

X-008 - EMISSÕES DOS POLUENTES MONÓXIDO DE CARBONO, HIDROCARBONETOS E ÓXIDOS NITRICOS NA AVENIDA MATO GROSSO EM CUIABÁ/MT

Gersina N. da Rocha Carmo Junior⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Gabriel Roberto Pozzobon⁽²⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

Cleusa Aparecida Gonçalves Pereira Zamparoni⁽³⁾

Geógrafa Física pela Universidade de São Paulo (USP). Mestre em Climatologia Geográfica pela Universidade de São Paulo (USP). Doutora em Climatologia Geográfica pela Universidade de São Paulo (USP).

Shanny dos Santos Mota⁽⁴⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Mestranda em Engenharia de Edificações e Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental (PPGEEA/UFMT).

Endereço⁽¹⁾: Rua São Benedito, 200 - Cuiabá – Mato Grosso - MT - CEP: 78008 - 405 - Brasil - Tel: + 055 (65) 8115-1242 e-mail: gersina@hotmail.com

RESUMO

Com o crescente aumento das emissões de poluentes na atmosfera, ocasionando impactos a qualidade do ar e colocando em risco a saúde da população, trouxe preocupação que tem sido a motivação para a elaboração de estudos de avaliação da qualidade do ar. As emissões veiculares, sendo elas apontadas como as principais fontes de poluição em centros urbanos, vem sendo o foco dessas avaliações. Rodovias movimentadas, com grande intensidade de fluxo de veículos são as regiões de maior preocupação. Este estudo, visa a estimativa das emissões veiculares localizadas na Avenida Mato Grosso na cidade de Cuiabá, Mato Grosso através da abordagem *Bottom-up*. O primeiro passo para uma avaliação da qualidade do ar, sobre qualquer fonte, é necessário uma avaliação de emissões. Diante disso, o estudo fez, primeiramente, uma avaliação da intensidade de fluxo veicular na avenida, a partir de uma contagem veicular local. Essa base de dados aponta que para um cenário mediano, o número de veículos que passam na Avenida Mato Grosso foi de 16.653 ao dia. Para a aplicação dos fatores de emissão, a frota local foi categorizada, segundo automóveis, veículos comerciais leves, motocicletas, ônibus e caminhões. As estimativas das emissões foram verificadas para a extensão total da avenida, igual a 850 metros. Nessas condições, estima-se que o local do estudo emita 8,81kg/h de CO, 6,32 kg/h de HC e 2,68 kg/h de NOx.

PALAVRAS-CHAVE: Aumento de Capacidade, Melhoria da Qualidade, Água com Alcalinidade, Coagulante Adequado, Auxiliares de Floculação.

INTRODUÇÃO

Desde a descoberta dos efeitos causados pelos poluentes da atmosfera sobre a saúde humana, iniciou-se uma preocupação com a qualidade do ar. Com a descoberta, levou-se a observar a correlação entre as doenças cardiorrespiratórias e câncer de pulmão com a poluição atmosfera (POPE et al; 2002).

A forma como é levada a vida na maioria das cidades brasileiras, principalmente nas cidades com grande densidade e mesmo em cidades com baixa densidade, os sistemas de transporte coletivos são de baixa qualidade, ainda houve incentivos do governo federal em aumentar o consumo de carros populares, o que não foi acompanhado por uma política de mobilidade urbana, tudo isso levou maior utilização de veículos automotores como meio de transporte.

Pouco mais de 84% da população brasileira é urbana (IBGE, 2010). Por encontrar-se próximo da população dos centros urbanos, as emissões veiculares, causam efeitos patológicos mais agravantes. Os riscos de contrair doenças e levar até a morte em decorrência da poluição do ar são maiores para a população que mora perto de ruas que possuem um fluxo de veículos intenso (HOEK et al, 2002).

Em grandes centros, com a crescente frota de veículos automotores, observou-se uma relação significativa com o aumento da concentração de poluentes atmosféricos, levando a constatar que são eles responsáveis por essa poluição. De acordo com o relatório da qualidade do ar elaborado em 2014 pela CETESB (2015), os veículos foram responsáveis pela emissão de 417 mil toneladas de monóxido de carbono, 85 mil toneladas de hidrocarbonetos, 172 mil toneladas de óxidos de nitrogênio, 4.900 toneladas de material particulado, todos poluentes tóxicos, no estado de São Paulo.

