

# AVALIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE MATERIAL PARTICULADO ULTRAFINO NA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR

Ilan Sousa Figueirêdo<sup>1</sup>, Lílian Lefol Nani Guarieiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutorando em MCTI; FAPESB; ilan.figueiredo@gmail.com

<sup>2</sup>Pós-doutorado em Química; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; lilian.guarieiro@fieb.org.br

## RESUMO

Os poluentes atmosféricos são uma mistura complexa de gases e material particulado (MP) que quando inalados podem causar sérios danos à saúde humana. O objetivo desta pesquisa foi quantificar e avaliar o número e tamanho de partículas suspensa na atmosfera em 3 regiões da Região Metropolitana de Salvador (RMS). Foram selecionados 3 diferentes sítios para coletar MP no intervalo de diâmetro aerodinâmico de 10 a 289 nm, durante três períodos do dia (9h, 13h e 17h). Foi possível observar que o sítio com alto fluxo de veículos pesados apresentou a maior concentração de partículas entre os diâmetros aerodinâmicos de 85 a 103 nm e os sítios com pouca circulação de veículos entre os diâmetros aerodinâmicos entre 10 a 20 nm. É importante ressaltar que o número de óbitos no mundo causado pela poluição atmosférica em ambientes externos chega a 8,8 milhões de pessoas anualmente, ultrapassando o número de mortos gerados pelo cigarro (7 milhões/ano).

**PALAVRAS-CHAVE:** Poluentes atmosféricos, Material Particulado, Região Metropolitana de Salvador.

## 1. INTRODUÇÃO

O Material Particulado (MP) oriundo de diversas fontes emissoras é uma grande preocupação global que traz implicações diretas para a saúde humana e o meio ambiente <sup>1</sup>. De uma forma geral, o MP pode ser caracterizado por uma mistura de gotículas líquidas e partículas sólidas suspensas na atmosfera terrestre que podem ser gerados por uma variedade de atividades naturais e humanas <sup>2</sup>.

Considerado uma das principais causas de óbito por câncer, o MP é classificado pela International Agency for Research on Cancer (IARC) como grupo I, por ser um agente carcinogênico para humanos <sup>3</sup>. A exposição de indivíduos ao MP pode afetar intensamente os lóbulos pulmonares e o coração, principalmente os MPs de diâmetro aerodinâmico inferiores à 0,1 micrometros, pois possuem a capacidade de atingir os ácinos alveolares do trato respiratório <sup>4-6</sup>.

O nível de toxicidade do MP para a saúde humana depende de parâmetros como a composição química e principalmente do diâmetro aerodinâmico (dp) das partículas <sup>5</sup>. O MP pode ser classificado da seguinte maneira: partículas grossas com diâmetro aerodinâmico iguais ou menores que 10 µm (MP<sub>10</sub>), partículas finas com diâmetro aerodinâmico iguais ou menores que 2,5 µm (MP<sub>2,5</sub>); partículas ultrafinas (UFP) com diâmetro aerodinâmico iguais ou menores que 0,1 µm (MP<sub>0,1</sub>) <sup>7</sup> e as nanopartículas que possuem diâmetros aerodinâmicos iguais ou menores que 0,05 µm (MP<sub>0,05</sub>) <sup>5,8</sup>.

Nesse contexto, este estudo utilizou o dispositivo CPC 3785 da TSI para coletar MP com diâmetros aerodinâmicos iguais ou menores que 0.289 µm em três sítios com diferentes níveis de poluição atmosférica.

## 2. METODOLOGIA

Foram selecionados três ambientes com diferentes níveis de poluição atmosféricas. Os sítios de coleta de MP foram: Estação de Ônibus da Lapa (EL), Praia de Botelho (PB), Base Naval de Aratu (BN).

A estação de ônibus da Lapa se encontra no centro do município de Salvador. A estação foi escolhida por ser ideal para estudos sobre emissões provenientes de veículos de motores diesel. O fluxo da EL consiste em veículos comerciais pesados e o tráfego predominante é de ônibus. As principais fontes de MP são: emissões de veículos pesados movidos a diesel; emissão de cocção de refeitórios e restaurantes na estação e ressuspensão de poeira.

