



AMBIENTE E DIREITOS HUMANOS

Universidade de Aveiro · Portugal

8 > 10 MAIO'18



Conferência Internacional
de Ambiente em Língua Portuguesa

XX Encontro REALP

XI CNA

Volume III

Ambiente e Direitos Humanos

Volume III

Editores

Ana Isabel Miranda, Myriam Lopes, Luís Tarelho, Filomena Martins, Peter Roebeling,
Margarida Coelho, João Labrincha

Universidade de Aveiro

8 a 10 de maio de 2018

Ficha Técnica

Conferência Internacional de Ambiente em Língua Portuguesa,
XX Encontro da Rede de Estudos Ambientais de Países de Língua Portuguesa
XI Conferência Nacional do Ambiente

ISBN: 978-972-789-540-3

Nota explicativa

Esta publicação contém as comunicações apresentadas na Conferência Internacional de Ambiente em Língua Portuguesa, XX Encontro da Rede de Estudos Ambientais de Países de Língua Portuguesa e XI Conferência Nacional do Ambiente, que decorreu na Universidade de Aveiro, de 8 a 10 de maio de 2018.

Editores

Ana Isabel Miranda, Myriam Lopes, Luís Tarelho, Filomena Martins, Peter Roebeling,
Margarida Coelho, João Labrincha

Desenho da capa

Joana Ivónia

Edição

Departamento de Ambiente e Ordenamento
Universidade de Aveiro

AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO DE CRIANÇAS A MATÉRIA PARTICULADA EM AMBIENTE

T. Faria¹, V. Martins¹, E. Diapouli², M. Manousakas², K. Eleftheriadis², C. Alves³, S.M. Almeida¹

1 Centro de Ciências e Tecnologias Nucleares, Instituto Superior Técnico, Portugal

2 Institute of Nuclear and Radiological Science & Technology, Energy & Safety, NCSR Demokritos, Grécia

3 Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM), Departamento de Ambiente, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal

tiago.faria@ctn.tecnico.ulisboa.pt

Resumo

A matéria particulada no ar (PM) é uma preocupação devido aos efeitos adversos que causa na saúde humana. As crianças despendem mais de 80% do seu tempo em ambientes interiores sendo necessário desenvolver as melhores estratégias para mitigar a exposição a PM nos vários locais e consequentemente reduzir os efeitos na saúde. O objetivo deste estudo foi quantificar a exposição diária das crianças a PM considerando diferentes frações granulométricas. Foram efetuadas avaliações em várias casas e escolas da cidade de Lisboa, no âmbito do projeto LIFE Index-Air, como também foram distribuídos inquéritos para o estudo do padrão atividade das crianças. Verificou-se que as crianças passam mais de 85% do seu tempo em ambientes interiores sendo que é nas salas de aulas que estão expostas a concentrações mais elevadas de PM10 e PM2.5.

Introdução

Com início na revolução industrial e na crescente urbanização, e sendo impulsionada pelo consumo excessivo de combustíveis fósseis, elevado tráfego rodoviário, industrialização massiva, entre outros, a poluição do ar e os seus impactes na sociedade têm sido objeto de estudo nos últimos anos.¹ A exposição a poluentes, como a matéria particulada (PM) foi associada ao aumento da mortalidade e internamentos hospitalares por doenças respiratórias e cardiovasculares²⁻⁵. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a poluição atmosférica urbana, especialmente a provocada por PM, causa problemas de saúde significativos em toda a Europa, reduzindo a esperança de vida dos residentes de áreas mais poluídas por mais de 1 ano⁶.

Devido ao facto das PM serem uma mistura complexa de partículas microscópicas constituídas por diferentes compostos químicos orgânicos e inorgânicos, os seus efeitos têm sido observados mesmo a baixos níveis de exposição, não havendo evidências de um nível de exposição seguro ou de um limiar abaixo do qual não ocorrem efeitos adversos para a saúde⁷.

Existe uma melhoria em relação às estratégias de controlo de emissões antropogénicas o que se reflete na diminuição das concentrações de PM para níveis abaixo dos valores-limite da UE. No entanto, as flutuações económicas e a crise financeira que afetou a Europa nos últimos anos contribuiu para uma tendência decrescente da concentração de poluentes do ar. Com a recuperação da economia e o aumento da competitividade na Europa, poderá ocorrer um aumento das emissões caso não sejam desenvolvidas estratégias ambientais eficazes. No entanto, para as estratégias terem um real impacto na qualidade do ar e nos efeitos sobre a saúde da população, é de considerável importância avaliar a exposição integrada pessoal às PM, pois é determinante para a dose recebida por um indivíduo e, portanto, influencia diretamente os impactos na saúde⁸.