Em Cuiabá a população urbana corresponde a pouco mais de 98% do total da população do município. Seu crescimento populacional, nos últimos anos, foi de aproximadamente 14% entre os censos de 2000 e 2010 (IBGE, 2010). De maneira acelerada, a frota veicular também cresce. Desde o início das medições, em 2002, o DENATRAN (Departamento Nacional de Transito) registrou em Cuiabá um aumento médio da frota veicular de 17.760 veículos/ano (DENATRAN, 2015).

A Avenida Mato Grosso, além de ser uma das vias que concentra grande fluxo de veículos diariamente, também está situado o maior colégio estadual da cidade, além de possuir um relógio instalado para a contagem regressiva dos 500 anos do Brasil, que ficou como um dos cartões postais da cidade. Embora seja de grande relevância para a cidade e haja proximidade entre os pedestres e o tráfego de veículos, não existe qualquer avaliação acerca da composição da atmosfera da região ou estudo que investigue a influência das emissões veiculares na saúde das pessoas que frequentam o local.

Em situações onde não há monitoramento, o primeiro passo para fazer um estudo de avaliação da qualidade do ar, é a estimativa de emissões. Neste contexto, este estudo visa estimar a quantidade de emissões da frota veicular de ocorrência na avenida, para os poluentes CO, HC e NOx.

MATERIAIS E MÉTODOS

LOCAL DE ESTUDO

A Avenida Mato Grosso está localizada na cidade de Cuiabá. O município é a capital de Mato Grosso, um dos três estados integrantes da Região Centro-Oeste do país. Entre as coordenadas geográficas 15° 35' 46" latitude sul e 56° 05' 48" de longitude oeste, seu território ocupa a área de 3.984,9 km², onde a região urbana corresponde a uma área de 126,95 km² (EMBRAPA, 2015).

A metodologia foi aplicada na Avenida Mato Grosso, de extensão total igual a 850 m, considerando-se que ela é composta pelo trecho entre as Avenidas Historiador Rubens de Mendonça, e Avenida Presidente Marques, com quatro faixas de rolagem, sendo duas para cada sentido.

ESTIMATIVA DE EMISSÕES NA AVENIDA MATO GROSSO

As emissões foram estimadas segundo a metodologia Bottom-up, a partir da fórmula descrita abaixo:

$$E = \sum D \times CF \times FE \quad \text{equação (1)}$$

Onde, E - Emissões veiculares para o poluente x [g], CF - Número de veículos da frota categorizada (número, ano-modelo, combustível), FE - Fator de emissão para tipo de veículo ano-modelo, combustível e poluente x [g/km], D - Distância do trecho em questão [km].

Para os dados de categorização da frota local foram utilizados a base de dados do DENATRAN (<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>) referentes a cidade de Cuiabá e dados colhidos de radares, disponibilizado pela Secretaria de Mobilidade Urbana da capital. Os fatores de emissão foram obtidos dos Relatórios de Emissões Veiculares do Estado de São Paulo, publicados pela CETESB (2015).

A Figura 1 apresenta onde cada uma das bases de dados utilizadas foi aplicada, segundo cada uma das etapas para a determinação das estimativas.

