

## X-015 - ANÁLISE DAS INCERTEZAS E DA ESCOLHA METODOLOGICA DE UM INVENTÁRIO DE EMISSÕES VEICULARES

### **Adelmo Menezes de Aguiar Filho<sup>(1)</sup>**

Técnico em Operação de Processos Industriais e Químicos pelo Instituto Federal da Bahia (IFBA). Graduando em Engenharia Química pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Aluno Voluntário de Pesquisas da Rede de Tecnologias Limpas (TECLIM-UFBA). Atualmente desenvolve pesquisa na área de poluição atmosférica com foco na quantificação da emissão de poluentes por fontes veiculares.

### **Édler Lins de Albuquerque**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Alagoas. Mestrado e Doutorado em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas. Professor do Curso de Engenharia Química do IFBA. Desenvolve pesquisa nas áreas de poluição atmosférica, química analítica, química ambiental, análise multivariada de dados químicos e otimização de processos.

### **Camila de Jesus Andrade**

Técnica em Química pelo Instituto Federal da Bahia (IFBA). Graduanda em Química Industrial pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Aluna Voluntária do Grupo de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovações Analíticas (IDEIA-UFBA).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Aristides Novis, 02 –Federação – Salvador - BA – CEP: 40210-630 – Brasil – Tel: (71) 3283-9802 – e-mail: [aguiar.soul@gmail.com](mailto:aguiar.soul@gmail.com)

### **RESUMO**

O desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a preservação da qualidade do ar no Brasil vem sendo acompanhada do crescimento da elaboração de inventários de emissão veicular. Os inventários de emissões permitem a quantificação das emissões de uma fonte poluidora e interpretação de seus impactos ambientais. Contudo, verifica-se a ausência da estimativa das incertezas nos inventários realizados no País. Como as incertezas de um inventário podem influenciar na interpretação dos resultados obtidos, sua estimativa é etapa fundamental para avaliar a qualidade do inventário e para a delimitação de sua abrangência em termos do uso dos resultados. Desta maneira, o presente trabalho buscou realizar o estudo das incertezas de um inventário de emissões e a quantificação da variação dos resultados de um inventário em função da fonte de dados utilizada na elaboração deste. Foi utilizado como base para os cálculos o inventário de emissões da Região Metropolitana de Salvador para o ano de 2009. Os resultados indicam que a incerteza no inventário de emissões pode alcançar valores superiores 50%, enquanto que a variação dos resultados de um inventário em função do banco de dados alcançou variações na ordem de 40%, concluindo que a fonte de dados e as incertezas presentes no inventário são aspectos fundamentais para sua interpretação e comparação entre outros inventários, garantindo maior confiabilidade às informações obtidas como resultados dos mesmos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Incertezas, Inventários de Emissões Atmosféricas, Fontes Móveis, RMS.

### **INTRODUÇÃO**

A evolução da legislação ambiental em prol da preservação da saúde humana e do meio ambiente através da melhoria da qualidade do ar nos centros urbanos vem ganhando destaque nos últimos anos com a publicação do 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários e da Lei CONAMA 418/2011 que instituiu a elaboração dos Programas de Controle da Poluição Veicular (PCPV) e Programas de Inspeção e Manutenção Veicular (I/M). Dentro deste contexto, a elaboração de inventários de emissão veicular torna-se fundamental para a compreensão do impacto da poluição urbana, pois a partir de seus resultados verificam-se as fontes mais poluidoras, desenvolve-se estudos de dispersão atmosférica e de monetarização da poluição (BRASIL, 2011; LYRA, 2008; JUNIOR, 2003).

Em geral, os métodos de cálculo empregados na elaboração dos inventários de emissões veiculares no Brasil utilizam fatores de emissão associados à quilometragem ou consumo de combustível dos veículos. Contudo, a escassez ou mesmo ausência de dados para todas as regiões dificulta a avaliação qualitativa dos inventários, pois diferentes considerações são realizadas em função das informações disponíveis (UEDA, 2010; FELTES, 2010; BRASIL, 2011).