Uma vez que as pessoas gastam 90-95% de seu tempo em ambientes interiores⁹⁻¹⁰, a exposição do indivíduo às PM é dominada pela poluição do ar interior, que corresponde parcialmente à poluição do ar exterior que penetrou no interior e em parte à poluição por fontes internas. No entanto, os dados disponíveis para a avaliação do risco da poluição do ar interior são escassos e muitas vezes insuficientes.

O objetivo deste estudo foi quantificar a exposição diária das crianças a PM considerando diferentes frações granulométricas

Metodologia

Padrões de atividade das crianças em Lisboa

A informação sobre a atividade e tempo gastos em cada local proporciona benefícios na análise dos poluentes em cada microambiente e desempenha um papel fundamental para a exposição pessoal. Para tal, foi desenvolvido um questionário sobre os padrões de atividade que foi entregue aos pais das crianças de Lisboa. O objetivo principal do questionário sobre os padrões de atividade foi recolher e analisar os dados da atividade das crianças (5-10 anos) para obter informações sobre o tipo de ambiente (casa, escola, transporte, exterior, etc.) que frequentam durante o dia da semana e de fim-de-semana. Estes padrões foram usados para estimar a exposição a PM das crianças durante um dia típico, sendo esta exposição uma ponderação dos diferentes níveis de poluentes em cada microambiente. O questionário consistiu em duas tabelas (uma para a semana outra para o fim-de-

semana) com o tempo dividido em períodos de 30 minutos e com 17 microambientes considerados. Durante 5 meses foram distribuídos 6096 questionários em 24 escolas básicas de Lisboa.

Amostragem de PM nas escolas e nas casas

As PM foram amostradas em 4 escolas e 14 casas localizadas no município de Lisboa, a capital de Portugal, onde o tráfego é a principal fonte de partículas atmosféricas^{8,9}. Nas 4 escolas em estudo foram realizadas amostragens simultaneamente no interior (em 1 sala de aula) e ao ar livre (no recreio da escola). Todas as escolas foram monitorizadas durante 5 dias - de segunda a sexta-feira e durante o período ocupado. Nas 14 casas a amostragem interior ocorreu na sala de estar enquanto simultaneamente foram realizadas medições na varanda exterior. Todas as casas foram monitorizadas durante 5 dias - 4 dias durante a semana e um dia durante o fim de semana sempre no período ocupado - 15 horas durante a semana das 18h às 9h e 24 horas durante o dia de fim de semana das 9 da manhã de sábado às 9h da manhã de domingo.

As amostras de PM_{2.5} (filtros PTFE de 47 mm) e PM_{2.5-10} (filtros Nuclepore de 25 mm) foram recolhidas através de 2 amostradores Leckel MVS6 que operaram a 2.3m³/h, (um instalado no interior e outro no exterior como indica a figura 1. Os filtros foram pesados antes e depois da amostragem com uma microbalança analítica (Sartorius R160P).

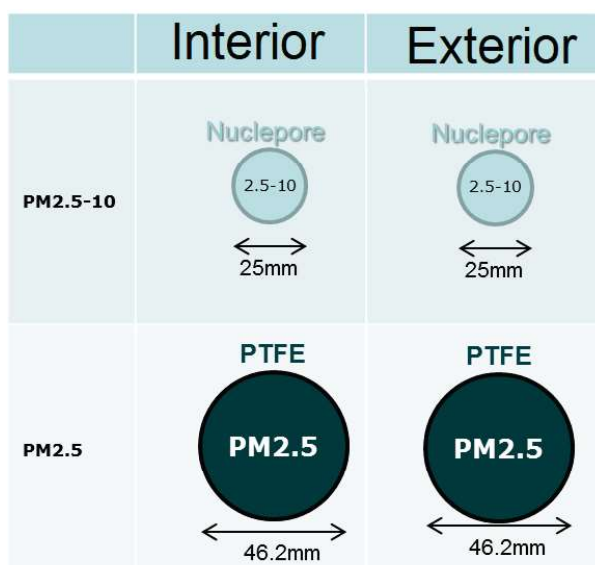


Figura 1 – Filtros utilizados na amostragem de PM utilizando os amostradores Leckel MVS6.

