

Introdução

O impacto de ações ambientais ou o desenvolvimento e comparação de cenários de intervenção ambiental requerem a combinação de um conjunto de diferentes técnicas para quantificar indicadores objetivos que possam ser utilizados pelos responsáveis pela gestão ambiental na sua tomada de decisão.

Técnicas de amostragem, modelagem de dispersão e georreferenciamento, modelos estatísticos que permitam a identificação e quantificação da participação das diferentes fontes de emissão de poluentes, modelos epidemiológicos e resultados de estudos já desenvolvidos, disponibilização de bases de dados com atendimentos de morbidade e registros de mortalidade consistentes e detalhados, levantamento de custos e técnicas de valoração, constituem competências cuja adequada articulação permite chegar a indicadores para orientar essa tomada de decisão.

Essa conjugação de técnicas foi previamente detalhada, testada e adaptada à realidade e disponibilidade de fontes de informação brasileiras em estudos desenvolvidos para o Ministério do Meio Ambiente e para o Ministério da Saúde, seguindo as recomendações da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006).

Objetivo

O presente documento descreve algumas dessas técnicas que tornam possíveis, a partir de cenários desenvolvidos após a obtenção de resultados das inspeções veiculares em veículos diesel realizadas em 2011, chegar a indicadores monetários para a avaliação e desempenho desse programa, que pretende diminuir o risco ambiental para a população urbana do Município de São Paulo.

Metodologia

São empregadas diversas metodologias para estimar o impacto do cenário em estudo na saúde da população do Município de São Paulo. O cenário considera uma redução percentual da emissão por fontes diesel sobre uma emissão basal prévia.

1. Concentração ambiente do material particulado inalável fino – MP2,5

O cenário basal de referência considera que 40% da concentração do material particulado inalável fino é originado pelas emissões das fontes móveis diesel. Essa hipótese é consistente com as informações do Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2009 (CETESB, 2010), a partir da participação da fonte móvel diesel na concentração de MP10 para a Região Metropolitana de São Paulo (UGRH16) e da caracterização do material inalável fino, e dos estudos realizados em 6 Regiões Metropolitanas brasileiras entre 2007 e 2008 (Andrade et al, 2010; Miranda et al, 2011).

Também foi adotado para todos os municípios da Região Metropolitana de São Paulo a concentração média diária anual do material particulado inalável fino obtida no estudo das 6 Regiões Metropolitanas entre 2007 e 2008, de $28,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Miranda et al, 2011).

Assim, a participação das fontes diesel na concentração basal do material particulado inalável fino no Município de São Paulo, a partir das hipóteses acima, resulta na concentração ambiental de $11,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e a redução na concentração a ser utilizada para mensuração do impacto em saúde o produto dessa concentração basal pela redução percentual para o cenário considerado.

2. Impacto em saúde - morbidade

O correspondente impacto da redução na concentração do material particulado inalável fino para o cenário é obtido através de estudos epidemiológicos disponíveis na literatura considerando a morbidade como Internações Hospitalares por causas respiratórias (nas faixas etárias de 0 a 4 anos, e adultos acima de 40 anos) e cardiovasculares (nas faixas etárias acima de 40 anos) anuais para 2007. As contagens anuais de cada um dos desfechos de saúde e faixas etárias, e a taxa de cobertura do atendimento suportado pelo Sistema Público de Saúde desses eventos foram obtidas no SUS para 2006 (SUS, 2007a).

3. Impacto em saúde - mortalidade

Para estimar o impacto em mortalidade para o cenário é utilizada a recomendação da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006) que considera um impacto de 6% na mortalidade para cada acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de material particulado inalável fino.

A contagem anual de mortes considera apenas as classificadas como não violentas (CID-10) para 2007 e foi obtida no SUS para 2006 (SUS, 2007b).

4. Valoração das Internações Hospitalares

Para as Internações Hospitalares suportadas pelo Sistema Público de Saúde foram considerados dois custos: custo da internação e custo da produtividade perdida.

O custo da internação considera os custos por internação para cada desfecho-faixa etária no DATASUS para 2006 (SUS, 2007c). Para as suportadas pelo Sistema Privado de Saúde foi considerado que o custo corresponde a 3 vezes o custo na mesma internação do sistema Público, com base no valor recebido pelo Complexo do Hospital das Clínicas.

O custo da produtividade perdida considera o tempo não trabalhado durante a internação, ao valor da receita média anual de cada faixa etária obtida no Censo Demográfico de 2000 do IBGE.