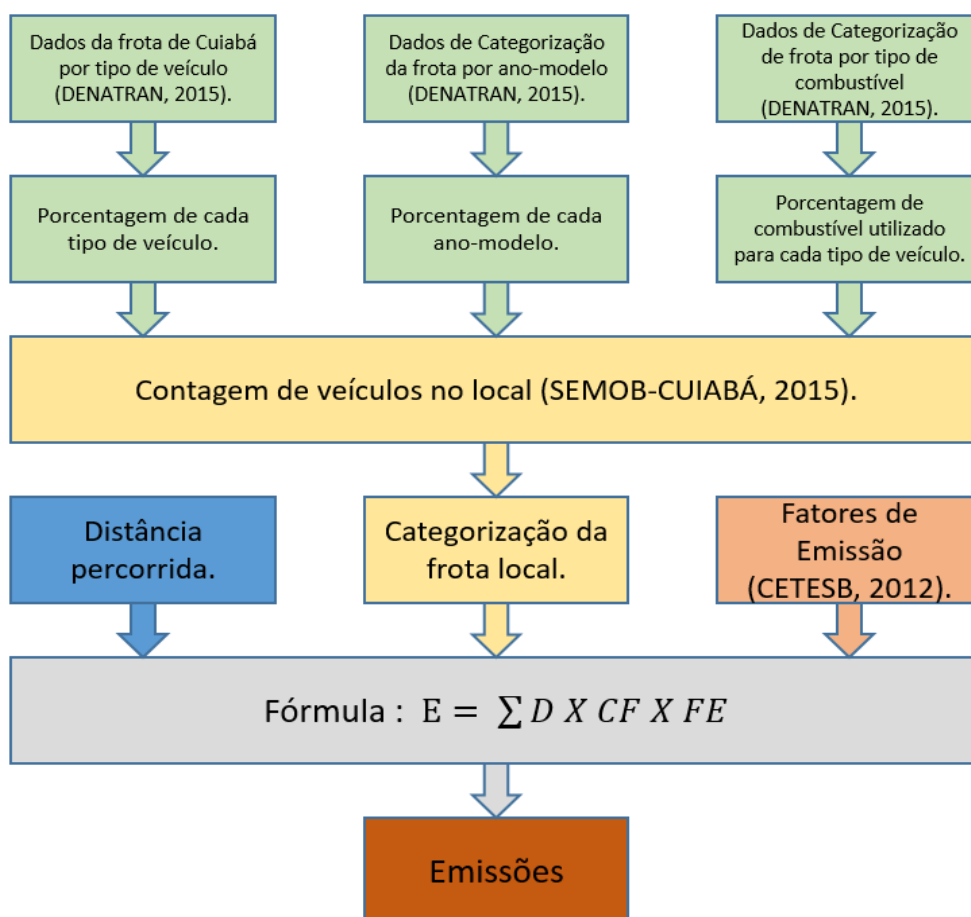


Figura 1 - Fluxograma das etapas da metodologia aplicada. Fonte: Autor (2015).

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO TRÁFEGO LOCAL

Conforme os objetivos deste estudo, é necessário o conhecimento do número específico de veículos que trafegam no local do estudo. Por essa razão, foi realizada a contagem dos veículos na Avenida Mato Grosso através da lombada eletrônica, com isso, foi possível estimar as emissões específicas na avenida. A contagem utilizada para o estudo foi dentre os dias 17 e 23 de agosto de 2015. Para contemplar dias diferentes da semana, utilizou-se a contabilização de uma semana completa para a amostragem, de segunda-feira a domingo. O ciclo de contagem foi organizado de hora em hora, iniciado às 06:00 horas até às 22:59 horas, período considerado de fluxo significativo de automóveis. Os resultados foram apresentados para todas as faixas de pistas, dentre as quatro que compõem a avenida. Além disso, o número de veículos computados foi para veículos leves e pesados.

AVALIAÇÃO QUALITATIVA DO TRÁFEGO LOCAL

A avaliação qualitativa foi realizada através da categorização da frota local, a categorização foi realizada com os dados de tipo de veículo, ano-modelo e combustíveis, fornecidos pelo DENATRAN. Através desses dados, foram obtidos os percentuais de cada uma das categorias e aplicadas na contagem realizada. Dessa forma, obteve-se o número de veículos locais de cada uma das categorias analisadas.

CATEGORIZAÇÃO POR TIPO DE VEÍCULO

A categorização do DENATRAN, segundo o tipo de veículo, é realizada mensalmente. Foram utilizados os dados fornecidos para o mês de agosto de 2015, período coincidente com o período em que foi realizada a contagem veicular local. Foram contabilizados dentre leves e pesados, para cada uma das pistas que constituem a Avenida Mato Grosso. Para a determinação do número mediano de veículos no local, foi realizado o somatório da contagem veicular das pistas. A partir disso foi determinada a mediana para veículos leves, 956 veículos, e para os veículos pesados, 25.

CATEGORIZAÇÃO PELA IDADE DO VEÍCULO

Quanto a categorização por ano-modelo foi utilizada outra base de dados do DENATRAN (<http://www.denatran.gov.br/frota2015.htm>), disponível desde 2014 para todo o país. Foram considerados veículos até 20 anos, a partir do ano de fabricação, iniciando em 2015, período da base de dados coincidente com o período da contagem local.

CATEGORIZAÇÃO POR COMBUSTÍVEL

A divisão da frota local quanto ao seu combustível utilizado, foi feita de forma similar a categorização pela idade dos veículos. Foram considerados os dados do DENATRAN (<http://www.denatran.gov.br/frota2015.htm>), disponibilizados a partir de 2014. Foram considerados os combustíveis Gasolina e Diesel, seguindo os critérios de utilização de acordo com o porte dos veículos.

TRAJETO CONSIDERADO

A extensão total da Avenida corresponde a um comprimento de 850 metros.

