

# Determinação de Concentração de Chumbo, Cátions e Ânions no Ar Interno e Externo nas Escolas Primárias em Kuala Lumpur<sup>1</sup>

**Normah Awang e Farhana Jamaluddin**

Programa de Saúde Ambiental e Segurança Industrial, Faculdade de Ciências da Saúde, Universiti Kebangsaan Malaysia, Jalan Raja Muda Abdul Aziz, 50300 Kuala Lumpur, Malásia

Correspondências devem ser dirigidas à Normah Awang; awangnormah@yahoo.com

Recebido em 13 de abril de 2014; Aceito em 13 de julho de 2014; Publicado em 22 de julho de 2014

Editor Acadêmico: Mynepalli K. C. Sridhar

Este estudo foi realizado para determinar a concentração de chumbo (Pb), ânions e cátion em seis escolas primárias localizadas ao redor de Kuala Lumpur. O amostrador de baixo volume (MiniVol PM<sub>10</sub>) foi utilizado para coletar as partículas suspensas no ar interno e externo. Os resultados mostraram que a concentração de Pb no ar interno estava na faixa de  $5.18 \pm 1.08$  g/g- $7.01 \pm 0.08$  g/g. Todas as concentrações de Pb no ar interno estavam mais altas que no ar externo em todas as estações de amostragem. As concentrações de cátions e ânions foram maiores no ar externo que no ar interno. A concentração de Ca<sup>2+</sup> ( $39.51 \pm 5.01$  mg/g- $65.13 \pm 9.42$  mg/g) foi mais elevada porque o cátion existia naturalmente nas poeiras do solo, enquanto as concentrações de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> foram maiores no ar externo porque havia mais fontes de exposição para ânions no ar externo, tais como emissões de tráfego altamente congestionado e veículos a motor. Em comparação, a concentração de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ( $29.72 \pm 0.31$  g/g- $32.00 \pm 0.75$  g/g) foi levemente maior que SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. As concentrações da maioria dos parâmetros neste estudo, tais como Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, e Pb<sup>2+</sup>, foram maiores no ar externo que no ar interno em todas as estações de amostragem.

## 1. Introdução

A poluição do ar é geralmente o tipo mais difundido e óbvio de dano ambiental [1]. Kuala Lumpur, que é a capital federal e a maior cidade da Malásia, também está sofrendo do problema de poluição do

---

<sup>1</sup> Artigo traduzido da Hindawi Publishing Corporation Journal of Environmental and Public Health, Volume 2014, Article ID 408275, 3 pages . <http://dx.doi.org/10.1155/2014/408275>  
Copyright © 2014 N. Awang e F. Jamaluddin. Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob a Licença Creative Commons Attribution, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.

ar. Na última década se viu seu crescimento fenomenal como um centro de comércio na região, e esta tendência ainda continua. Com o aumento no consumo de energia e a urbanização em Kuala Lumpur, o aumento na poluição do ar ambiente parece inevitável [2].

Poluentes atmosféricos, que existem na forma de sólido, semissólido, líquido e gás, são emitidos direta ou indiretamente de suas fontes. Alguns metais pesados como o chumbo e cádmio são poluentes ambientais comuns em países industrializados e em desenvolvimento [3]. O chumbo é um metal pesado muito tóxico e não degradável que existe naturalmente na crosta terrestre [4, 5]. O chumbo na atmosfera surge de duas formas principais, que são as fontes primárias incluindo o chumbo das atividades de mineração e fontes secundárias tais como a emissão industrial, fabricação de bateria e aditivos na gasolina dos veículos a motor. Em qualquer população, as crianças são mais vulneráveis à exposição ao chumbo que os adultos, porque as crianças têm mais atividades colocando as mãos na boca e maior taxa de absorção gastrointestinal, e seus cérebros em desenvolvimento são mais sensíveis aos danos da exposição ao chumbo [6].

As espécies iônicas, tanto ânions ou cátions podem ser significativamente encontradas sob a forma de partículas no ar, especialmente durante a poluição atmosférica. Geralmente, os ânions tais como sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) são partículas secundárias e geralmente dominam a poluição do ar. O cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) que surge a partir dos solos e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) que provêm de fontes marinhas são alguns exemplos de cátions [7].

Este artigo relata a concentração de chumbo, cátions e ânions no ar nas escolas primárias em Kuala Lumpur. Assim, as concentrações dos parâmetros entre o ar interno e o ar externo em todas as estações de amostragem são comparadas.