Avaliação exposição média diária

A exposição média diária foi avaliada integrando os resultados obtidos nos questionários dos padrões de atividade com as concentrações de PM medidas nos diferentes microambientes. Assim, foi aplicada a seguinte equação:

$$E_i = \frac{\sum_{j=1}^m C_{ij} \cdot t_{ij}}{\sum_{j=1}^m t_{ij}}$$

Onde C_{ij} é a concentração média do poluente e T_{ij} é o tempo gasto pelo indivíduo no microambiente. A exposição média diária foi calculada para PM2.5 e PM2.5-10.

Resultados e discussão

Caracterização da atividade das crianças em Lisboa

Dos 6096 questionários entregues, 1251 dos pais devolveram os questionários, sendo que apenas 1189 foram completados corretamente, representando uma taxa de resposta de 20%.

Nos questionários foram recolhidos dados sobre as características dos alunos, tais como género e idade. A Tabela 1 indica que a amostra possui 52% de indivíduos do sexo feminino e 45% do sexo masculino. As idades variam entre os 5 e os 10 anos, com 5,7% das crianças com 5 anos, 14% com 6 anos, 21% com 7 anos, 21% com 8 anos, 24% com 9 anos e 13% com 10 anos de idade.

Tabela 1: Características descritivas do género e idade das crianças.

Variável	Descrição	Estatística
Género	Masculino	533 (45%)
	Feminino	612 (52%)
	Desconhecido	44 (3.7%)
Idade	5	68 (5.7%)
	6	160 (14%)
	7	251 (21%)
	8	250 (21%)
	9	285 (24%)
	10	153 (13%)
	Desconhecido	22 (1.8%)

Os questionários incluíram os padrões de atividade classificados de acordo com dois grupos principais: interior e exterior.

Tabela 2: Classificação de microambientes.

Interior	Casa	
	Sala de aula	Escola
		Atividade extra-curricular
	Atividade física	Ginásio
		Piscina
	Lazer	Loja/supermercado
		Cinema/teatro
		Restaurante/café
	Transportes	Autocarro
		Comboio
	Metro	
	Carro	
Exterior	Escola	
	Atividade física	
	Rua	
	Jardim/parque/esplanada	
	Praia	

O padrão de atividade para semana e fins de semana é apresentado na Tabela 3 e na Figura 2.

Tabela 3: Padrão de atividade das crianças entre os 5 e os 10 anos em Lisboa.

	Semana		Fim de semana	
	Minutos	%	Minutos	%
Interior	1277	89	1252	87
Casa	795	55	1093	76
Sala de aula	384	27	11	0.70
Escola	367	26	2.5	0.17
Atividade extra curricular	17	1.2	8.0	0.56
Atividade física	39	2.7	20	1.4
Ginásio	25	1.7	11	0.74
Piscina	14	1.0	9.3	0.65
Lazer	9.4	0.70	78	5.4
Loja/supermercado	3.5	0.20	24	1.7
Cinema/teatro	0.90	0.10	22	1.5
Restaurante/café	5.0	0.30	34	2.4
Transportes	50	3.5	50	3.4
Exterior	146	10	136	9.4
Escola	108	7.5	1.5	0.10
Atividade física	16	1.1	24	1.6
Rua	17	1.1	45	3.1
Jardim/parque/esplanada	4.4	0.30	61	4.2
Praia	0.30	0.0	3.8	0.30
Outros	7.7	0.50	38	2.6

Os resultados mostram que, durante a semana, as crianças gastam 89% do tempo em ambientes interiores - 56% em casa, 27% em salas de aula, 3,5% em veículos e 2,7% a praticar atividades físicas. A maioria das crianças está em casa entre as 19:00 e as 8:00 e na escola entre as 8:30 e as 16:30. Durante os fins de semana, o tempo gasto em ambientes interiores reduz ligeiramente para 87% - 76% em casa, 5,4% nas atividades de lazer, 3,4% nos transportes e 1,4% na prática de atividades físicas. O tempo gasto ao ar livre é de 10% durante a semana e de 9,4% durante o fim de semana. Resultados idênticos foram encontrados no estudo de Baie et al. 2006¹¹ realizado em Tianjin na China onde as crianças passam 84% e 84% do seu dia em ambientes interiores durante a semana e o fim de semana, respetivamente e no estudo do Matz et al. 2015¹², onde as crianças em algumas cidades do Canadá passam cerca de 89% do seus dia em ambientes interiores.