FATORES DE EMISSÃO EMPREGADOS

Os dados de fatores de emissão que foram utilizados, estão disponibilizados pela CETESB no relatório de “emissões veiculares no estado de São Paulo 2014”. Foram obtidos a partir de médias ponderadas dos fatores de emissão determinados pelos ensaios de homologação, com o número de vendas de cada uma das categorias avaliadas na homologação. Por falta de dados sobre a categorização da frota local, utilizou-se a categorização mais simples para veículos pesados, apenas ônibus e caminhões, isto também devido a existência da lei municipal nº5463 de 2011, onde fica proibida a circulação de caminhões pesados na cidade durante o dia. O restante das categorias foi desconsiderado. Para que ocorra a compatibilização dos fatores de emissão entre a categorização da fonte de dados consultada e aqueles aplicados no presente estudo, foi realizada uma média aritmética que representa os fatores de emissão os veículos. Para a determinação dos fatores de emissão das motocicletas sua categorização foi feita de acordo com as cilindradas, dentre aquelas menores de 150 cc, de 151cc até 500cc e maiores que 501cc. O Ministério do Meio Ambiente (2011) desconsidera a categoria de motocicletas acima de 501 cc, por não apresentar uma frota muito relevante, portanto, considerou-se a para as emissões das motocicletas acima de 501cc utilizou-se o mesmo valor de participação das emissões para as outras duas categorias.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como as variações de intensidade de fluxo de veículos durante o dia são grande, para considerar as estimativas das emissões foram avaliados cenários de acordo com as intensidades de fluxo local, onde se prevê situações de emissões máximas, referentes aos picos da intensidade de fluxo, as mínimas observadas normalmente na primeira hora ou última hora da medição e nos finais de semana; e medianas para a caracterização das situações de maior ocorrência.

A Figura 2 apresenta as emissões correspondentes a cada uma das categorias de veículos avaliadas, juntamente com o número de veículos das respectivas categorias. O cenário representado pelo referido gráfico é referente ao número de veículos por hora do cenário mediano.

As emissões dos poluentes são influenciadas pela combinação entre a quantidade de veículos e seu respectivo potencial de emissão (caracterizado pelo fator de emissão).

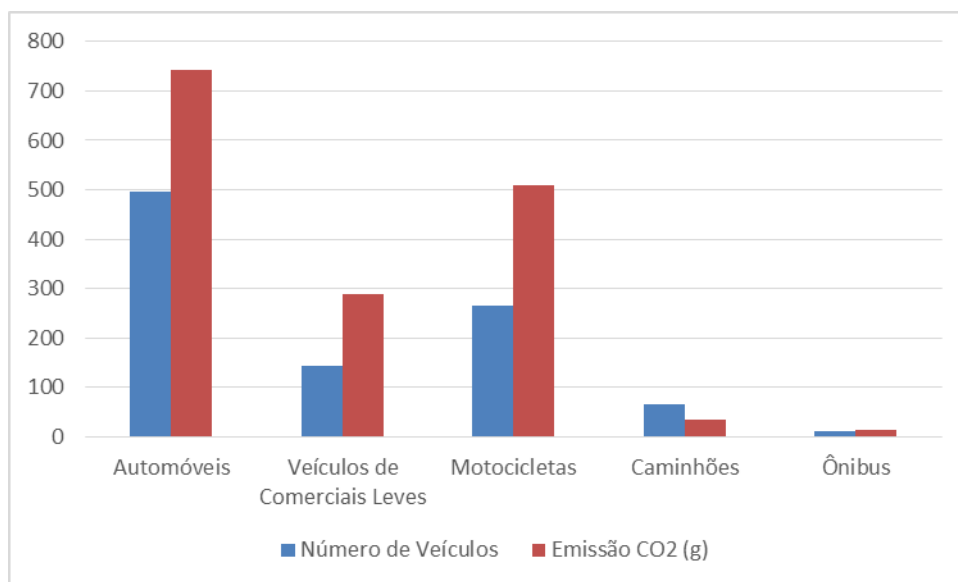


Figura 2 - Emissões para o cenário mediano de fluxo veicular para o poluente CO

Os poluentes CO e HC são mais sensíveis a quantidade de veículos leves, como automóveis e, principalmente, motocicletas, conforme indicado nas Figuras 2 e 3. Já as emissões de NOx são mais sensíveis aos veículos pesados.