Os valores de emissão calculados em um inventário, bem como qualquer resultado de uma medição são apenas uma estimativa do valor verdadeiro, deste modo, é de fundamental importância utilizar um parâmetro que expresse o grau de dúvida associado a um resultado. Este parâmetro é denominado incerteza. As incertezas podem ser classificadas em Incertezas do tipo A e tipo B. As incertezas do tipo A são estimadas por métodos estatísticos, como no cálculo do desvio padrão de uma média de valores. As incertezas do tipo B são avaliadas por outros métodos, como por especificações de fabricantes ou procedimentos de calibração (JUNIOR et al., 2011). Conforme a Agência Ambiental Europeia, o cálculo das incertezas de um inventário é uma das etapas fundamentais para o controle da qualidade dos dados apresentados em um inventário (E.E.A, 2009).

Desta forma, o presente trabalho buscou a identificação e quantificação das incertezas de um inventário de emissões atmosféricas, bem como a interpretação da influência da seleção das fontes de dados nos resultados de um inventário de emissões. Foi utilizado como base para os cálculos o inventário de emissões veiculares da Região Metropolitana de Salvador (RMS) para o ano de 2009 (AGUIAR FILHO et al., 2011).

## MATERIAIS E MÉTODOS

No inventário de emissões da RMS 2009 foi aplicado o 2º método de cálculo da agência de proteção ambiental europeia (E.E.A, 2009), correspondente ao método aconselhado pela agência de proteção ambiental norte-americana (U. S. EPA, 2002), a qual relaciona as quantidades totais de poluentes emitidos pelos veículos com a quilometragem média anual desenvolvida pelos veículos (Equação 1).

$$E_i = \sum_k \sum_j \sum_c (Fe_{k,t,c} \times FC_{p,k,t,c} \times Kma_{k,t}) \quad \text{equação (1)}$$

$E_{p,t}$  = Emissão total de um poluente p em um Ano t.

$F_{k,t,c}$  = Frota de veículos de uma categoria k, fabricados em um ano t que processam um combustível c.

$FC_{p,k,t,c}$  = Fator de emissão corrigido de um poluente p para veículos novos de uma categoria k, fabricados em um ano t e que processam um combustível c.

$Kma_{k,t}$  = Quilometragem média anual desenvolvida por veículos de uma categoria k fabricados em um ano t.

Neste foram inventariados os poluentes monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NOx), Óxidos de enxofre (SOx) e Material Particulado (MP). Foram considerados como classes veiculares os automóveis (gasolina, álcool, Flex, diesel e GNV), comerciais leves (gasolina, álcool, Flex e diesel), veículos pesados (caminhões, ônibus e micro-ônibus, todos a diesel) e motocicletas (gasolina) (ref. Inventário nacional).

Os dados totais da frota estratificados por categoria veicular foram obtidos em DETRAN-BA (2010). Em ANFAVEA (2010) foram adquiridos a classificação da frota por tipo de combustível. A partir do histórico da frota em DENATRAN (2010) e das curvas de sucateamento (BRASIL, 2011), estimou-se o perfil da frota por idade veicular. A quilometragem dos veículos foi compilada através de BORBA (2008), AZUAGA (2000) e UEDA (2008). Os fatores de emissão utilizados foram obtidos em CETESB (2010).

## PRIMEIRA ETAPA: INCERTEZA GLOBAL DO INVENTÁRIO VEICULAR

A determinação da incerteza global do inventário é realizada associando a incerteza individual dos parâmetros envolvidos na estimativa das emissões. O cálculo da incerteza global do inventário (propagação das incertezas) deve-se ser realizado considerando como as incertezas são combinadas, isto é, pela adição/subtração ou pela multiplicação/divisão dos parâmetros envolvidos. As Equações 2 e 3 apresentam o método de cálculo para a propagação de erros nestes dois casos, respectivamente (E.E.A, 2009).

$$U_{\text{Produto}} = \sqrt[2]{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}$$

equação (2)

$$U_{\text{Soma}} = \frac{\sqrt[3]{(U_1 \times x_1)^2 + (U_2 \times x_2)^2 + (U_3 \times x_3)^2 + \dots + (U_n \times x_n)^2}}{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}$$

equação (3)

$U_{\text{Produto}}$  = Incerteza resultante do produto de parâmetros quaisquer.

$U_{\text{Soma}}$  = Incerteza resultante da soma de parâmetros quaisquer.

$U_n$  = Incerteza de um parâmetro n qualquer.

$x_n$  = Magnitude de um parâmetro n qualquer (correspondente às emissões total de cada poluente).

Na ausência de estudos nacionais que avaliem a incerteza dos dados utilizados em inventários de emissão, foram utilizadas estatísticas da agência de proteção ambiental europeia, as quais classificam os fatores de emissão e a quilometragem em um ranking que expressa o nível de precisão destes dados em função da fonte em que são obtidos. A Tabela 1 apresenta os valores observados na literatura para a incerteza de fatores de emissão (E.E.A, 2009).

**Tabela 1. Nível de Incerteza associada a fatores de emissão por poluente.**

Categoria do Veículo	Poluentes							
	NOx	CO	NMHC	CH <sub>4</sub>	MP	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
Veículos Leves Ciclo OTTO	A	A	A	A	A*	C	C	A
Veículos Leves Ciclo DIESEL	A	A	A	A	A	B	B	A
Motocicletas e Similares	A	A	A	B	A*	B	B	A
Veículos Pesados	A	A	A	B	A	B	B	A

\* Na ausência da classificação destes fatores de emissão foi considerada a mesma incerteza dos fatores de emissão dos poluentes convencionais (NOx, CO e NMHC).

A faixa de variação da incerteza dos fatores de emissão classificados como “A” é de 10% a 30%. Os fatores de Ranking “B” possuem a faixa de variação entre 20% a 60%. A faixa de variação dos fatores de ranking “C” é de 50% a 200%.

A Tabela 2 apresenta um resumo das principais orientações da E. E. A. para a determinação da incerteza dos níveis de atividade (consumo de energia, quilometragem média etc.) em função da fonte em que estes dados são obtidos. Como no desenvolvimento do inventário foram utilizadas diversas fontes de dados para estimar a quilometragem média dos veículos, entende-se que a incerteza associada é a apresentada como proveniente de “outras fontes e setores” (E.E.A., 2009).

**Tabela 2. Incerteza associada aos níveis de atividade em função da fonte de dados**

Fonte dos Dados	Faixa de Incerteza	Observações
Estatísticas Nacionais Oficiais	-	Estatísticas oficiais podem ser consideradas, a princípio, como desprovidas de incertezas por serem consideradas como referencial.
Estatísticas Baseadas em dados econômicos	0 – 2%	Constituem dados com atualizações constantes e que não apresentam alterações significativas de maneira abrupta.
Outros Setores e Fontes de Informação	30 - 100%	Dados obtidos na literatura, estudos em campo e outros bancos de dados.

Considerando a metodologia empregada no inventário de emissões da RMS 2009, verificaram-se quais seriam as faixas de incerteza aplicáveis para o cálculo da incerteza global do inventário. A Tabela 3 apresenta um resumo das faixas de incerteza selecionadas.

Como as incertezas associadas aos fatores de emissão e à quilometragem são apresentadas como um intervalo, projetou-se dois cenários distintos para avaliação da incerteza global do inventário. Denominou-se de “melhor cenário” aquele em que foi utilizado o limite inferior da faixa de incerteza, enquanto no “pior cenário” foram associados às incertezas relacionadas ao limite superior da faixa de valores.

**Tabela 3. Resumo das Incertezas utilizadas para o estudo de Caso da RMS**

Fonte de Incerteza	Incerteza no Melhor Cenário	Incerteza no Pior Cenário
Quilometragem Anual Média	30%	100%
Fatores de Emissão	10%	30%

## RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

Por meio do método de cálculo empregado estimou-se a incerteza envolvida no inventário de emissões da RMS 2009. A Tabela 4 apresenta o resultado do inventário de emissões associado com a incerteza (pior cenário) de cada poluente. A incerteza neste cenário alcançou valores superiores a 50%, demonstrando o nível de significância com que a incerteza pode alcançar. A menor incerteza estimada para o pior cenário foi de 19% para o material particulado.

**Tabela 4. Emissão de Poluentes na RMS 2009 (melhor pior para as incertezas)**

Poluente	CO	HC	NOx	SOx	MP
Emissão (t)	390.000 ± 220.000	33.000 ± 14.000	101.000 ± 32.000	1.100 ± 400	3.100 ± 600

Para o melhor cenário (menores valores de incerteza individual) as incertezas associadas aos valores de emissões variaram entre 6% (material particulado) a 17% (monóxido de carbono). A Tabela 5 apresenta os resultados do inventário de emissões com as incertezas calculadas para o melhor cenário.

**Tabela 5. Emissão de Poluentes na RMS 2009 (pior cenário para as incertezas)**

Poluente	CO	HC	NOx	SOx	MP
Emissão (t)	390.000 ± 66.000	33.000 ± 4.200	101.000 ± 9.700	1.100 ± 100	3.100 ± 190

É importante avaliar que os valores obtidos para as incertezas não puderam considerar todos os fatores de incerteza individual envolvidos nas fontes de dados de um inventário de emissões veiculares. Como o método de cálculo implica no uso de determinados parâmetros, o método também influencia nas incertezas existentes no inventário. No caso do inventário de emissões da RMS 2009, fatores de emissões foram associados com a quilometragem dos veículos e, portanto, residem nestes as fontes de incerteza do inventário. No Brasil, o banco de dados da frota de veículos apresenta problemas associados ao registro dos veículos que superestimam os valores (BRASIL, 2011). Uma discussão mais detalhada sobre estes aspectos será abordada a seguir.

Os fatores de emissão utilizados são obtidos a partir de ensaios laboratoriais realizados pela CETESB (Companhia Estadual de Tecnologia Ambiental e Saneamento do estado de São Paulo) em relatórios anuais (CETESB, 2009). Contudo, os fatores obtidos não são associados a sua incerteza estimada. Além da incerteza envolvida no ensaio laboratorial, outros aspectos devem ser levados em consideração entre estes: a maneira com que o veículo é conduzido (velocidade, manutenção etc.), as características do combustível utilizado e até mesmo as condições ambientais, todos estes geram alterações no perfil de emissão do veículo. O Quadro 1 apresenta o detalhamento das fontes de incerteza dos fatores de emissão discutidas anteriormente (CETESB, 2010; MELO, 2008; PETROBRAS, 2011; IPEA, 1998).

Principal Método de Obtenção: Ensaio Laboratoriais				
<b>Operação do Veículo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfil de Velocidade.</li> <li>• Manutenção Veicular.</li> <li>• Uso de Ar-Condicionado.</li> <li>• Calibração dos Pneus.</li> </ul>	<b>Idade do Veículo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desgaste Mecânico do Veículo.</li> <li>• Tecnologia de Controle da Poluição.</li> </ul>	<b>Combustível</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificação Química do Combustível.</li> <li>• Qualidade do Combustível.</li> <li>• Utilização de Aditivos Químicos.</li> </ul>	<b>Medição Laboratorial</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incerteza dos Equipamentos de Medição.</li> <li>• Incerteza dos gases padrão.</li> </ul>	<b>Condições Ambientais</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura Ambiente.</li> <li>• Radiação Solar.</li> <li>• Pluviometria.</li> </ul>

**Quadro1. Principais Fontes de Incerteza dos Fatores de Emissão Veiculares.**

A quilometragem dos veículos pode ser estimada por meio de pesquisas de campo (entrevistas), consultas a banco de dados, podendo ser associada a aspectos econômicos. A quilometragem é um fator intimamente ligado com particularidades do condutor, isto é, frequência e intensidade de uso dos veículos. Taxis, por exemplo, possuem quilometragem bem superior a outros veículos de sua categoria (veículos leves) (ISSRC, 2004). Caminhões pesados possuem quilometragem bem superior aos mais leves, contudo esta maior quilometragem pode não estar associada somente a região onde este foi licenciado, portanto sua quilometragem anual pode não ser igual à quilometragem desenvolvida em sua região (BRASIL, 2011). Ainda pode ser considerada a incerteza associada ao odômetro do veículo. O Quadro 2 apresenta um resumo das incertezas associadas à quilometragem (ISSRC, 2004; BRASIL, 2011, AGUIAR FILHO et. Al, 2011).

Principal Método de Obtenção: Pesquisa em Campo		
<b>Medição</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitura da Escala</li> <li>• Precisão do Equipamento</li> <li>• Erro do Equipamento</li> </ul>	<b>Particularidade do Uso do Veículo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frequência do uso do Veículo.</li> <li>• Intensidade do uso do Veículo.</li> </ul>	<b>Fluxo Cruzado de Veículos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quilometragem desenvolvida por veículos da Região de Estudo em outras área.</li> </ul>

**Quadro 2. Fontes de Incerteza dos valores de Quilometragem.**

As incertezas referentes à frota de veículos são correlacionadas com o perfil etário da frota, estimativa de veículos por combustível processado etc. Desta forma, incertezas nos dados brutos da frota são propagados em outras etapas da metodologia do inventário de emissões. Outro importante aspecto envolvido é a presença de veículos licenciados em outras regiões trafegando na região de estudo, como esta frota não pode ser estimada de forma direta a incerteza associada a este fato é desconhecida. O Quadro 3 apresentam o resumo das principais fontes de incertezas da frota de veículos de um inventário de emissões (BRASIL, 2011, DENATRAN, 2010).

Principal Método de Obtenção: Dados do Licenciamento		
<b>Banco de Dados</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Números da Frota Superestimados.</li> <li>• Registro dos Veículos.</li> </ul>	<b>Veículos Não Licenciados</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfil de Idade da Frota.</li> <li>• Perfil da Frota por Combustível.</li> </ul>	<b>Fluxo Cruzado de Veículos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frota Licenciada em Outras regiões que trafegam na região de estudo.</li> </ul>

**Quadro3. Fontes de Incerteza nos dados da Frota de Veículos.**

Todos os fatores descritos acima demonstram o grande conjunto de variáveis envolvidas na estimativa da incerteza de um inventário de emissões. No uso da faixa de incerteza disponível em E.E.A. (2009) ainda existe a incerteza relativa à aproximação dos dados da realidade europeia à brasileira. Desta forma, muito provavelmente, a real incerteza associada aos resultados de um inventário de emissões veiculares deve apresentar valores superiores aos estimados.

Os valores obtidos demonstram que a ordem de grandeza com que a incerteza se apresenta não deve ser desprezada na interpretação e utilização dos resultados de um inventário, possivelmente podendo gerar suposições e cenários incoerentes com o real cenário de emissão.

## **SEGUNDA ETAPA: VARIAÇÃO DOS RESULTADOS EM FUNÇÃO DA FONTE DE DADOS**

A comparação e interpretação dos resultados de inventários de emissões veiculares desenvolvidos para diferentes localidades ou em diferentes períodos de tempo apresentam dificuldades relativas aos diferentes bancos de dados que podem ser consultados.

Desta forma, a segunda etapa do trabalho se propôs a realizar o estudo da variação dos resultados de um inventário de emissões. Tendo como base o inventário veicular da RMS 2009, foram utilizados diferentes bancos de dados para a composição da frota de veículos, quilometragem média e fatores de emissão.

Para a composição da frota, utilizaram-se dados de DETRAN-BA (2010) e DENATRAN (2010). Os fatores de emissão utilizados referem-se a CETESB (2009a), os quais apresentam fatores médios para a frota em circulação em 2009 da Região Metropolitana de São Paulo, e de CETESB (2009b), correspondentes aos ensaios realizados anualmente pelo Programa de Controle da Poluição Veicular (PROCONVE). A quilometragem média utilizada foi obtida em BRASIL (2011) ou agregando os dados disponíveis em AZUAGA (2000), BORBA (2008) e UEDA (2010).

Ao fim, foram realizados oito novos estudos de caso variando a base de dados utilizada. A partir dos valores obtidos, desenvolveu-se a avaliação estatística descritiva dos resultados, buscando interpretar a variação que os inventários apresentam em função da base de dados.

## **RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA**

A segunda etapa da pesquisa estimou a emissão total das fontes veiculares da RMS 2009 considerando as fontes de dados descritas anteriormente. Foram obtidos ao todo oito novos estudos de caso diferenciados por seu conjunto de fontes de dados. A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos para cada estudo.

Qualitativamente nenhum dos inventários diferenciou-se dos demais, permanecendo os poluentes CO, NO<sub>x</sub>, HC, MP e SO<sub>x</sub> como os mais emitidos, respectivamente. Quantitativamente, pode-se verificar a influência de determinadas fontes de dados na emissão total dos poluentes.

O uso das informações de BRASIL (2011) geraram estudos de caso com os maiores valores de emissão, esta fonte é a atual referência nacional para os valores de quilometragem (alta confiabilidade da informação). Contudo, o fato de não ser específica para a região de estudo gera incerteza nos resultados provenientes de seu uso. O uso de dados específicos reduz a incerteza relativa aos fatores já discutidos na primeira etapa deste projeto.

**Tabela 6. Resultados dos Estudos de Caso para RMS 2009.**

Fontes de Dados da Frota	Fonte de dados dos Fatores de Emissão	Fonte de dados da Quilometragem	Emissão Total (Toneladas/Ano)				
			CO	HC	NOx	SOx	MP
DETRAN-BA	PROCONVE	Compilação*	392.714	32.770	100.593	1.139	3.080
DETRAN-BA	PROCONVE	BRASIL, 2011	519.903	41.590	117.288	1.432	3.527
DETRAN-BA	CETESB	BRASIL, 2011	524.445	83.368	112.669	854	2.921
DETRAN-BA	CETESB	Compilação*	418.741	66.090	95.270	713	2.566
DENATRAN	PROCONVE	Compilação*	302.733	25.141	76.050	896	2.483
DENATRAN	PROCONVE	BRASIL, 2011	459.320	36.832	103.733	1.269	3.147
DENATRAN	CETESB	BRASIL, 2011	465.281	73.928	100.178	756	2.608
DENATRAN	CETESB	Compilação*	372.548	58.828	84.600	633	2.296

\*AZUAGA (2000), BORBA (2008) e UEDA (2010).

Foi possível perceber uma importante diferença entre os dados de frota, uma vez que o banco de dados do Departamento Regional de Trânsito (DETRAN-BA, 2010) não coincide com os do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN, 2010). Faz-se necessário, portanto, avaliar quais os aspectos que influenciam nestas diferenças. Conforme verificado em BRASIL (2011), os dados de frota disponibilizados pelo DENATRAN aparecem superestimados, necessitando de um melhor acondicionamento.

A Tabela 7 a seguir apresenta os resultados da análise estatística realizada para os resultados dos estudos de caso. Os valores de amplitude e desvio padrão dos resultados demonstram o nível de significância da escolha das fontes dos dados. Este resultado indica de forma preliminar que ao ser realizado a comparação entre inventários de emissão não se deve apenas avaliar informações sobre a frota (números totais, perfil da frota por idade veicular e tipo de combustível) ou a quilometragem dos veículos da região de estudo, mas também a origem dos dados.

Observa-se que a emissão dos hidrocarbonetos totais (HC) apresentou a maior variação entre os resultados, o que pode ser explicado de forma mais expressiva pela diferença entre os fatores de emissão para hidrocarbonetos da frota de veículos da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) disponibilizados em CETESB (2010) e aqueles obtidos pelo Programa de Controle da Poluição Veicular (PROCONVE) também disponíveis em CETESB (2010).

**Tabela 7. Análise estatística dos resultados da Tabela 6 (Valores em toneladas de poluente emitido por ano).**

Poluentes	CO	HC	NOx	SOx	MP
Amplitude	222.000	58.000	41.000	800	1.200
Média	432.000	52.000	99.000	960	2.800
Mediana	439.000	50.000	100.000	880	2.800
Desvio Padrão	76.000	21.000	14.000	290	410
Coeficiente de Variação	18%	40%	14%	30%	15%

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos por meio da análise das incertezas de um inventário de emissões veiculares puderam comprovar a importância da avaliação destas incertezas na interpretação dos dados e na garantia da qualidade dos resultados de um inventário.