5. Valoração das Mortes

A técnica de valoração econômica de impactos na saúde baseada nas evidências de estudos epidemiológicos e teoria econômica foi desenvolvida pela Organização Mundial da Saúde – OMS, e pela Universidade de Harvard chamada “Disability Adjusted Life Years - DALY” que significa “Anos de vida perdidos ou vividos com incapacidades” (Murray e Lopez, 1996).

Esse método parte de estudos que associam um fator ambiental (no nosso caso poluição atmosférica) com um indicador de saúde (mortalidade) para estimar quanto tempo, em anos, cada evento adverso de saúde impactou na população. Em outras palavras, quantos anos de vida cada habitante afetado perdeu por morte prematura em relação à sua expectativa de vida. O indicador de anos de vida pode ser convertido em base monetária para efeito de avaliação custo-benefício (Miraglia, 2002).

6. Dados da frota, combustível e da Inspeção Veicular – I/M-SP

Foram assumidos os seguintes resultados e informações referentes à Inspeção Veicular, frota diesel do Município de São Paulo - MSP, e consumo de diesel para o Município e para toda a Região Metropolitana de São Paulo - RMSP:

- Frota diesel do MSP inspecionada: 75% da frota circulante
- Consumo de diesel do MSP em relação ao da RMSP: 50% (*)
- Redução nas emissões de MP2,5 dos veículos à diesel: 28%

Nota 1: considera a recuperação dos níveis normais de emissão observados nos veículos em bom estado de conservação após a sua manutenção corretiva, em função da I/M-SP, isto é, dos veículos reprovados na primeira inspeção e posteriormente aprovados na re-inspeção.

Nota 2: considera a composição da frota (tipo, modelo, ano fabricação), características dos veículos (fator de emissão, potência, ...) e média de km rodados por ano.

7. Estratégia de análise

Para avaliar os benefícios atual e potencial da I/M-SP como ação de intervenção ambiental, serão construídos os seguintes cenários:

- Cenário #1: apenas os benefícios da frota inspecionada;
- Cenário #2: benefícios se toda a frota do MSP fosse inspecionada com o mesmo resultado do cenário #1;
- Cenário #3: benefícios se toda a frota da RMSP fosse inspecionada com o mesmo resultado do cenário #1;

Como toda a RMSP está em uma mesma bacia aérea, pode-se assumir que a concentração ambiental de MP_{2,5} devido aos veículos à diesel variará na mesma proporção da redução das emissões devido à I/M-SP.

Resultados

Com base nos resultados da I/M-SP, foram montados os três cenários de análise para a estimativa da redução da concentração ambiental do material particulado inalável fino, MP_{2,5} na bacia aérea da RMSP, apresentado na Tabela 1.

TABELA 1: Impacto da redução das emissões pela realização da I/M-SP no ano de 2011 para veículos a diesel, na concentração do MP_{2,5} no MSP e na RMSP, em cada um dos cenários de análise

CENÁRIO DE CONTRIBUIÇÃO NA BACIA AÉREA	REDUÇÃO EMISSÃO			QUEDA MP _{2,5} (µg/m ³)
	INSPEC	MSP	RMSP	
#1- Apenas frota inspecionada (75% real)	28,0%	21,0%	10,5%	1,18
#2- Inspeção na frota total MSP	28,0%	28,0%	14,0%	1,57
#3- Inspeção na frota total RMSP	28,0%	28,0%	28,0%	3,15

Com as reduções na concentração do MP_{2,5} obtidas acima, utilizando as metodologias epidemiológicas estabelecidas e os dados de mortalidade e morbidade tanto do MSP quanto da RMSP, é possível estimar o benefício dessas reduções em termos de eventos de saúde, como apresentados na Tabela 2.

TABELA 2: Eventos em saúde evitados em função da redução da concentração de MP_{2,5} devido a realização da I/M-SP no ano de 2011 para veículos à diesel, em cada um dos cenários de análise

CENÁRIO	QUEDA MP _{2,5} µg/m ³	IMPACTO (número/ano)			
		MORTES		INTERNAÇÃO	
		MSP	RMSP	MSP	RMSP
#1- Apenas frota inspecionada (75% real)	1,18	379	584	894	1.515
#2- Inspeção na frota total MSP	1,57	504	778	1.190	2.016
#3- Inspeção na frota total RMSP	3,15	1.011	1.560	2.388	4.045

Os eventos em saúde evitados podem ser associados a valores econômicos, com a aplicação das metodologias de valoração econômica estabelecidas anteriormente, cujos resultados são apresentados na Tabela 3-a para o MSP e a RMSP, detalhadas por mortalidade de mortalidade, e na Tabela 3-b totalizada individualmente para o MSP e a RMSP.