Tabela 1: Lista de estações de amostragem

Estação de amostra	Escolas primárias
A	SK Jalan Raja Muda Abdul Aziz
B	SK (L) Jalan Batu
C	SK Jalan Hang Tuah 1 dan 2
D	SK St. John 1 dan 2
E	SK (P) Pudu 1 dan 2
F	SK Convent Sentul 1 dan 2

Tabela 2: Concentração de Pb para ar interno e externo conforme as estações de amostragem

Estação de amostra	Concentração de Pb (g/g)	
	Ar interno	Ar externo
A	6.05 ± 1.14	3.90 ± 1.04
B	6.01 ± 0.62	3.25 ± 0.35
C	7.01 ± 0.08	3.53 ± 0.05
D	5.64 ± 0.09	4.09 ± 0.71
E	5.18 ± 1.08	3.33 ± 0.08
F	8.15 ± 0.52	3.99 ± 1.15

## 2. Metodologia

2.1. Área de Estudo. Este estudo foi realizado em Kuala Lumpur, que é uma cidade caracterizada por um tráfego altamente congestionado. Seis pontos de amostragem foram escolhidos por meio de amostragem aleatória, e o tamanho da população conhecida foi calculado. A Tabela 1 mostra a lista de estações de amostragem.

2.2. Amostragem e Análise. As partículas suspensas de ar interno e externo foram amostradas utilizando o amostrador de baixo volume (MiniVol PM<sub>10</sub>) por 24 h com papéis de filtro de fibra de vidro com tamanho de poro de 0.45 e diâmetro de 47mm. Os papéis de filtro foram então divididos em duas partes. A primeira metade foi utilizada para análise de ânions e cátions, enquanto a segunda metade foi usada para a análise de chumbo. Para a determinação da concentração de chumbo, uma parte do papel de filtro foi adicionada com ácido nítrico e ácido perclórico na proporção de 16: 4. Então, a mistura foi filtrada utilizando a bomba de vácuo com papéis de filtro de acetato de celulose (tamanho de poro 0.2mm), e 50 mL de água deionizada foi acrescentada. A concentração de chumbo nas amostras foi determinada usando a Espectrofotometria de Massa Plasma Acoplada (ICP-MS).

Para análise de ânions e cátions, a segunda parte do papel de filtro foi adicionada com 40 mL de água deionizada dentro do tubo de centrifugação. A centrifugação foi feita por 45 min a 1500 rpm. Então, a mistura foi filtrada utilizando a bomba de vácuo e 100 mL de água deionizada foi acrescentada. Todas as amostras foram colocadas em frascos de polietileno a 4°C. A concentração de cátions (Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, e K<sup>+</sup>) foi analisada utilizando a Espectroscopia de Absorção Atômica, enquanto a

concentração de ânions ( $\text{NO}_3^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ ) foi determinada usando um espectrofotômetro HACH DR 2800. Os dados foram então analisados utilizando o software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 16.

### 3. Resultados e Discussão

3.1. Concentração de Chumbo para o Ar Interno e Externo. Em geral, este estudo indicou que a concentração de chumbo foi maior no ar interno que no ar externo. Para o ar interno, as concentrações de chumbo foram na faixa de  $5.18 \pm 1.08$  g/g-  $7.01 \pm 0.08$  g/g. Para o ar externo, as concentrações de chumbo foram na faixa de  $3.25 \pm 0.35$  g/g- $4.09 \pm 0.71$  g/g (ver Tabela 2). Com base no teste de ANOVA unilateral, houve uma diferença significativa ( $P < 0.05$ ) para as concentrações de chumbo no ar interno. A estação F mostrou a maior concentração de chumbo para o ar interno e as salas de aula são perto da estrada principal, que era altamente congestionada nos horários de pico. Shen et al. [4] e Mohamed et al. [8] afirmam que os artigos de papelaria, pintura de mesa e capas coloridas de livro contribuem para o chumbo no ar interno.

3.2. Concentração de Cátions no Ar Interno e Externo. A concentração de  $\text{Mg}^{2+}$  no ar interno foi na faixa de 1.83-3.87 mg/g, enquanto a concentração de  $\text{Mg}^{2+}$  no ar externo foi de 2.63-4.41 mg/g (ver Tabela 3). A concentração de  $\text{Mg}^{2+}$  foi a mais baixa em comparação com outros cátions.  $\text{Mg}^{2+}$  é um dos componentes com alta concentração em aerossol de pulverizador marítimo, que estava longe dos pontos de amostragem. Em seguida, para  $\text{Ca}^{2+}$ , a faixa de concentração foi bastante elevada,  $30.30 \pm 2.09$  mg/g- $48.33 \pm 1.97$  mg/g no ar interno, enquanto a faixa de concentração do ar externo foi  $39.51 \pm 5.01$  mg/g- $65.13 \pm 9.42$  mg/g (ver Tabela 3).