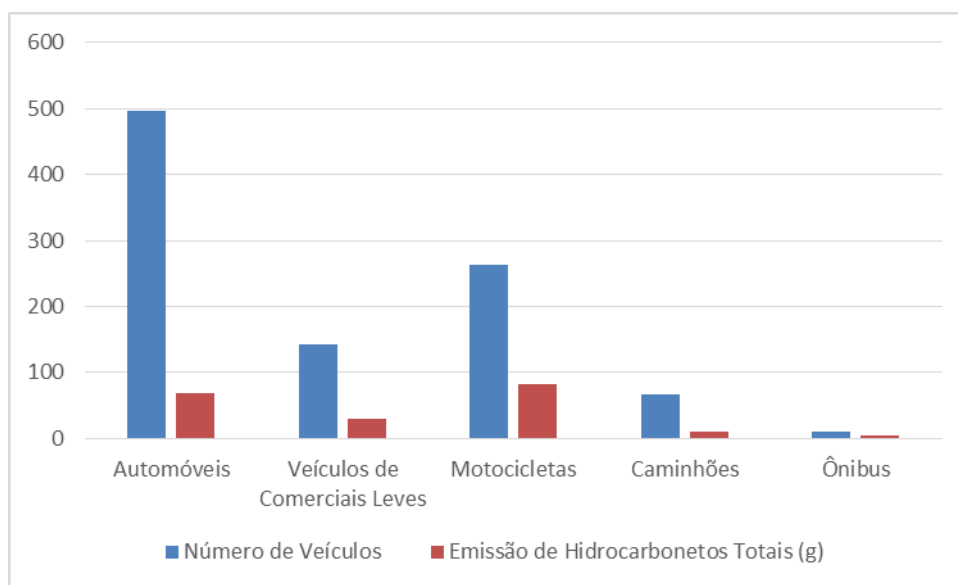


Figura 3 - Emissões para o cenário mediano de fluxo veicular para o poluente HC.

A partir da Figura 4 é possível verificar que mesmo em quantidade menor, caminhões e ônibus contabilizam pela maior parcela da emissão de NOx. Analisando-se de maneira absoluta, o grande número de automóveis é decisivo para a grande quantidade de emissões de NOx, sendo ainda superior às emissões dos ônibus. Já em uma avaliação segundo o potencial de emissão, as categorias de ônibus e caminhões são muito superiores, conforme caracterizado pelos fatores de emissão dessas categorias para esse poluente.

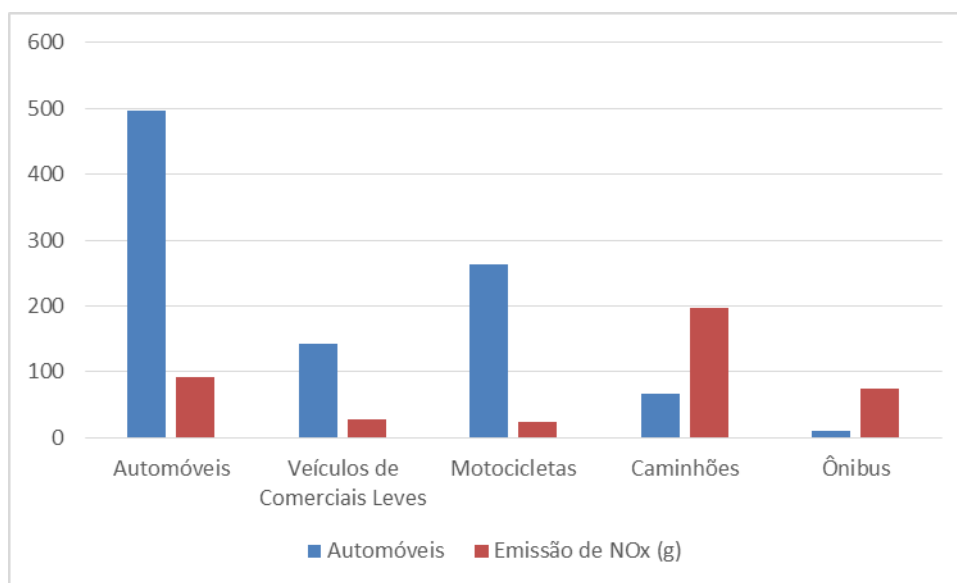


Figura 4 - Emissões para o cenário mediano de fluxo veicular para o poluente NOx.

Kirchstetter *et al* (1999 *apud*. FERNANDES, 2014) avaliaram as emissões de material particulado fino e NOx para veículos leves e pesados. O estudo apresentou que praticamente toda a frota de veículos pesados era abastecida com diesel. Além disso, a frota analisada era composta por pouco menos de 5% de veículos pesados. Ainda assim, os resultados apontaram que pelo menos 40% das emissões de NOx foram atribuídas aos veículos pesados.