TABELA 3-a: Valores econômicos dos eventos em saúde evitados, detalhados para mortalidade e morbidade, no MSP e na RMSP, em função da redução da concentração de MP2,5 devido a realização da I/M-SP no ano de 2011 para veículos à diesel, em cada um dos cenários de análise

CENÁRIO	CUSTOS (milhares de US\$)			
	MORTES		INTERNAÇÃO	
	MSP	RMSP	MSP	RMSP
#1- Apenas frota inspecionada (75% real)	50.049	77.120	1.311	2.379
#2- Inspeção na frota total MSP	66.556	102.739	1.744	3.165
#3- Inspeção na frota total RMSP	133.508	206.006	3.499	6.350

TABELA 3-b: Valores econômicos dos eventos em saúde evitados para o MSP e a RMSP, em função redução da concentração de MP2,5 devido a realização da I/M-SP no ano de 2011 para veículos à diesel, em cada um dos cenários de análise

CENÁRIO	QUEDA MP2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ECONOMIA TOTAL (milhares de US\$)	
		MSP	RMSP
#1- Apenas frota inspecionada (75% real)	1,18	51.360	79.499
#2- Inspeção na frota total MSP	1,57	68.300	105.904
#3- Inspeção na frota total RMSP	3,15	137.007	212.357

Conclusões

Os resultados da realização da I/M-SP em veículos a diesel no ano de 2011 podem ser associados a um grande benefício em termos de saúde, representado pela redução na mortalidade e nos eventos de internação hospitalar, tanto para o MSP quanto para a RMSP.

Os benefícios em saúde, valorados economicamente, representam uma economia significativa nos custos diretos em saúde e indiretos para a sociedade, demonstrando ser essa intervenção efetiva tanto em termos de saúde da população como para o governo e para a sociedade.

O potencial da expansão dessa política pública de intervenção é muito alto, considerando exclusivamente os impactos em saúde.

Equipe de pesquisadores

Este trabalho foi desenvolvido pelos seguintes pesquisadores:

Prof.Dr.Paulo Hilário Nascimento Saldiva, Professor Titular em Patologia da Faculdade de Medicina da USP.

Profa.Dra.Simone Georges El Khoury Miraglia, Depto Ciências Exatas e da Terra da UNIFESP.

Eng.Dr.Paulo Afonso de André, Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da Faculdade de Medicina da USP.

Referências

CETESB (2009) Relatório da Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2009. www.cetesb.sp.gov.br acessado em 11.jun.2010.

Andrade, MF; Miranda, RM; Fornaro, A; Kerr, A; Oyama, B; André, PA; Saldiva, PHN. Vehicle emissions and PM_{2,5} mass concentration in six Brazilian cities. Air Qual.Atmos.Health; DOI 10.1007/s11869-010-0104-5; 2010.

Miranda, RM; Andrade, MF; Fornaro, A; Astolfo, R; André, PA; Saldiva, PHN. Urbana air pollution: a representative survey of PM_{2,5} mass concentration in six Brazilian cities. Air Qual.Atmos.Health; DOI 10.1007/s11869-010-0124-1; 2011.

SUS – Sistema Unico de Saúde, Ministério da Saúde - Sistema de Informações Hospitalares. <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sih/cnv/mrsp.def> acessado em 14.fev.2011; 2007a.

SUS – Sistema Unico de Saúde, Ministério da Saúde - Sistema de Informações Hospitalares. <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/obt10sp.def> acessado em 14.fev.2011; 2007b.

SUS – Sistema Unico de Saúde, Ministério da Saúde - Sistema de Informações Hospitalares. [//w3.datasus.gov.br](http://w3.datasus.gov.br) -> Informacoes de saude -> Epidemiologicas e morbidade acessado em 21.jul.2008; 2007c.

WHO – World Health Organization. Air Quality Guidelines, global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide. Germany; Chap.10:217-305. 2006.

Murray, CJL; Lopez, AD. The incremental effect of age-weighting on YLLs, YLDs and DALYs: a response; Bulletin of World Health Organization, 74(4):445-6; 1996.

Miraglia, SGEK. O ônus da poluição atmosférica sobre a população do Município de São Paulo: uma aplicação do método DALY; Estimativa em anos de vida perdidos e vividos com incapacidades. Tese de Doutorado, FMUSP, 2002.

Elaborado por P.Afonso (24.jul.2012), como relatório resumido, suporte ao evento “Oficina INAIRA Pré Rio+20”, ocorrido em 11.jun.2012, cuja apresentação pode ser acessada em (Vídeo 5 - Inspeção veicular e impactos em saúde) <https://vimeo.com/44475710>