

# EXPOSIÇÃO A MATERIAL PARTICULADO EM AMBIENTES DE BAIXA E ALTA CIRCULAÇÃO DE VEÍCULOS PESADOS

Paulo Alves Pinho<sup>1</sup>, Egídio T. A. Guerreiro<sup>1,2</sup>, Lílian Lefol Nani Guarieiro<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>SENAI CIMATEC , 41650-010, Salvador, BA, Brasil

<sup>2</sup>INCT de Energia e Ambiente, UFBA, 40170-290 Salvador, BA, Brasil

E-mails: paulo.alves.pinho@hotmail.com, egidio.guerreiro@gmail.com,  
lilian.guarieiro@fieb.org.br,


## RESUMO

Estudos apontam que com o crescimento significativo de veículos em grandes centros urbanos do Brasil há um aumento de poluentes atmosféricos, devido à queima de combustíveis fósseis. Isso faz com que a qualidade do ar diminua e aumente a quantidade de material particulado suspenso na atmosfera, que é identificado como principal agravante de doenças respiratórias, devido à capacidade de se instalar em diferentes regiões do aparelho respiratório dos seres vivos a depender do seu diâmetro aerodinâmico. Neste contexto este estudo teve como objetivo analisar a concentração de material particulado no interior da cabine de um veículo, trafegando em ambientes com baixa circulação de ar e alto fluxo de veículos pesados. Foram estabelecidos cinco diferentes ambientes urbanos com características de circulação de ar e fluxo de veículos bem definidas. Os resultados obtidos no desenvolvimento deste trabalho demonstram que existe uma relação entre a concentração de material particulado com o alto fluxo de veículos pesados e baixa circulação de ar, causando uma maior exposição dos passageiros de veículos ao material particulado em ambientes que possuem menor circulação do ar.

## 1. INTRODUÇÃO

O material particulado (MP) emitido pelos veículos pode conter uma variedade de espécies orgânicas e inorgânicas que estão adsorvidas em sua superfície e são constituídos de grandes aglomerados carbonáceos sólidos, compostos de enxofre e compostos orgânicos voláteis. Dentre as fontes de MP pode-se destacar a queima incompleta de combustíveis fósseis. A queima do diesel pode emitir pra atmosfera centenas de compostos que se encontram fase gasosa ou particulada[1].

Dependendo do seu tamanho, as partículas podem se instalar em diferentes regiões do sistema respiratório. As partículas inaláveis grossas são as que possuem o diâmetro aerodinâmico médio (da) entre 2,5 e 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{MP}_{2,5}$  e  $\text{MP}_{10}$ ) e as partículas finas ou respiráveis (fração torácica) são as inferiores a 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{MP}_{2,5}$ ). As partículas finas em comparação com as grossas proporcionam uma maior área superficial potencializando a adsorção de substâncias orgânicas nocivas e que devido ao seu tamanho acaba penetrando mais profundamente nos pulmões dos seres vivos [2,3].



Estudos epidemiológicos associaram a exposição às partículas à incidência de mortes prematuras, asma crônica e aumento de internações hospitalares de crianças e pessoas idosas. Em áreas urbanas, veículos a diesel são importantes fontes de emissão de partículas ultrafinas e finas que pertencem à fração respirável [1].

As partículas ultrafinas e as nano partículas (diâmetro aerodinâmico  $< 0,01 \mu\text{m}$ ) encontram-se na faixa de partículas finas, onde estão envolvidos diversos processos na sua formação e crescimento, como: vapores, condensação de partículas primárias, coagulação, agregados de partículas, conversão química de gases, gases voláteis, nucleação homogênea, crescimento de núcleos de condensação e gotículas [1]. Alguns estudos apontam para o fato que a exposição ao MP pode levar indivíduos a casos de infarto do miocárdio [4,5].

Em termos de exposição de passageiros à poluição veicular, estudos apontam para o fato que os efeitos de barreiras (janela e ventilação) na cabine do veículo, além de ambientes fechados ou com barreiras que dificultem a dissipação do MP, são os principais determinantes das concentrações de exposição do material particulado no veículo [6,7,8].

Pesquisadores apontam que ~6% do tempo diário gasto em microambientes de transporte, como taxi, ônibus, vans e veículos de passeio, podem contribuir em até 21% da exposição total diária que geralmente atinge uma pessoa [9].

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a exposição de passageiros de veículos ao material particulado (diâmetro aerodinâmico: 10 à 300 nm) suspenso na atmosfera da cidade de Salvador através da relação da concentração de MP com os locais que possuem alto fluxo de veículos pesados e baixa taxa de circulação de ventos devidos as características locais.

## 2. METODOLOGIA

Um contador de partículas modelo 3910 TSI foi utilizado para determinar a concentração de partículas na faixa de 10 até 300 nm no interior de um veículo Toyota Hilux 3.0 (diesel, 4x4, ano 2010). O contador de partículas foi posicionado no centro do banco traseiro. Foram utilizados dois modos de operação do contador de partículas; o primeiro foi o “*Scan Mode*” que determina a concentração de partículas de 10 a 300 nm, realizando amostras que duram cerca de 1 minuto, o segundo foi “*SinlgeScan Mode*” que realiza a contagem de partículas de um determinado diâmetro, aferindo assim a concentração a cada segundo resultando em uma medição e tempo real da concentração, neste modo o equipamento foi configurado para contar somente partículas de 100 nm de diâmetro. No interior do veículo um termohigrômetro digital (Minipa MT240) foi utilizado para medir a temperatura e umidade de cada coleta.

A exposição de passageiros a partículas ultrafinas foi avaliada em 5 regiões de Salvador com diferentes condições de tráfegos: Sítio A percurso com alto fluxo de veículos e sem corredores de edifícios; Sítio B percurso com alto fluxo de veículos, sem corredores de edifícios e alto impacto de spray marino; Sítio C percurso com baixo fluxo de veículos e sem corredores de veículos; Sítio D percurso com alto fluxo de veículos e com corredores de edifícios; Sítio E percurso com alto fluxo de veículos e ambiente fechado

(Túnel). As amostras foram coletadas em três diferentes horários do dia (9:00 h, 13:00 h e 17:00 h) para avaliar a influência da radiação solar e fluxo de veículos em horários de congestionamentos. O veículo foi tripulado com 3 passageiros. Os percursos estão descritos detalhadamente na Tabela 1.

**Tabela 1.** Percursos realizados para coleta de partículas ultrafinas na cabine de veículos automotores.

<i>Local</i>	<i>Identificador</i>	<i>Característica</i>	<i>Quilometragem do percurso</i>
Paralela	Sítio A	Ambiente aberto com alto fluxo de veículos.	2 km
Orla	Sítio B	Ambiente com alto fluxo de ar.	2 km
C.A.B (Cento Administrativo da Bahia)	Sítio C	Ambiente com alto fluxo de ar.	2 km
T. Neves	Sítio D	Ambiente “fechado” com baixo fluxo de ar.	2 km
Túnel Américo Simas	Sítio E	Ambiente com alta circulação de veículos leves e pesados, e pouquíssimo fluxo de ar.	300 m

As coletas foram realizadas em duas configurações diferentes de ventilação: na primeira o veículo permaneceu com todas as janelas abertas enquanto trafegava pelos 5 percursos citados anteriormente; na segunda configuração todas as janelas foram fechadas e o sistema de ar condicionado foi mantido desligado.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a campanha de amostragem foi utilizado um formulário de bordo para registro das informações relevantes para serem utilizadas na comparação das variáveis selecionadas neste trabalho. Os dados obtidos estão descritos nas Tabelas 2 e 3.

**Tabela 2.** Formulário de bordo. Janelas totalmente abertas sem ar condicionado.

<i>Local</i>	<i>Horário inicial</i>	<i>Horário final</i>	<i>Temperatura (°C) inic/final Média</i>	<i>Umidade Relativa (%) inic/final Média</i>	<i>Número de Veículos leves</i>	<i>Número de Veículos pesados</i>
Sítio A	09:00	10:00	29/31	60/57	78	6
Sítio A	13:00	14:00	28/30	50/52	80	12
Sítio A	17:00	18:00	27/29	50/52	84	15
Sítio B	09:00	10:00	31/32	68/68	42	8
Sítio B	13:00	14:00	31/32	71/69	64	12
Sítio B	17:00	18:00	30/31	75/74	72	16

Sítio C	09:00	10:00	30/29	49/49	36	1
Sítio C	13:00	14:00	29/30	53/52	32	3
Sítio C	17:00	18:00	27/28	49/47	30	2
Sítio D	09:00	10:00	29/28	62/63	84	12
Sítio D	13:00	14:00	30/31	55/58	69	14
Sítio D	17:00	18:00	27/28	56/57	75	10
Sítio E	09:00	10:00	30/31	46/42	102	21
Sítio E	13:00	14:00	31/32	50/49	122	16
Sítio E	17:00	18:00	29/30	67/67	144	19

**Tabela 3.** Formulário de bordo. Janelas totalmente fechadas sem ar condicionado.

<i>Local</i>	<i>Horário inicial</i>	<i>Horário final</i>	<i>Temperatura (°C) inic/final Média</i>	<i>Umidade Relativa (%)inic/final Média</i>	<i>Número de Veículos leves</i>	<i>Número de Veículos pesados</i>
Sítio A	09:00	10:00	32/33	43/47	82	8
Sítio A	13:00	14:00	32/38	40/42	78	10
Sítio A	17:00	18:00	32/33	50/52	87	13
Sítio B	09:00	10:00	32/34	48/48	69	9
Sítio B	13:00	14:00	33/35	41/49	75	13
Sítio B	17:00	18:00	30/33	45/44	78	10
Sítio C	09:00	10:00	32/34	45/49	33	3
Sítio C	13:00	14:00	32/35	43/52	35	2
Sítio C	17:00	18:00	31/33	46/47	29	4
Sítio D	09:00	10:00	29/32	42/43	89	14
Sítio D	13:00	14:00	30/34	45/48	72	12
Sítio D	17:00	18:00	34/32	46/47	80	15
Sítio E	09:00	10:00	32/34	46/42	118	22
Sítio E	13:00	14:00	33/35	50/49	144	19
Sítio E	17:00	18:00	32/33	43/47	158	14

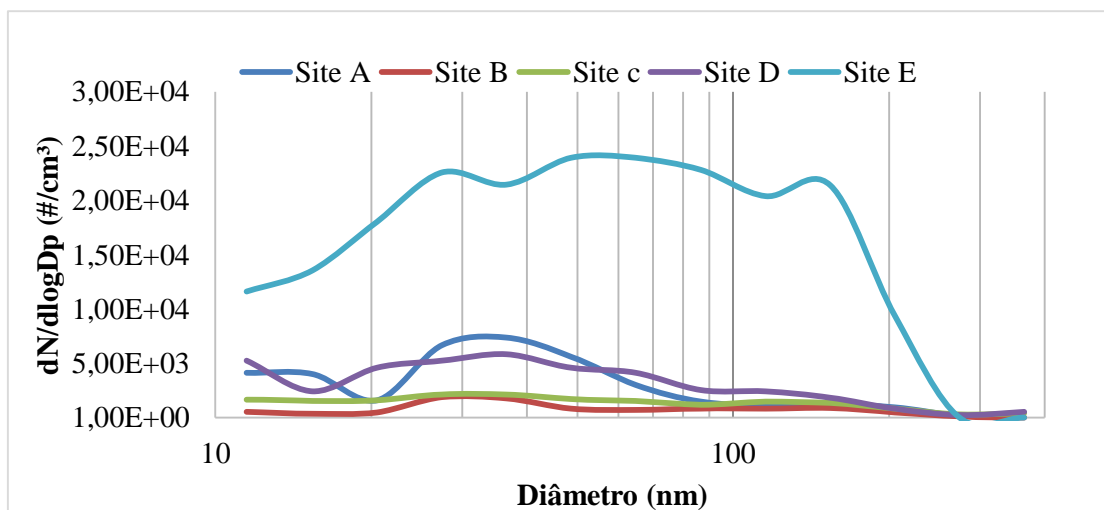
A concentração do material particulado nos percursos da Tancredo Neves (Sítio D) e Túnel (Sítio E) foram os mais altos devido a seu alto fluxo de veículos pesados e baixo fluxo de ar. Porém, no sítio A (Av. Paralela) e B (Orla), pode ser observado uma menor concentração de MP quando comparados com os sítios descritos anteriormente. No sítio C foi observado a menor concentração de MP de 100 nm devido à baixa circulação de carro e alto fluxo de ar, como pode ser observado na figura 1.



**Figura 1.** Concentração de partículas com diâmetro de 100 nm com janelas abertas, “SingleScan Mode”.

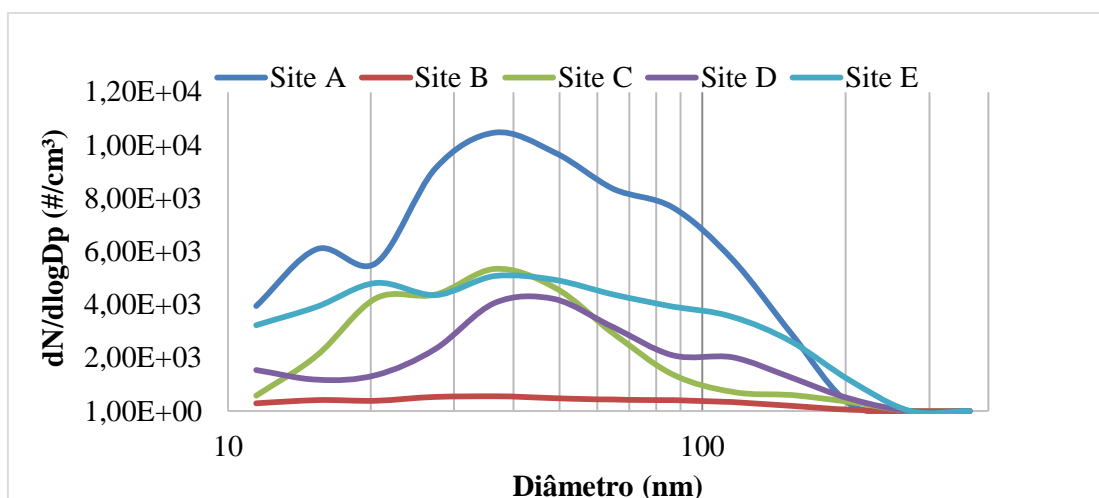
Os resultados obtidos para MP de 100 nm estão de acordo com dados obtidos na literatura, onde pode ser destacada a forte relação de MP em locais de alta circulação de veículos pesados e baixa circulação de ar. Pesquisadores realizaram um estudo semelhante na cidade Hong Kong e observaram que maiores concentrações foram encontradas quando veículos trafegam próximo ao veículo que está sendo utilizado durante o ensaio e que quanto o maior número de veículos na via a concentração tende a elevar proporcionalmente [4].

Com os dados mostrados nas figuras abaixo, figura 2 e figura 3, podemos avaliar a concentração de partículas ultrafinas na faixa de tamanho de 10 até 300 nm, com relação a trafegar com as janelas abertas ou fechadas e em ambientes com diferentes características.



**Figura 2.** Concentração de partículas com diâmetros de 10 a 300 nm com as janelas abertas, “Scan Mode”.





**Figura 3.** Concentração de partículas com diâmetros de 10 a 300 nm com as janelas fechadas, “Scan Mode”.

A figura 2 mostra a média de todos os horários de todos os percursos realizados no modo de janelas abertas sem ar condicionado. Para esse tipo de coleta, onde é possível avaliar o impacto máximo que os passageiros podem sofrer com a exposição à poluição oriunda dos percursos estudados, pode-se notar que os percursos que apresentaram maior concentração foram os sítio D e Sítio E. Isso é decorrente ao fato dos ambientes possuírem barreiras verticais que dificultam a dissipação das partículas (Sitio D) ou sem um local fechado (Sitio E, Túnel), além de terem as maiores quantidades de veículos pesados e leves de todos os percursos que foram feitos os ensaios.

Foram observadas menores concentrações de material particulado em todos os percursos quando o veículo estava trafegando com as janelas fechadas (Figura 3). Também foi possível identificar que com o aumento da radiação solar ocorreu um aumento na concentração de MP, tanto com o ensaio com as janelas abertas quanto as com as janelas fechadas.

#### 4. CONCLUSÃO

Através dos dados obtidos pode-se concluir que a concentração de material particulado na faixa de 10 nm até 300 nm no interior da cabine veicular, deu-se como os maiores picos de concentração no Túnel (Sítio E) e na Av. Tancredo Neves (Sítio D), isso foi decorrente ao seu alto fluxo de veículos pesados e baixo fluxo de ar. O menor pico de concentração no interior da cabine deu-se para o modo de janelas totalmente fechadas sem ar condicionado, mas devido ao clima de Salvador essas condições não seriam viáveis, porém recomenda-se fechar as janelas do veículo quando estiver trafegando em ambientes que possuam as características descritas nos sítios D e E.

Pode-se dizer também, que os passageiros de veículos automotores são expostos a altas concentrações de partículas ultrafinas em locais com alto fluxo de veículos e baixo fluxo de ar. Os dados obtidos em diferentes horários do dia, com diferentes níveis de radiação, mostraram influenciar a concentração e número de partículas.



## REFERÊNCIAS

- [1] GUARIEIRO, Lilian Lefol Nani; VASCONCELLOS, Pérola Castro; SOLCI, Maria Cristina. Poluentes Atmosféricos Provenientes da Queima de Combustíveis Fósseis e Biocombustíveis: Uma Breve Revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, p. 434-445, 2011.
- [2] DONALDSON, Ken et al. Combustion-derived nanoparticles: a review of their toxicology following inhalation exposure. **Particle and fibre toxicology**, v. 2, n. 1, p. 10, 2005.
- [3] OBERDÜRSTER, Günter. Toxicology of ultrafine particles: in vivo studies. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 358, n. 1775, p. 2719-2740, 2000.
- [4] JOODATNIA, Pouyan; KUMAR, Prashant; ROBINS, Alan. The behaviour of traffic produced nanoparticles in a car cabin and resulting exposure rates. **Atmospheric Environment**, 2012.
- [5] Tartakovsky et al., **Atmospheric Environment**. 2013. 64, 320.
- [6] BIGAZZI, Alexander Y.; FIGLIOZZI, Miguel A. Impacts of freeway traffic conditions on in-vehicle exposure to ultrafine particulate matter. **Atmospheric Environment**, v. 60, p. 495-503, 2012.
- [7] JOODATNIA, Pouyan; KUMAR, Prashant; ROBINS, Alan. Fast response sequential measurements and modelling of nanoparticles inside and outside a car cabin. **Atmospheric Environment**, v. 71, p. 364-375, 2013.
- [8] KAMINSKY, Jason A. et al. In-cabin commuter exposure to ultrafine particles on commuter roads in and around Hong Kong's Tseung Kwan O Tunnel. **Aerosol and Air Quality Research**, v. 9, p. 353-357, 2009.
- [9] DONS, Evi et al. Personal exposure to black carbon in transport microenvironments. **Atmospheric Environment**, v. 55, p. 392-398, 2012.