Apontam ainda que o fator de emissão de NOx é significativamente superior para veículos pesados abastecidos a diesel, do que veículos leves a gasolina. Afirmam que as emissões de poluentes dos veículos abastecidos a diesel são fortemente influenciados pela tecnologia de ignição, porte do veículo, carregamento, forma de condução e condições de manutenção.

Chan *et al* (2012 *apud*. FERNANDES, 2014) fizeram uma comparação nas emissões de carros e motocicletas em Taiwan. Identificou-se que as motocicletas emitem até 12 vezes mais HC e CO. No Brasil, as iniciativas para a restrição das emissões de motocicletas são muito mais recentes do que as iniciativas para o controle das emissões das outras categorias. Isso pode ser observado através do período em que foi desenvolvido o PROCONVE (1986) e o PROMOT (2002). Os fatores de emissão das motocicletas refletem as diferenças na evolução dos dois programas. Os fatores de emissão das motocicletas são superiores aos fatores de emissão para o restante das categorias, perdendo apenas para a categoria dos ônibus. Uma nova atualização do programa apresenta maiores restrições para as emissões desta categoria. Através da Resolução CONAMA Nº 432 de 6 de maio de 2011, a fase M4 entrou em vigor a partir de janeiro de 2014.

A Figura 5 apresenta a variação temporal das emissões de cada poluente em relação ao número de veículos do cenário mediano, segundo as categorias avaliadas.

O comportamento das emissões, bem como da intensidade de fluxo dos veículos, é bastante variável segundo a hora do dia. Dentre o período em que foi feita a contagem na avenida, as emissões de CO e HC foram correspondentes ao fluxo de automóveis, ou seja, nos horários em que o número dessa categoria de veículos é menor, as emissões apresentaram-se também menores. Segundo o fluxo veicular para a análise mediana, o número de veículos de maior ocorrência a cada hora do dia apresenta um comportamento diferenciado dos totais. Para a intensidade de fluxo mediana, às 14 horas, há a ocorrência de um pico superior às 12 horas, bem como às 19 horas o pico é superior às 18 horas. Por essa razão as emissões foram também superiores nesses horários.

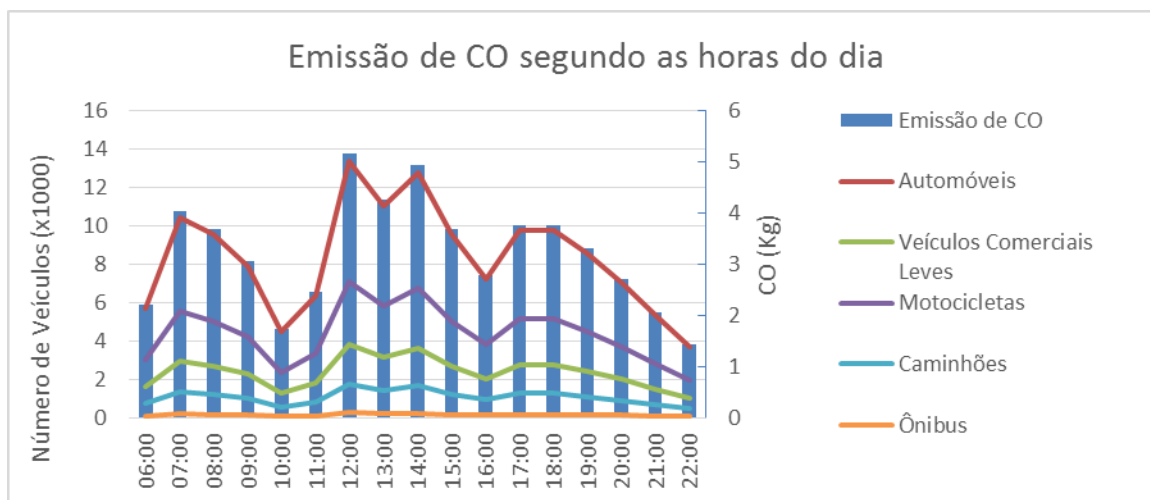


Figura 5 - Emissões de CO segundo as horas do dia

A hora do dia em que os níveis de emissão de poluição são maiores para os poluentes de CO e HC (Figura 6) são às 12 horas. Para esses mesmos poluentes a hora correspondente às menores emissões, é às 22 horas.