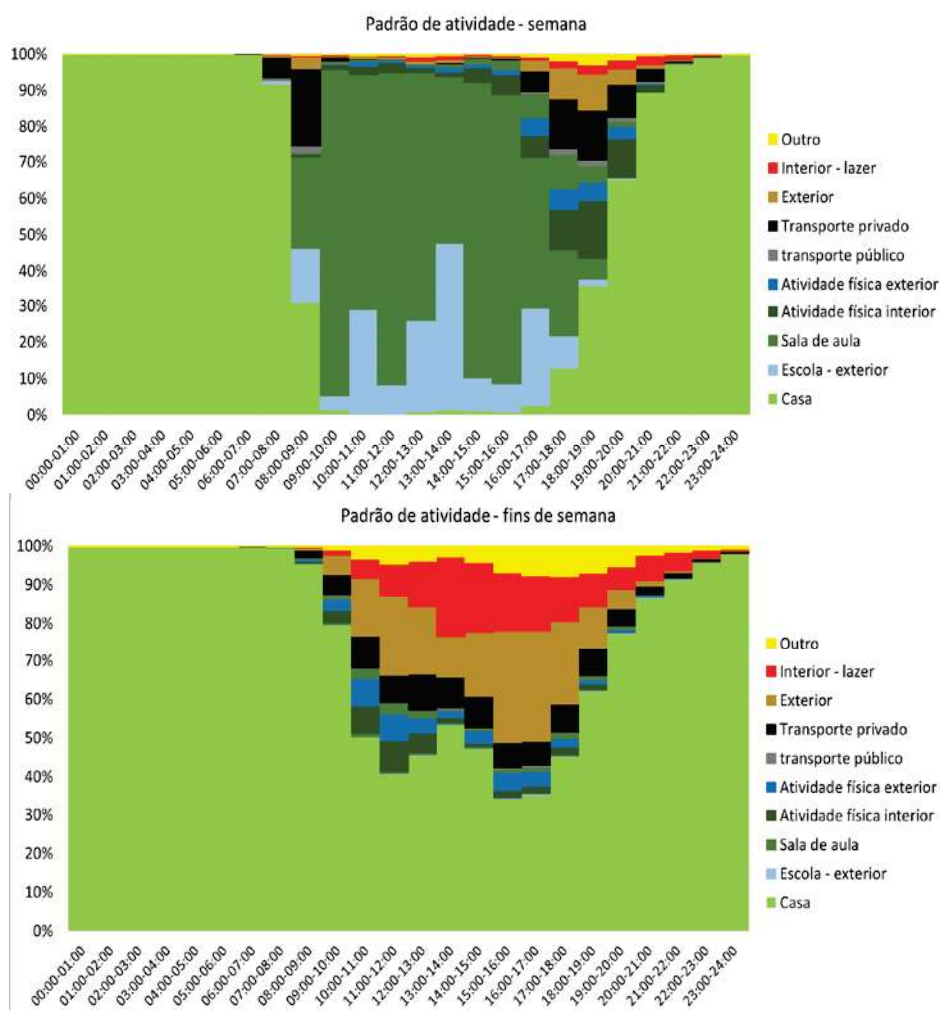


Figura 2 – Padrão de atividade das crianças durante a semana e o fim de semana.

A exposição de crianças a PM ocorre nos diferentes microambientes e o seu nível depende das frações de tempo que as crianças gastam neles, bem como das concentrações de PM nos microambientes. Para calcular a exposição das crianças, foi usado, por cada 30 minutos, o local onde a maioria das crianças passa.

Qualidade de ar nos vários microambientes

Na figura 3 é possível observar as concentrações de PM2.5 e PM10 nas escolas, casas e no exterior.

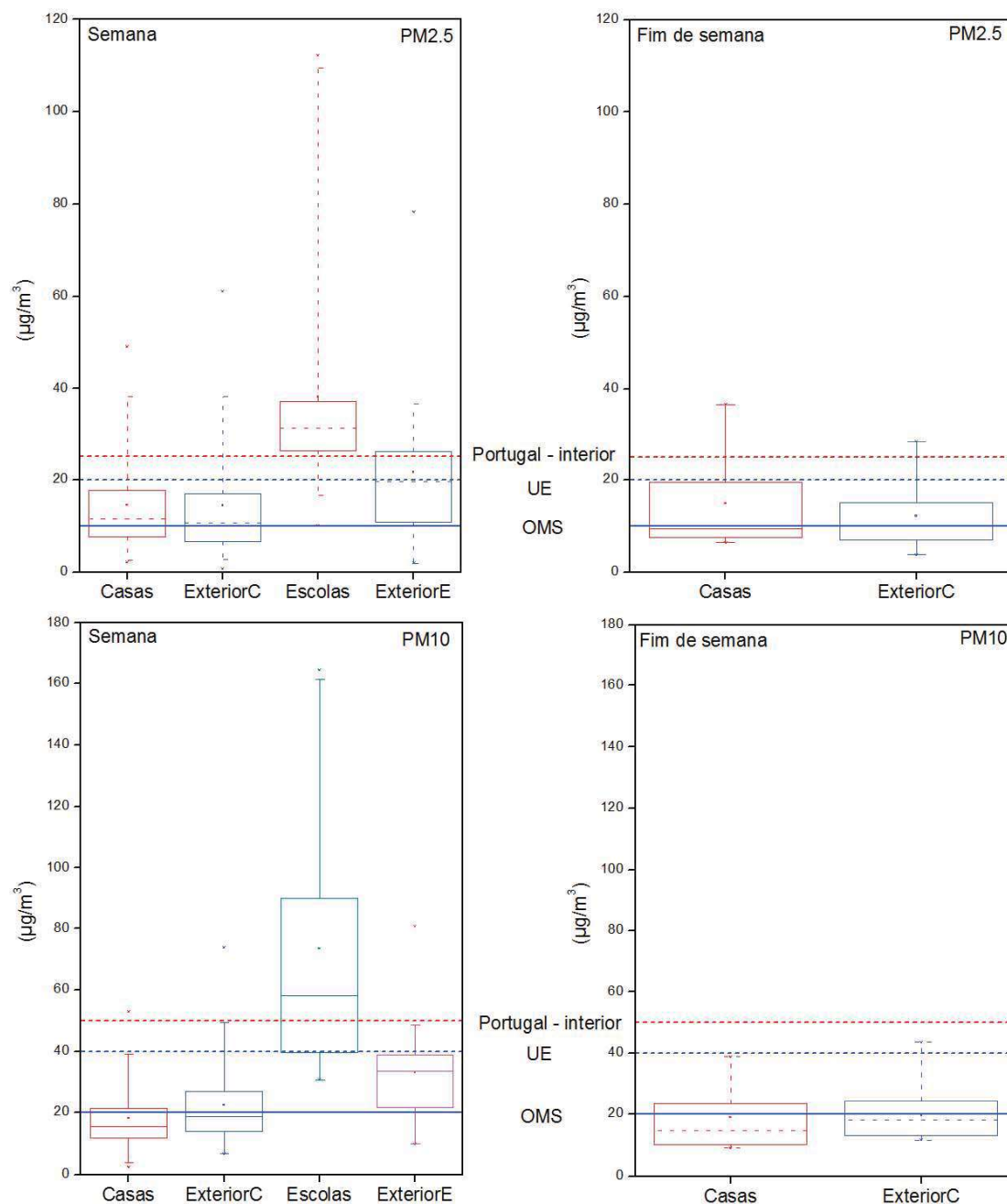


Figura 3 – Concentração de PM2.5 e PM10 nas casas, escolas e respetivos exteriores durante a semana e o fim de semana

As concentrações médias de PM2.5 são mais do dobro nas escolas ($39\mu\text{m}/\text{m}^3$) do que nas casas ($15\mu\text{m}/\text{m}^3$) sendo os valores do exterior respetivos às medições nas escolas ($22\mu\text{m}/\text{m}^3$) e nas casas ($14\mu\text{m}/\text{m}^3$) inferiores aos medidos nos espaços interiores respetivos. A concentração média de PM2.5 nas casas ao fim de semana é

superior ($15 \mu\text{m}/\text{m}^3$) ao valor referente aos dias de semana, sendo que o valor do exterior no fim de semana ($12\mu\text{m}/\text{m}^3$) foi inferior ao dos dias de semana. Comparando com os valores de concentração média limite da legislação portuguesa estipulados na Portaria 353-A/2013 para PM2.5, ($25 \mu\text{m}/\text{m}^3$), as escolas encontram-se acima deste valor, já comparando o valor do exterior com o valor de $20 \mu\text{m}/\text{m}^3$ para a concentração média limite de PM2.5 estipulados no Decreto-Lei n.º 102/2010 que procede à transposição para o direito interno da Diretiva n.º 2008/50/CE, estes encontram-se abaixo. Comparando com o valor sugerido pela OMS para ambientes exteriores ($10 \mu\text{m}/\text{m}^3$), este é ultrapassado.

As concentrações médias de PM10 tiveram comportamento idêntico às PM2.5 com resultados de $74 \mu\text{m}/\text{m}^3$ e $18\mu\text{m}/\text{m}^3$ nas escolas e casas respetivamente. Comprando com os valores do exterior, as escolas apresentam valores mais elevados ($33\mu\text{m}/\text{m}^3$) e as casas valores mais baixos ($22\mu\text{m}/\text{m}^3$). A concentração média de PM10 nas casas ao fim de semana é superior ($19 \mu\text{m}/\text{m}^3$) ao valor referente aos dias de semana, sendo que o valor do exterior no fim de semana ($20 \mu\text{m}/\text{m}^3$) foi inferior ao dos dias de semana. Comparando com o valor da Portaria 353-A/2013 para PM10, ($50 \mu\text{m}/\text{m}^3$), as escolas encontram-se acima deste valor e as casas abaixo, já comparando o valor do exterior com o valor de referencia do Decreto-Lei n.º 102/2010, ($40 \mu\text{m}/\text{m}^3$), este encontra-se abaixo, o que não acontece quando comparado ao valor limite sugerido pela OMS de $20 \mu\text{m}/\text{m}^3$. Almeida et al. 2011¹³ estudou 3 escolas em Lisboa e obteve concentrações médias de $10 \mu\text{m}/\text{m}^3$ para PM2.5 e valores entre 30 a $146 \mu\text{m}/\text{m}^3$ para PM10.

Exposição média diária a PM

Na figura 4 é possível observar a exposição média diária das crianças a PM2.5 e PM10 durante a semana e o fim de semana.

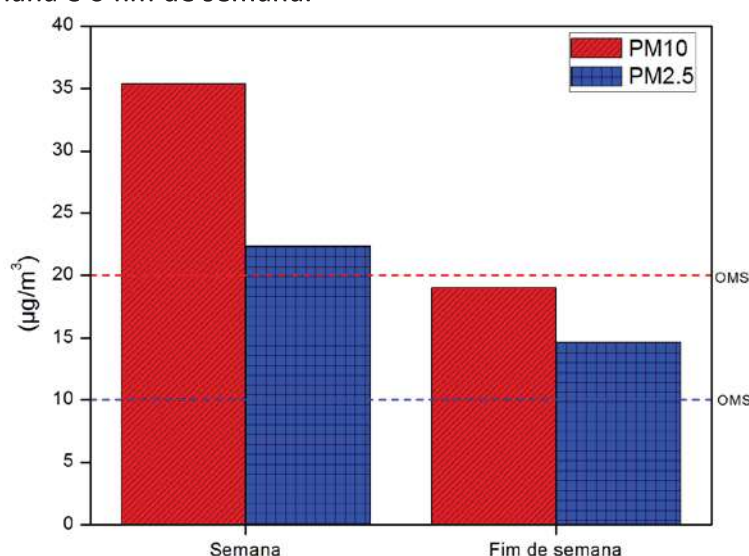


Figura 4 – Exposição média diária das crianças a PM10 e PM2.5 em Lisboa.

A exposição média diária é superior para ambas as frações durante a semana (35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a PM10 e 22,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a PM2.5) quando comparado com a exposição ao fim de semana (19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a PM10 e 14,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a PM2.5), o que pode estar ligado ao facto da sala de aula ser o local com as concentrações mais elevadas de PM, local este a que as crianças não vão durante o fim de semana, mas onde passam cerca de 6 horas durante um dia de semana.

Conclusão

Em suma, as crianças gastam mais de 87% de seu tempo em ambientes interiores, indicando que a avaliação de risco deve concentrar-se nos microambientes internos. Durante a semana, as crianças passam 89% do tempo em casa - 55% em casa, 27% em salas de aula, 3,5% em veículos e 2,7% praticando atividades físicas internas em ambientes interiores. Durante os fins de semana, o tempo gasto em espaços interiores reduziu ligeiramente para 87% - 76% em casa, 5,4% nas atividades de lazer no interior, 3,4% nos transportes e 1,4% na prática de atividades físicas. O tempo gasto ao ar livre é de 10% durante a semana e de 9,4% durante o fim de semana.

Foi no interior das escolas que foram encontrados os valores mais elevados de concentração média de PM2.5 e PM10 o que pode estar relacionado com a agitação típica de uma sala de aula que provoca a ressuspensão de partículas associada a uma débil ventilação dos espaços. Estando as crianças durante a semana cerca de 6 horas dentro da sala de aula e este ser o local com maiores concentrações, era expectável que a exposição fosse maior durante a semana do que o fim de semana o que se verificou.

Agradecimentos

Este trabalho é financiado pelo projeto LIFE Index-Air (LIFE15 ENV/PT/000674). Os autores do C2TN/IST agradecem o apoio da FCT através do projeto UID/Multi/04349/2013. Agradecem também o financiamento da FCT ao Tiago Faria através da bolsa de doutoramento (SFRH/BD/129149/2017).

Referências

1. Falcon-Rodriguez, C., Osornio-Vargas, A., Sada-Ovalle, I., & Segura-Medina, P. (2016). Aeroparticles, Composition, and Lung Diseases. *Frontiers in Immunology*, 7(3). doi:10.3389/fimmu.2016.00003
2. Almeida SM, Silva AV, Sarmiento S (2014) Effects of exposure to particles and ozone on hospital admissions for cardiorespiratory diseases in Setúbal, Portugal. *J Toxicol Environ Heal A* 77:837–848
3. Almeida SM, Ramos CA, Almeida-Silva M (2015) Exposure and inhaled dose of susceptible population to chemical elements in atmospheric particles. *J Radioanal Nucl Chem*. 309:309–315. DOI 10.1007/s10967-015-4673-5
4. Martinelli, N., Olivieri, O., Girelli, D., 2013. Air particulate matter and cardiovascular disease: a narrative review. *EFIM* 24, 295e302.

5. Viegi, G., Simoni, M., Scognamiglio, A., Baldacci, S., Pistelli, F., Carrozzi, L., AnnesiMaesano, I., 2004. Indoor air pollution and airway disease. *Int. J. Tuberc. Lung Dis.* 8 (12), 1401e1415.
6. WHO (2013) Health effects of particulate matter: policy implications for countries in Eastern Europe, Caucasus and central Asia, Copenhagen, WHO Regional office for Europe
7. Calvo AI, Alves C, Castro A, Pont V, Vicente AM, Fraile R (2013) Research on aerosol sources and chemical composition: past, current and emerging issues. *Atmos Res* 120–121:1–28
8. Susana Marta Almeida a,* , Nuno Canha a, Ana Silva a, Maria do Carmo Freitas a, Priscilla Pegas b, Célia Alves b, Margarita Evtugina b, Casimiro Adrião Pio. "Children exposure to atmospheric particles in indoor of Lisbon primary schools". *Atmospheric Environment.* 45.40 2011-12-01. 7594(6).
9. Klepeis NE, Nelson WC, Ott WR, Robinson JP, Tsang AM, Switzer P, Behar JV, Hern SC, Engelmann WH (2001) The national human activity patten survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 11: 231–252
10. Zhao Y, Wang S, Chen G, Wang F, Aunan K, Hao J (2009) Microenvironmental time-activity patterns in Chongqing, China. *Front Environ Sci Eng China* 3(2):200–209
11. Bai, Z; You, Y; Gao, X; Yu, H; Yan, L; Zhu, T (2006) Comparison of Time-Activity Patterns in Different Periods in Tianjin, China. *Epidemiology.* 17(6):S454
12. Matz CJ, Stieb DM, Brion O. (2015) Urban-rural differences in daily time-activity patterns, occupational activity and housing characteristics. *Environ Health.* 14: 88. doi: 10.1186/s12940-015-0075-y
13. Almeida SM, Canha N, Silva A, Freitas MDC, Pegas P, Alves C, Evtugina M, Pio AC (2011) Children exposure to atmospheric particles in indoor of Lisbon primary schools. *Atmos Environ* 45(40):7594–7599