A Praia de Botelho encontra-se localizada na ilha de Maré, que por sua vez se encontra na Bahia de Todos os Santos. As principais fontes MP da PB são: queima de diesel de navios e barcos menores, fuligem doméstica, combustão de carvão e madeira para produção de energia.

A Base Naval de Aratu é uma base militar da Marinha do Brasil, localizada a cerca de 60 km do município de Salvador. As principais fontes MP da BN são: veículos leves de pequenos e grandes porte, carregamento do porto (coque e outros) e fuligem doméstica de escritório.

As coletas de MP da EL, PB e BN foram realizadas respectivamente em maio, julho e setembro de 2010. A coleta durou 7 dias para na EL e 12 dias para os sítios PB e BN. O número de partículas e a distribuição de tamanho foram coletadas em diferentes horas do dia (7h, 13h e 18 h) durante 22 minutos, com dez repetições para cada período. As coletas foram realizadas a 1,7 m acima do nível do solo por um contador de partículas de

condensação (CPC 3785; TSI Inc., St. Paul, MN) e um dispositivo de mobilidade de varredura de tamanho de partículas (SMPS 3080, TSI Inc., St. Paul, MN) com um analisador de mobilidade diferencial (modelo DMA 3081). A taxa de fluxo de amostragem do SMPS foi ajustada para 1.0 L min<sup>-1</sup>. Foi utilizada uma tubulação flexível e condutora (Parte 3001940, TSI Inc., St. Paul, MN) na amostragem para evitar perdas de partículas devido a forças eletrostáticas. As análises de dados das saídas do SMPS foram realizadas pelo software Aerosol Instrument Manager (versão 4.0, TSI Inc., St. Paul, MN).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para os sítios estudados apresentam diferentes padrões de distribuição de números e tamanhos de MP. A distribuição de tamanho médio da EL (B5 - combustível utilizado nos ônibus em 2010) para os 3 períodos de coletas forneceu uma distribuição de tamanho bimodal com maior concentração de partículas no modo de nucleação (3 a 30 nm) e modo de acumulação (20 a 100 nm). As concentrações máximas de número de partículas para o modo nucleação (dp=30 nm) e acumulação (dp=95 nm) foram de 4,2x10<sup>4</sup> e 7,2x10<sup>4</sup> (partículas.cm<sup>-3</sup>), respectivamente. O tamanho das partículas da PB exibiu uma distribuição de modal único (moda de nucleação) com maior concentração de número de partículas de 1,2x10<sup>4</sup> partículas.cm<sup>-3</sup> de tamanho de 20 nm. O sítio BN também apresentou distribuição de tamanho modal único (modo de nucleação) com concentração máxima de número de partículas de 1,75x10<sup>4</sup> partículas.cm<sup>-3</sup> de tamanho de 16 nm. Tais observações indicam que a PB e BN não possuem uma moda para o faixa de tamanho de acumulação. A Figura 1 apresenta o padrão de distribuição de concentração de tamanho e número de partículas dos sítios EL, PB e BN para o final de semana e meios de semana.