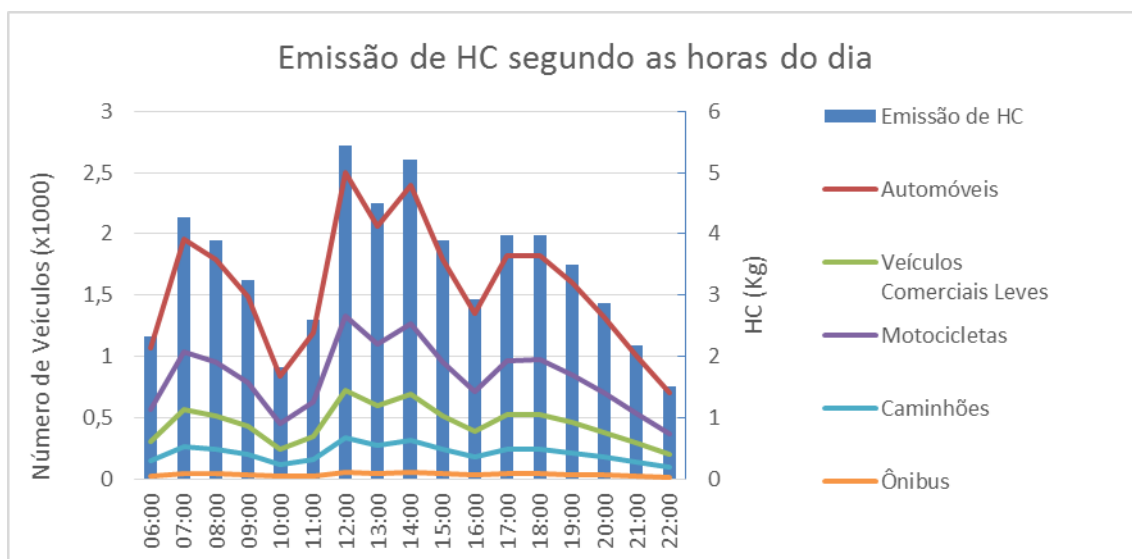


Figura 6 - Emissões de HC segundo as horas do dia

Para as emissões de NO_x (Figura7), seus comportamentos foram correspondentes ao número de veículos das categorias de caminhões e ônibus. Por isso, a hora do dia em que há maior emissão desse poluente ocorre também às 12 horas e a hora em que essas emissões são menores é às 22 horas, diferentemente do comportamento das emissões dos outros dois poluentes.