O grande número de fontes de incertezas associadas a um inventário de emissões e a ausência de estudos que possam estimá-las dificulta o entendimento dos resultados dos atuais inventários de emissão. Conforme apontado pelo ministério do meio ambiente no 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários, é extremamente importante para os futuros inventários trazer à luz as incertezas nestes contidas.

Na segunda etapa do projeto, foi possível perceber o grau de significância com que a escolha da fonte de dados do inventário de emissões pode influenciar nos seus resultados. Com uma faixa de variação entre 14% e 40% percebe-se que ao serem avaliados inventários de regiões distintas, as diferenças verificadas nas emissões estimadas não devem ser pautadas apenas no perfil e números da frota de veículos das regiões, mas também nas fontes de dados empregadas nas estimativas.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se a realização de pesquisas com enfoque no gerenciamento e estruturação de banco de dados de uso ambiental, como é o caso do banco de dados dos DETRANs e DENATRAN. Além disso, estudos que enfoquem a obtenção de dados locais (quilometragem, perfil de idade e combustível) são importantes para que a ferramenta do inventário de emissões veiculares possa ser empregada de forma mais confiável.

A partir dos resultados de um inventário de emissões é possível fomentar uma série de trabalhos com enfoque na preservação da qualidade de vida e do meio ambiente, dentre estes estão os estudos de dispersão atmosférica, estudos de impacto à saúde humana e monetarização dos custos da saúde em função da poluição emitida. O atual enfoque dos inventários de emissão está no planejamento dos programas de I/M (Inspeção e Manutenção Veicular) e PCPV (Programa de Controle da Poluição Veicular), pois a construção destes programas é dependente do conhecimento das características da frota de veículos, principais poluentes emitidos, categorias veiculares mais poluidoras entre outros aspectos que podem ser obtidos por meio do inventário de emissões. Desta forma, a correta estimativa das emissões veiculares poderá vir a ser um fator determinante no dimensionamento destes programas, o que torna a estimativa das incertezas extremamente estratégica a estes objetivos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUIAR FILHO, et. al. Inventário das Emissões Atmosféricas Veiculares para a Região Metropolitana de Salvador. 26º Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. São Paulo, 2011
2. ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (2009). Perfil da frota por tipo de combustível. Disponível em: <[www.anfavea.com.br/tabelas.html](http://www.anfavea.com.br/tabelas.html)>.
3. AZUAGA, D. Danos Ambientais Causados por Veículos Leves no Brasil. Tese de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000, 193 p..
4. BRASIL. 1º Inventário Nacional De Emissões Atmosféricas Por Veículos Automotores Rodoviários. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/182/\\_arquivos/emissoes\\_veiculares\\_182.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/emissoes_veiculares_182.pdf)>. Brasília, 2011.
5. BORBA, B. S. M. C. Metodologia de Regionalização do Mercado de Combustíveis Automotivos no Brasil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, 2008.
6. CETESB. Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 2009, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2010.
7. DETRAN-BA (Departamento Estadual de Trânsito do Estado da Bahia). Frota de veículos por CIRETRAN e municípios 2009. Disponível em: <<http://www.detrان.ba.gov.br/estatistica/index.php>>.
8. DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito). Frota fabricada por município 2009. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>.
9. E.E.A (European Environment Agency). Emep/Eea Air Pollutant Emission Inventory Guidebook – 2009. Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>>.
10. FELTES, S. et al. Inventário das emissões atmosféricas das fontes Móveis da região metropolitana de porto alegre - RMPA / frota diesel/biodiesel. 18º Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Foz do Iguaçu, Paraná, 2010.
11. LYRA, D. G. P. Modelo Integrado de Gestão de Qualidade do Ar da Região Metropolitana de Salvador. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química. Tese de doutorado, 2008.
12. UEDA, A. C.. Inventário de Emissões e Estudo de Dispersão de Fontes Fixas e Móveis da Região de Campinas. UNICAMP, Faculdade de Engenharia Química. Tese de doutorado, 2010.