Esta constatação poderia ser devido ao cátion existir naturalmente nos solos e na crosta terrestre; assim possui maior concentração no ar interno que no ar externo. A estação A apresentou a maior concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  no ar externo. O  $\text{Ca}^{2+}$  interno provavelmente poderia vir da poeira do solo introduzida no ambiente interno. Esta constatação foi devido ao projeto de construção localizado no complexo escolar. Houve uma diferença significativa nas concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  tanto para o ar interno como externo baseada em resultados estatísticos. A concentração de  $\text{K}^+$  para o ar interno foi na faixa de  $38.07 \pm 1.03$ - $60.56 \pm 3.71$  mg/g, enquanto a concentração de  $\text{K}^+$  para o ar externo foi na faixa de  $37.64 \pm 5.33$  mg/g- $66.33 \pm 7.54$  mg/g (ver Tabela 3). Os resultados estatísticos mostram que a diferença significativa na concentração de  $\text{K}^+$  foi apenas no ar externo.  $\text{K}^+$  é um mineral encontrado na crosta terrestre. O mineral é transferido das rochas para o solo [9].

3.3. Concentração de Ânions no Ar Interno e Externo. A concentração de  $\text{SO}_4^{2-}$  no ar interno em todos os pontos de amostragem foi na faixa de  $21.76 \pm 1.13$  g/g- $23.42 \pm 0.91$  g/g, enquanto a concentração de  $\text{SO}_4^{2-}$  no ar externo foi na faixa de  $22.89 \pm 2.04$  g/g- $23.95 \pm 0.92$  g/g (ver Tabela 4). A concentração do íon  $\text{SO}_4^{2-}$  foi elevada no ar externo devido às emissões de veículos a motor no tráfego pesado nas proximidades das escolas. A emissão de poluentes antropogênicos como o dióxido de enxofre, de escape de veículos, e emissões naturais da decomposição de plantas e animais podem aumentar a concentração de  $\text{SO}_4^{2-}$  no ar [10]. A concentração de  $\text{NO}_3^-$  no ar interno foi na faixa de  $21.34 \pm 0.97$  g/g- $24.80 \pm 0.58$  g/g, enquanto a concentração de  $\text{NO}_3^-$  no ar externo foi de  $29.72 \pm 0.31$  g/g- $32.00 \pm 0.75$  g/g (ver Tabela 4). Em geral, a concentração de  $\text{NO}_3^-$  foi encontrada mais alta no ar externo que no ar interno. Combustíveis e a emissão de gases de escape dos veículos a motor foram as principais fontes de ânions no ar.

Tabela 3: Concentração de  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , e  $\text{K}^+$  para o ar interno e externo de acordo com as estações de amostragem.

Estação de amostra	$\text{Mg}^{2+}$ (mg/g)		$\text{Ca}^{2+}$ (mg/g)		$\text{K}^+$ (mg/g)	
	Interno	Externo	Interno	Externo	Interno	Externo
A	$3.87 \pm 0.05$	$4.41 \pm 1.07$	$47.65 \pm 2.12$	$65.13 \pm 9.42$	$60.56 \pm 3.71$	$61.69 \pm 5.24$
B	$3.06 \pm 0.18$	$3.28 \pm 1.54$	$48.33 \pm 1.97$	$61.49 \pm 9.67$	$38.07 \pm 1.03$	$37.64 \pm 5.33$
C	$2.59 \pm 0.99$	$3.23 \pm 1.89$	$38.85 \pm 0.72$	$56.03 \pm 9.72$	$52.80 \pm 1.41$	$66.33 \pm 7.54$
D	$2.64 \pm 0.87$	$3.03 \pm 0.74$	$36.92 \pm 1.56$	$52.34 \pm 7.16$	$45.09 \pm 1.09$	$64.25 \pm 4.92$
E	$1.83 \pm 0.39$	$2.81 \pm 1.93$	$40.8 \pm 0.53$	$60.56 \pm 4.93$	$48.74 \pm 1.34$	$50.16 \pm 4.36$
F	$1.88 \pm 0.11$	$2.63 \pm 0.12$	$30.30 \pm 2.09$	$39.51 \pm 5.01$	$58.23 \pm 0.97$	$49.28 \pm 5.05$

Tabela 4: Concentração de SO<sub>42-</sub> e NO<sub>3-</sub> para o ar interno e externo de acordo com as estações de amostragem.