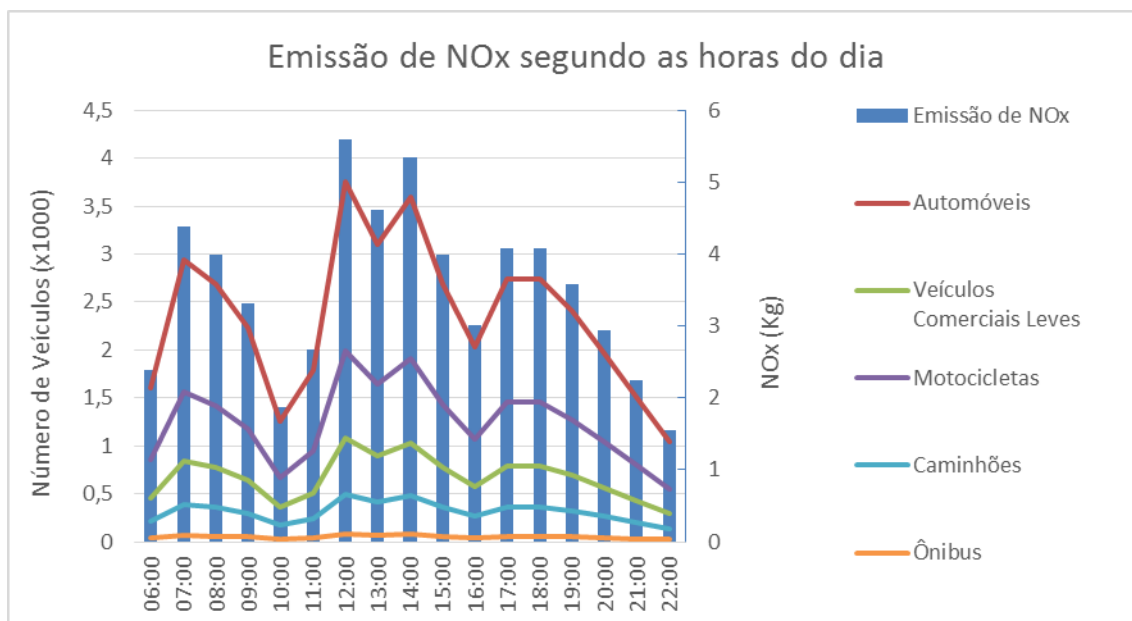


Figura 7 - Emissão de NOx segundo as horas do dia

CONCLUSÕES

A importância da contribuição na emissão de poluentes tóxicos, prejudiciais à saúde e ao meio ambiente, proveniente do tráfego de veículos em rodovias, é evidente. O agravamento na qualidade do ar em meios urbanos adensados, por rodovias com grande intensidade de veículos é também notório. As estimativas, obtidas no presente estudo, vão ao encontro dessas constatações.

O comportamento da frota veicular no local apresentou três picos de intensidade ao longo do dia. O primeiro ocorreu no período da manhã, outro ao meio dia e o último ao final da tarde. Esse comportamento veicular foi associado ao movimento da população entre a casa e trabalho e casa e escola.

O número de veículos foi o principal fator observado para a quantidade de emissão para todos os poluentes avaliados. Este fator foi determinante para as estimativas dos níveis de poluentes emitidos. A correspondência entre as emissões e o número de veículos foi identificada nas avaliações de acordo com os dias da semana e horas do dia.

O tipo de veículo ganhou destaque com as avaliações do poluente NOx, em que o potencial de poluição, refletido pelos fatores de emissão, para veículos do Ciclo Diesel, demonstraram-se elevados. Por essa razão, as estimativas dos níveis de emissão desse poluente não foram proporcionais a quantidade de veículos em geral. Ou seja, mesmo os veículos pesados estando em menores quantidades foram responsáveis pela maior parte das emissões desse poluente. Esse comportamento pode estar relacionado com a tecnologia de ignição desses motores.

Outro resultado significativo ao tipo de veículo, está relacionado às emissões de CO e HC por motocicletas. Seu potencial de emissão é elevado para esses dois poluentes. Esse resultado foi observado em outros estudos também, cujo comportamento elevado dessas emissões é associada a políticas de redução menos restritivas, quando comparadas às outras categorias de veículos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, Estudo do Comportamento do Ozônio na Região Metropolitana de São Paulo, São Paulo, 2002.
2. CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, Emissões veiculares no estado de São Paulo 2014. São Paulo, 2015. Disponível em: < http://veicular.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/35/2013/12/Relat%C3%B3rio-Emiss%C3%B5es_eiculares_2014_VERS%C3%83O-DIGITAL.pdf> Acesso em 22 de setembro de 2015.
3. CONAMA. Resolução nº 18, de 06 de maio de 1986. Instituir, em caráter nacional, o PROGRAMA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES - PROCONVE. Diário Oficial da União, Brasília, 17 de jun. de 1986. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res1886.html>> Acesso em 20 de setembro de 2015.
4. CONAMA. Resolução nº 003 de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Diário Oficial da União, Brasília, 22 de agost. de 1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>> Acesso em 20 de setembro de 2015.
5. CONAMA. Resolução nº 403, de 11 de novembro de 2008. Dispõe sobre a nova fase de exigência do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores PROCONVE para veículos pesados novos (Fase P-7) e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 12 de nov. de 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=591>> Acesso em 20 de setembro de 2015.
6. CONAMA. Resolução nº 415, de 24 de setembro de 2009. Dispõe sobre nova fase (PROCONVE L6) de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores PROCONVE para veículos automotores leves novos de uso rodoviário e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 25 de set. de 2009. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res09/res41509.pdf> > Acesso em 20 de setembro de 2015.
7. DENATRAN - DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRANSITO, Frota Nacional. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em 28 de outubro de 2015.
8. EMBRAPA. Base de dados sobre áreas urbanizadas nos municípios do Brasil. Disponível em: < <http://www.urbanizacao.cnpem.embrapa.br/conteudo/uf/mt.html>> Acesso em 15 de setembro de 2015.
9. FERNANDES, M. C. “Estimativa das Emissões Veiculares para CO, HC e NOx na Avenida Beira Mar Norte em Florianópolis/SC”. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis – SC. 2014.
10. HOEK, Gerard et al. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the netherlands: a cohort study. **The Lancet**. Utreque, p. 1203-1209. 19 out. 2002.
11. POPE, C. A; BURNETT R.T; THUN, M.J; CALLE, E.E.; KREWSKI, D, ITO, K, THURSTON, G.D. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution.