de NO₂, respectivamente. Na tabela 1 são encontrados os valores de concentração de NO₂, obtidos.

Tabela 1: Concentrações de NO₂ encontradas durante o monitoramento

| Data | Concentração(μg/m ³) | Data | Conc.(μg/m ³) | Data | Conc.(μg/m ³) |
|-----------|----------------------------------|-----------|---------------------------|-----------|---------------------------|
| 23/4/2007 | 66,46 | 16/5/2007 | 82,43 | 11/6/2007 | 68,63 |
| 24/4/2007 | 98,02 | 17/5/2007 | 72,54 | 12/6/2007 | 71,29 |
| 26/4/2007 | 108,62 | 21/5/2007 | 69,59 | 13/6/2007 | 71,93 |
| 2/5/2007 | 77,34 | 23/5/2007 | 80,43 | 14/6/2007 | 81,27 |
| 3/5/2007 | 63,12 | 28/5/2007 | 102,46 | 25/6/2007 | 79,25 |
| 7/5/2007 | 60,20 | 29/5/2007 | 81,78 | 26/6/2007 | 82,15 |
| 8/5/2007 | 78,62 | 30/5/2007 | 84,29 | 27/6/2007 | 77,71 |
| 9/5/2007 | 55,59 | 4/6/2007 | 82,93 | | |
| 10/5/2007 | 56,79 | 5/6/2007 | 85,66 | | |
| 14/5/2007 | 81,86 | 6/6/2007 | 71,96 | | |
| 15/5/2007 | 78,75 | 7/6/2007 | 80,10 | | |

Nota-se que as concentrações encontradas estão, em geral, um patamar abaixo dos 100μg/m³, porém, no período da coleta, por duas vezes as medidas ultrapassaram esta barreira. Pela equação 6 calculou-se a média de concentração do período, que foi de 77,65 μg/m³.

Os resultados apresentados acima ainda são preliminares, então as etapas 10, 11 e 12 ainda não foram alcançadas.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preocupação com a poluição do ar deve-se à grande importância que essa área tem tomado nos últimos tempos, uma vez que estudos da OMS têm dado grande ênfase na sua gravidade para a saúde da população, e também, devido ao potencial de causar impactos na paisagem dos centros urbanos, com a chuva ácida e a conseqüente deterioração da área.

O monitoramento é relevante devido à criação de um leque de informações que possibilita a tomada de decisões convenientes à gestão ambiental e ao gerenciamento de tráfego. Nesse sentido, a definição dessa metodologia de monitoramento facilitará o trabalho de profissionais na área, permitindo diagnosticar e avaliar a qualidade do ar. A utilização de equipamentos manuais, como o *TRI-GAS*, tornará acessível o monitoramento em função de seu custo e robustez, possibilitando que qualquer cidade possa realizá-lo.

Apesar de preliminares, os resultados obtidos demonstram que, em Brasília, os níveis de dióxido de nitrogênio presentes no ar encontram-se abaixo dos 100μg/m³, porém, no período da coleta, por duas vezes as medidas ultrapassaram esta barreira, e a tendência é que com o crescimento da frota esses níveis aumentem ainda mais, principalmente se não houver nenhuma intervenção do Estado no gerenciamento de controle do fluxo de veículos.

É importante a continuidade deste trabalho de coleta dos dados sobre o fluxo de veículos, a fim de identificar o seu impacto em termos de emissão de gases.

Agradecimentos

Os autores agradecem as sugestões recebidas de diversos colegas, que permitiram aprimorar o texto e eliminar diversas inconsistências, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), à Agência Japonesa de Cooperação Internacional (JICA), ao Programa de Pós-graduação em Transportes da Universidade de Brasília (PPGT/ UnB) e à Universidade de Brasília (UnB).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CABRAL, Simone Dias. (1999) *Proposta metodológica para monitoramento da poluição atmosférica provocada pelo sistema de transporte rodoviário urbano: O caso do monóxido de carbono*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução n. 003*, de 28 de junho de 1990. *Estabelece Padrões da Qualidade do Ar*. Disponível: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/rllegis.html>>. Acesso em: jul/2007.
- DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito (1980). *Transporte e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro.
- DETRAN – DEPARTAMENTO DE TRÂNSITO DO DISTRITO FEDERAL. *Estatísticas sobre a frota de veículos do Distrito Federal*. disponível: <<http://www.detran.df.gov.br/>>. Acesso em: jul/2007.
- LODGE, J.P. (1989). *Método para a determinação de dióxido de nitrogênio atmosférico (24h)*. Métodos de Amostragem no Ar e Análise. Lewis Publishers inc, tradução José Warley Coelho Dias (2003), Rio de Janeiro.
- MARTINS, Jorge Antônio. (1996) *Transporte, Uso do Solo e Auto-Sustentabilidade: Teoria e Prática para a Previsão de Impactos sobre a Qualidade do Ar*. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- OMS – Organização mundial da saúde (2006), *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide Global update 2005 Summary of risk assessment*, WHO Press, Geneva.
- OMS – Organização mundial da saúde (2003). *Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide - Report on a WHO working group*. Bonn, Alemanha.
- QUEIROZ, L. (2002). *Desenvolvimento de uma metodologia de monitoramento de material particulado derivado de veículos automotores com amostradores manuais*. Dissertação de mestrado, Publicação TU.DM-08 A/02, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 104 p.

Felipe Azevedo Rios Silva (felipears@ceftru.unb.br)

Yaeko Yamashita (yaeko@unb.br)

Leila Queiroz (leila@ceftru.unb.br)

Laboratório de Monitoramento e Controle Ambiental em Transportes (LaMCAT); Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes (CEFTRU); Campus Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Caixa Postal 04516, CEP 70919-970, Brasília-DF. Tel: +55 (61) 3307-2057; Ramal 214; Fax: +55 (61) 3307-2062