Estação de amostra	SO <sub>42-</sub> (mg/g)		NO <sub>3-</sub> (mg/g)	
	Interno	Externo	Interno	Externo
A	21.76 ± 1.13	22.89 ± 2.04	25.36 ± 0.76	31.10 ± 0.08
B	22.81 ± 0.55	23.09 ± 1.35	23.17 ± 1.56	32.00 ± 0.75
C	23.42 ± 1.91	23.95 ± 2.51	21.79 ± 0.38	30.93 ± 0.41
D	23.05 ± 2.43	23.38 ± 2.74	22.53 ± 1.21	30.72 ± 0.26
E	22.76 ± 1.81	23.73 ± 1.21	24.80 ± 0.58	29.53 ± 0.63
F	22.71 ± 2.14	24.52 ± 1.03	21.34 ± 0.97	29.72 ± 0.31

#### 4. Conclusão

A concentração de chumbo para o ar interno e externo nas estações de amostragem não excedeu ao padrão 1.5 g/m<sup>3</sup> proporcionado pelo Departamento de Meio Ambiente. Mas o nível de contaminantes deve ser monitorado de tempos em tempos porque a exposição à alta concentração de chumbo pode causar efeitos crônicos de saúde. Todas as estações de amostragem mostraram concentrações de cátions e ânions foram maiores no ar externo que no ar interno. Esta constatação pode ser devido ao ambiente externo ser exposto a fontes mais elevadas desses cátions e ânions. A concentração relativa de cátions neste estudo foi Ca<sup>2+</sup> > K<sup>+</sup> > Mg<sup>2+</sup>, enquanto a de ânions foi NO<sub>3-</sub> > SO<sub>42-</sub>.

#### Conflito de Interesses

Os autores declaram que não há nenhum conflito de interesses sobre a publicação deste artigo.

#### Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer seu assistente de pesquisa do Departamento de Ciência Ambiental, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universiti Kebangsaan Malaysia. Aos assistentes de laboratório da Faculdade de Ciências e Tecnologia e Faculdade de Ciências da Saúde são também reconhecidos com gratidão.

## Referências

- [1] W. P. Cunningham, M. A. Cunningham, and B. W. Saigo, *Environmental Science: A Global Concern*, McGraw-Hill, New York, NY, USA, 9th edition, 2005.
- [2] B. Chen, C. Hong, and H. Kan, “Exposures and health outcomes from outdoor air pollutants in China,” *Toxicology*, vol. 198, no. 1-3, pp. 291-300, 2004.
- [3] J. Hogervorst, M. Plusquin, J. Vangronsveld et al., “House dust as possible route of environmental exposure to cadmium and lead in the adult general population,” *Environmental Research*, vol. 103, no. 1, pp. 30-37, 2007.
- [4] X. Shen, J. F. Rosen, D. Guo, and S. Wu, “Childhood lead poisoning in China,” *The Science of the Total Environment*, vol. 181, no. 2, pp. 101-109, 1996.
- [5] S. T. Y. Tong and K. C. Lam, “Home sweet home? A case study of household dust contamination in Hong Kong,” *Science of the Total Environment*, vol. 256, no. 2-3, pp. 115-123, 2000.
- [6] M. M. Kadir, N. Z. Janjua, S. Kristensen, Z. Fatmi, and N. Sathiakumar, “Status of children’s blood lead levels in Pakistan: implications for research and policy,” *Public Health*, vol. 122, no. 7, pp. 708-715, 2008.
- [7] R. Tsitouridou, D. Voutsas, and T. Kouimtzis, “Ionic composition of PM10 in the area of Tessaloniki, Greece,” *Chemosphere*, vol. 52, no. 5, pp. 883-891, 2003.
- [8] N. Mohamed, R. Ishak, R. Rahmat, and D. Abdul Rahim, “A study of lead levels in stationeries available in the market,” *NCD Malaysia*, vol. 3, no. 3, pp. 2-5, 2004.
- [9] J. Lim, L. D. Sabin, K. C. Schiff, and K. D. Stolzenbach, “Concentration, size distribution, and dry deposition rate of particle-associated metals in the Los Angeles region,” *Atmospheric Environment*, vol. 40, no. 40, pp. 7810-7823, 2006.
- [10] V. Ariola, A. D’Alessandro, F. Lucarelli et al., “Elemental characterization of PM10, PM2.5 and PM1 in the town of Genoa, Italy,” *Chemosphere*, vol. 62, no. 2, pp. 226-232, 2006.