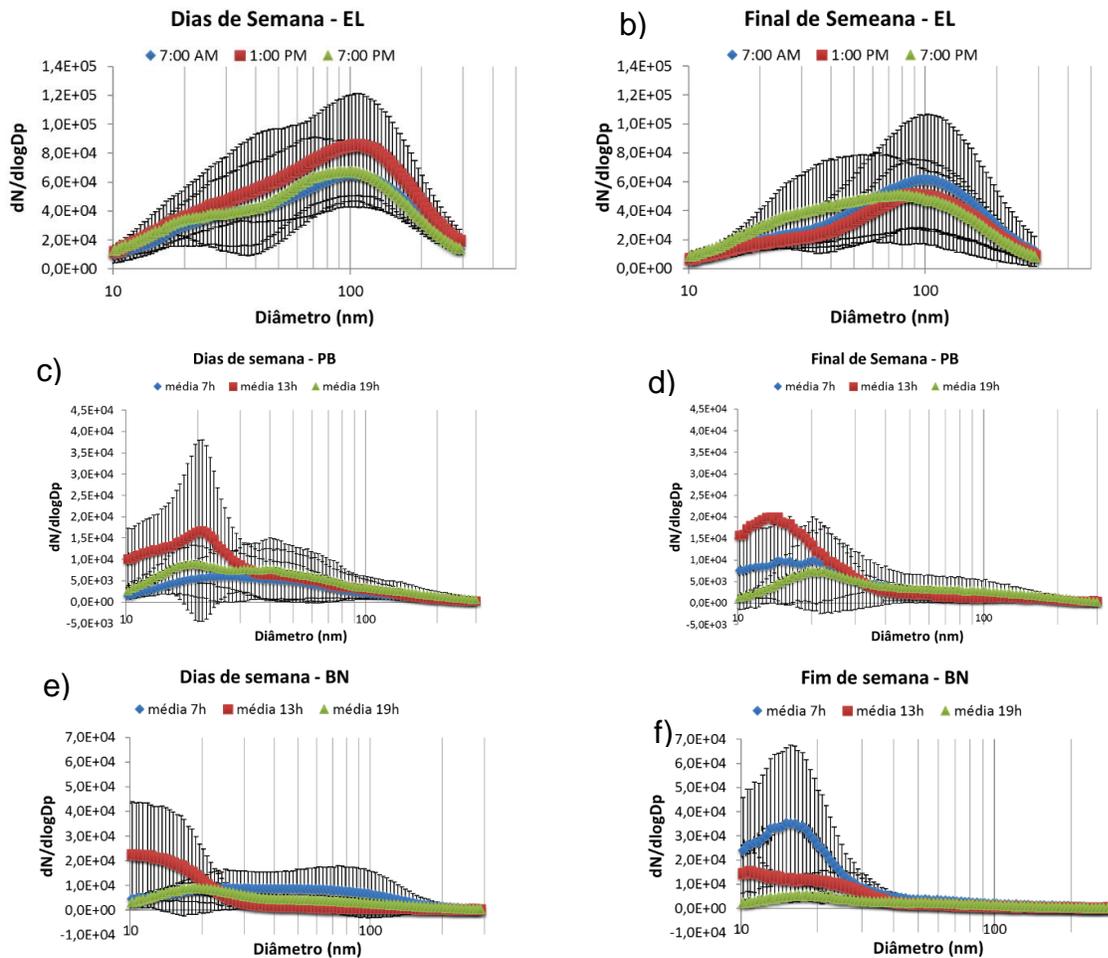


Figura 1. Distribuição de número e tamanho de partículas para (a) LBS meio de semana, (b) LBS final de semana, (c) MI meio de semana, (d) MI final de semana, (e) AH meio de semana e (f) AH final de semana.

Analisando os gráficos presentes na Figura 1 o Sítio EL possui uma distribuição de tamanho com maior concentração de partículas nas faixas de tamanho: modo de nucleação (3 a 30 nm) e modo acumulação (20 a

500 nm), para todos os horários do dia (7h, 13h e 19h) e para final de semana e meio de semana. Tal distribuição de concentração de partículas possui similaridade à uma distribuição provenientes da combustão diesel, pois ocorrem geralmente na faixa de tamanho ultrafinas na qual mais de 90% são menores que 50 nm<sup>9</sup>. Pode-se observar que as maiores concentrações de MP foram observadas as 13h, horário de maior fluxo de ônibus na estação. Já no sítio PB, a distribuição de MP apresentou maior índice de poluição as 13h. Todos os períodos do sítio BN apontaram uma moda até 20 nm, revelando maior concentração para as nanopartículas (dp < 50 nm). Outro fator de suma importância observado no sítio BN, é a direção do vento que apontava para o norte, revelando baixa influência do Centro Industrial de Aratu (CIA) e do complexo petroquímico na Ilha de Maré, pois esses se localizam à leste da ilha de Maré. Entretanto, as distribuições de tamanho de partícula poderiam ser consideradas oriundas de fonte de indústrias petroquímicas, pois a moda de distribuição de tamanho e número de partículas do sítio BN também se encontrou exatamente até 20 nm, demonstrando uma moda característica de zonas nas proximidades industriais. No sítio BN, o período da manhã obteve uma grande variação no número de partículas entre as modas de meio de semana e de final de semana (a concentração de MP no final de semana foi aproximadamente 4 vezes maior que o do meio de semana). Para o período da tarde, a curva de distribuição do tamanho de partículas apresentou uma moda de 10 nm para final de semana e meio de semana.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi realizada uma avaliação da distribuição de número de MP oriundos de 3 diferentes sítios. Na EL foi observado uma distribuição de tamanho e número de partículas diário que se assemelham com as modas características de motores diesel<sup>10</sup>. Os sítios PB e a BN apresentaram uma distribuição de tamanho e número de partículas diárias dispersas no ar muito inferior a EL, onde a PB apresentou uma moda de 20 nm de diâmetro aerodinâmico com  $1,05 \times 10^4$  partículas e a BN apresentou uma moda de 16 nm de diâmetro aerodinâmico com  $1,23 \times 10^4$  partículas.cm<sup>-3</sup>, respectivamente. O sítio EL foi o que apresentou a concentração de partículas finas com maiores valores entre os diâmetros aerodinâmicos de 85 e 113 nm, isso é justificado por se tratar de uma estação de ônibus *indoor*, pois o local confinado dificulta a dispersão dos poluentes originados pelos veículos pesados. O sítio PB apresentou a menor concentração de partículas para todos os horários. O sítio BN apresentou uma média diária de concentração de partículas muito próxima do sítio MI, apesar dos valores da concentração de partículas finas serem discretamente superiores à do sítio PB e exageradamente inferiores à do sítio EL.

Por fim, as pessoas devem, sempre que possível, evitar ambientes que tenham características similares ao sítio EL, principalmente quando forem escolher um local de trabalho, onde passam grande parte do dia alocados, reduzindo o impacto a inalação de partículas finas no aparelho respiratório, e conseqüentemente, reduzindo a chance de doenças respiratórias, cardíacas, fibrose pulmonar e câncer, pois nesse sentido, o IARC afirma que o aumento do número de casos da doença pulmonares entre não fumantes vem crescendo gradativamente.

#### 5. REFERÊNCIAS

1. GBD 2015 Chronic Respiratory Disease Collaborators. Global, regional, and national deaths, prevalence, disability-adjusted life years, and years lived with disability for chronic obstructive pulmonary disease and asthma, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet. Respir. Med.* **5**, 691–706 (2017).
2. EPA. America's Children and the Environment. 390 (2013). Available at: <https://www.epa.gov/ace/ace-publications>. (Accessed: 22nd August 2017)
3. IARC. Outdoor air pollution. In: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, vol. 209. (2015). Available at: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol109/index.php>. (Accessed: 14th January 2018)
4. Avino, P., Protano, C., Vitali, M. & Manigrasso, M. Benchmark study on fine-mode aerosol in a big urban area and relevant doses deposited in the human respiratory tract. *Environ. Pollut.* **216**, 530–537 (2016).
5. Behera, S. N., Betha, R., Huang, X. & Balasubramanian, R. Characterization and estimation of human airway deposition of size-resolved particulate-bound trace elements during a recent haze episode in Southeast Asia. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **22**, 4265–4280 (2015).
6. Kawanaka, Y., Tsuchiya, Y., Yun, S.-J. & Sakamoto, K. Size distributions of polycyclic aromatic hydrocarbons in the atmosphere and estimation of the contribution of ultrafine particles to their lung deposition. *Environ. Sci. Technol.* **43**, 6851–6856 (2009).
7. HEI. Understanding the Health Effects of Ambient Ultrafine Particles. *Perspectives* 3 (2013). Available at: <https://www.healtheffects.org/publication/understanding-health-effects-ambient-ultrafine-particles>. (Accessed: 7th September 2017)
8. Esworthy, R. Air Quality: EPA's 2013 Changes to the Particulate Matter (PM) Standard. *Congressional Research Service Report* 49 (2015). Available at: <https://fas.org/spp/crs/misc/R42934.pdf>. (Accessed: 22nd July 2017)
9. Kittelson, D. B. Engines and nanoparticles: a review. *J. Aerosol Sci.* **29**, 575–588 (1998).
10. Guarieiro, L. L. N. *et al.* Assessment of the use of oxygenated fuels on emissions and performance of a diesel engine. *Microchem. J.* **117**, 94–99 (2014).