

AVALIAÇÃO DO IMPACTO NA SAÚDE HUMANA DADA EMISSÃO DE MATERIAL PARTICULADO ORIUNDO DA EXAUSTÃO VEICULAR NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO E NA CIDADE DE SALVADOR

Clara Rodrigues Pereira¹; Lilian Lefol Nani Guarieiro²

¹ Doutoranda em Gestão e Tecnologia Industrial; Pesquisa FAPESB; clara.r.pereira@gmail.com;

² Doutorado em química; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; lilian.guarieiro@fieb.org.br

RESUMO

O material particulado (MP) é um dos principais poluentes emitidos na atmosfera, oriundo principalmente, da emissão de veículos. Desta forma, o objetivo deste trabalho consistiu em avaliar o impacto na saúde humana da emissão de MP oriundo da exaustão veicular, na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e na cidade de Salvador (SSA). Diante disso, foi realizado um inventário de dados diários de monitoramento de MP, os quais foram simulados no modelo de dosimetria de caminhos múltiplos (MPPD), a fim de mensurar o nível de impacto de MP na saúde humana, por desencadear doenças de alto risco, como as cancerígenas e cardiovasculares. Os resultados mostraram que apesar da RMSP possuir uma maior frota de veículos, SSA possui um maior potencial poluidor de MP e maior impacto na saúde dos indivíduos quanto a emissão de MP, visto que, mesmo possuindo uma frota de veículos menor, polui igual ou mais que RMSP e impacta na mesma proporção, no sistema respiratório humano.

PALAVRAS-CHAVE: Material particulado, MPPD, impacto na saúde humana, trato respiratório humano.

1. INTRODUÇÃO

O material particulado (MP) atmosférico consiste no resultado da mistura heterogênea entre partículas sólidas e líquidas suspensas no ar, variando em diâmetro e composição química.¹ A transformação química dessas partículas sob diferentes condições atmosféricas leva a uma composição bastante diversificada, oriunda de elementos como: nitratos; sulfatos; carbono elementar e orgânico; compostos orgânicos (por exemplo, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos); compostos biológicos; e metais.² O MP é caracterizado de acordo com a sua capacidade de condução no ar, a qual está associada ao diâmetro das partículas e à sua fonte de emissão). Desta forma, o MP pode ser categorizado em: Partículas grossas ou MP₁₀ (partículas com diâmetro menor que 10 micrômetros); partículas finas ou MP_{2,5} (partículas com diâmetro menor que 2,5 micrômetros); partículas ultrafinas ou MP_{0,1} (partículas com diâmetro menor que 0,1 micrômetros) e nanopartículas.³

As partículas emitidas por motores a diesel são compostas principalmente por carbono elementar, hidrocarbonetos e derivados, compostos de enxofre e outras espécies.⁴ Desta forma, um indivíduo ao ser exposto por este tipo de MP, pode sofrer impactos severos à saúde como sintomas respiratórios, doenças cardiovasculares crônicas, diminuição da função pulmonar e mortalidade prematura.¹ Estes efeitos são decorrentes do comportamento que o material particulado pode ter no organismo humano, através do processo de inalação, que permite o contato destas partículas com o trato respiratório de um indivíduo.⁵ Diante disso, o impacto do MP na saúde humana está diretamente relacionado com o seu diâmetro, de forma que, quanto menor for o tamanho da partícula, maior é a probabilidade de atingir regiões mais profundas do pulmão.⁶ O MP emitido pela queima de combustíveis, por apresentar uma composição diversificada, pode ocasionar quebras e alterações na cadeia genética (efeitos mutagênicos) no DNA humano.⁷

Segundo a Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), o MP é um dos principais poluentes emitidos no Brasil, juntamente com o monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e óxidos de enxofre.⁸ Diante disso, o percentual dos poluentes emitidos pelos veículos, por modo de transporte, corresponde a 16% emitidos por motocicletas, 38% por automóveis e 46% emitidos por ônibus, os quais são responsáveis pela emissão de cerca de, 106 mil toneladas de poluentes por ano.⁸ Isso impacta na exposição diária dos passageiros à emissão de MP, uma vez que não existe nenhuma estrutura de proteção nos pontos de ônibus e os corredores costumam ser movimentados.⁹

Neste contexto, o estudo visou avaliar o impacto na saúde humana da emissão de MP oriundo da emissão veicular, na Região Metropolitana de São Paulo e na cidade de Salvador, através do input de dados diários de monitoramento de MP, no modelo de dosimetria de partículas de caminhos múltiplos (MPPD), com o intuito de mensurar a deposição de partículas no trato respiratório humano.

2. METODOLOGIA

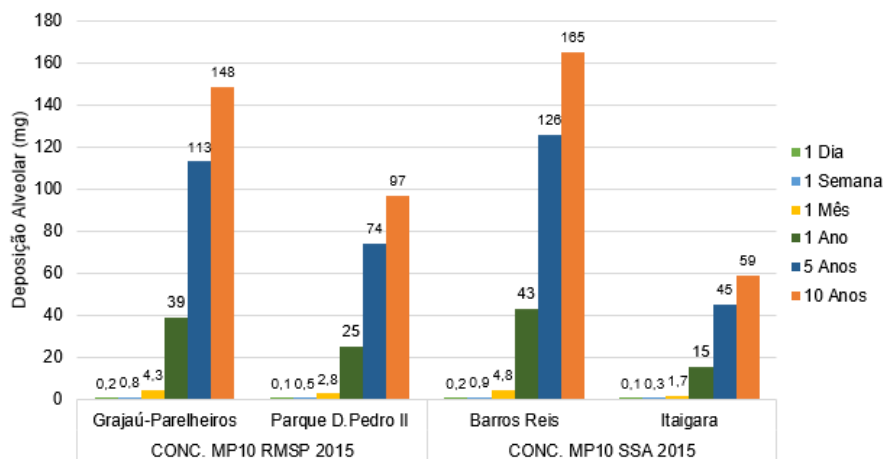
A etapa metodológica deste estudo consistiu na modelagem do inventário de dados, no modelo de dosimetria de caminhos múltiplos (MPPD), realizado através de boletins diários das estações de monitoramento da qualidade do ar, da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e a da cidade de Salvador (SSA). Os dados da RMSP foram exportados da plataforma CETESB, a qual realiza o monitoramento do ar da região, assim como, os dados de SSA foram exportados pela plataforma CETREL, empresa responsável pelo monitoramento da qualidade do ar da cidade. Porém, vale ressaltar, que a análise comparativa entre as duas cidades, utilizou os dados do ano de 2015, uma vez que, não houve renovação contratual da CETREL com a prefeitura local de Salvador, tendo dados atuais até o ano mencionado. Desta forma, os dados das duas cidades foram avaliados considerando o mesmo ano (2015) e valores de concentração de apenas MP₁₀, diante do fato de que a CETREL realizava apenas o monitoramento de MP₁₀.

O Modelo de Dosimetria de Partículas de Caminhos Múltiplos (MPPD) foi desenvolvido pela Applied Research Associates com o objetivo de estimar a deposição de MP e bioaerossóis nas regiões da cabeça, vias respiratórias traqueobrônquicas (TB) e pulmonares, no trato respiratório humano.¹⁰ Este modelo disponibiliza de 8 opções de morfometria para idealizar o pulmão, onde dentre elas, o modelo estocástico se destaca, por viabilizar condições mais realistas da deposição de MP no sistema respiratório humano. Neste cenário, o modelo estocástico foi escolhido para o desenvolvimento deste estudo, com o intuito de simular a deposição de MP no trato respiratório humano. Este modelo foi desenvolvido por Yeh e Schum (1980), com objetivo de simular a deposição do material particulado em diferentes regiões, a partir da anatomia da espécie estudada, adotando uma ramificação dicotômica na estrutura das vias aéreas do pulmão.¹¹ Desta forma, esta modelagem consistiu na avaliação do impacto de MP na saúde humana, em diferentes ambientes da RMSP e da cidade de SSA, utilizando o seguinte cenário de simulação: Um indivíduo num ponto de ônibus esperando 1 hora por dia (30 minutos de espera na saída e 30 min de espera no retorno ao trabalho) pelo seu transporte, ao longo de 1 dia, 1 semana, 1 mês, 1 ano, 5 anos e 10 anos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O impacto avaliado na saúde de indivíduos expostos diariamente à inalação das partículas está ilustrado na Figura 1.

Figura 1. Análise comparativa da deposição alveolar de MP₁₀ ao longo do tempo, entre SSA e a RMSP.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Esta análise mostrou que a emissão de MP₁₀ em ambas as cidades impactam negativamente no sistema respiratório humano, uma vez que a deposição de MP no pulmão aumenta gradativamente com o passar do tempo, seja em um dia, em uma semana, em meses ou em anos. Além disso, os resultados obtidos na simulação, salientaram que as regiões de maior incidência de MP₁₀ na RMSP (estação Grajaú-Parelheiros) e na cidade de SSA (Estação Barros Reis), apresentam maior capacidade de deposição de partículas no sistema respiratório humano, ao longo do tempo. Esta mesma análise, também é encontrada para os locais de menores incidência de MP₁₀ na RMSP (Estação Parque D. Pedro II) e na cidade de SSA (Estação Itaigara), onde a capacidade de deposição de partículas no trato respiratório humano, é menor. Este cenário salienta a exposição de indivíduos à emissão de MP, uma vez que pode promover efeitos severos à saúde humana, como quadros graves de diminuição da função pulmonar, além de doenças cancerígenas e mutagênicas¹.

Foi possível detectar que no cômputo geral, os indivíduos da RMSP sofrem um menor impacto na saúde, destacando que a estação Barros Reis (SSA) emite mais MP do que a estação Grajaú-Parelheiros (RMSP), considerando que está localizada em uma via, que possui um alto fluxo de veículos na região. Apesar da RMSP possuir uma frota de ônibus (Frota de ônibus de 13.883 mil) muito maior que a de SSA (Frota de ônibus de 2.595 mil), a cidade de Salvador apresenta maior tendência de circulação de veículos devido à alta incidência de MP em determinadas regiões, além de apresentar maior relação de usuários de ônibus (1.119 habitantes/ônibus) do que a RMSP (857 habitantes/ônibus), deixando os indivíduos mais vulneráveis à exposição de MP.¹² Vale ressaltar, que a RMSP adotou medidas, como o rodízio de veículos em dias alternados (Decreto N° 37.085), para limitar a circulação de automóveis, com o intuito de diminuir a poluição na cidade e, conseqüentemente, a diminuição da emissão de MP e o impacto deste na saúde humana.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como principal foco, a avaliação do impacto da emissão de MP na RMSP e na cidade de SSA, na saúde humana. Foi considerado dados diários de monitoramento de MP₁₀, em locais onde o fluxo de veículos, por ser bastante intenso, contribuem para uma maior emissão de MP e maior capacidade de deposição no trato respiratório humano, principalmente para os usuários de transporte público. Vale ressaltar, que o presente estudo mostrou como limitação, a necessidade de analisar dados atuais de SSA, uma vez que não houve renovação contratual com a empresa que realizava o monitoramento de ar da cidade com a prefeitura local.

Este resultado indicou que apesar da RMSP possuir uma frota de veículos maior que SSA, a cidade de Salvador está poluindo mais ou igual a RMSP, expondo os indivíduos a uma maior deposição de MP no trato respiratório. Essa exposição ao longo do tempo, pode ser cada vez mais prejudicial à saúde, uma vez que mais partículas podem ser depositadas no pulmão, resultando em doenças cardiorrespiratórias aos usuários de transporte público, que ficam expostos diariamente no seu cotidiano.

5. REFERÊNCIAS

- ¹ KIM, Ki-Hyun; KABIR, Ehsanul; KABIR, Shamin. A review on the human health impact of airborne particulate matter. **Environment international**, v. 74, p. 136-143, 2015.
- ² ALI, Muhammad Ubaid et al. A systematic review on global pollution status of particulate matter-associated potential toxic elements and health perspectives in urban environment. **Environmental geochemistry and health**, p. 1-32, 2018.
- ³ SCAFATI, Ferdinando Tagliatela et al. Modeling of Particle Size Distribution at the Exhaust of Internal Combustion Engines. In: **Nonlinear Systems and Circuits in Internal Combustion Engines**. Springer, Cham, 2018. p. 33-46.
- ⁴ MORAWSKA, Lidia; HE, Congrong. Indoor particles, combustion products and fibres. In: **Indoor Air Pollution**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. p. 37-68.
- ⁵ GUARIEIRO, L. L. N.; GUARIEIRO, A. L. N. Vehicle Emissions: What Will Change with Use of Biofuel? In: **Biofuels - Economy, Environment and Sustainability**. [s.l.] InTech, 2013.
- ⁶ FIORDELISI, Antonella et al. The mechanisms of air pollution and particulate matter in cardiovascular diseases. **Heart failure reviews**, v. 22, n. 3, p. 337-347, 2017.
- ⁷ GUERRERA, Elena et al. Cytotoxicity and genotoxicity of size-fractionated particulate matter collected in underground workplaces. **Air Quality, Atmosphere & Health**, v. 12, n. 3, p. 359-367, 2019.
- ⁸ ANTP. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - SIMOB/ANTP**. 2020. Disponível em: < <http://www.antp.org.br/relatorios-a-partir-de-2014-nova-metodologia.html>>. Acesso em: 02 dez. 2020.
- ⁹ MOORE, Adam; FIGLIOZZI, Miguel; MONSERE, Christopher M. Air quality at bus stops: empirical analysis of exposure to particulate matter at bus stop shelters. **Transportation research record**, v. 2270, n. 1, p. 76-86, 2012.
- ¹⁰ MADHWAL, Sandeep et al. Distribution, characterization and health risk assessment of size fractionated bioaerosols at an open landfill site in Dehradun, India. **Atmospheric Pollution Research**, v. 11, n. 1, p. 156-169, 2020.
- ¹¹ ASGHARIAN, Bahman et al. Computational modeling of nanoscale and microscale particle deposition, retention and dosimetry in the mouse respiratory tract. **Inhalation toxicology**, v. 26, n. 14, p. 829-842, 2014.
- ¹² PLANMOB. **Relatório Técnico RT14: Plano de Mobilidade Urbana Sustentável de Salvador TOMO I**. Salvador, 2018. Disponível em: < http://www.planmob.salvador.ba.gov.br/images/consulte/planmob/358_RT_14-PlanMob_SSA-TOMO_I.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2020.