

Concentrações *indoor* de material particulado 2,5 em serviço de emergência pediátrica

Indoor concentrations of particulate matter 2.5 in a Pediatric Emergency Service

Catiane Zanin Cabral^{a,*} , Alan da Silveira Fleck^a , Fernanda Chaves Amantéa^a ,
Claudia Ramos Rhoden^a , Sérgio Luis Amantéa^a 

RESUMO

Objetivo: Avaliar a qualidade do ar na sala de espera de um serviço de emergência pediátrica pelas concentrações ambientais seriadas de material particulado (MP_{2,5}) e determinar se o número de pessoas presentes no ambiente influencia as concentrações do poluente.

Métodos: Estudo transversal, realizado na sala de espera de um hospital pediátrico de referência na cidade de Porto Alegre, conduzido ao longo de um ano, com um período de amostragem temporal contínua com duração de uma semana, em todas as quatro estações do ano. O monitoramento do MP_{2,5} foi realizado por meio de um monitor de aerossol em tempo real (DustTrak II). O número de pessoas no ambiente foi determinado a cada hora e as características climáticas por média diária. As concentrações de MP_{2,5} e o número de pessoas foram expressos por médias e desvio padrão. As médias foram comparadas por análise de variância e pelo coeficiente de correlação de Pearson.

Resultados: Houve aumento significativo na concentração do MP_{2,5} no outono, quando comparado com as outras estações ($p < 0,001$). O aumento desse poluente, nessa estação, esteve acompanhado de maior número de pessoas na emergência ($p = 0,026$). A associação entre MP_{2,5} e número de pessoas é ratificado pela correlação positiva entre essas duas variáveis ($r = 0,738$; $p < 0,001$).

Conclusões: A sala de espera da emergência pediátrica apresentou concentrações elevadas de MP_{2,5} durante todas as estações do ano. O número de pessoas no ambiente guardou correlação positiva com as concentrações do poluente no ambiente.

Palavras-chave: Poluição do ar; Serviços médicos de emergência; Material particulado.

ABSTRACT

Objective: To evaluate air quality in the waiting room of a pediatric emergency service considering the serial concentrations of particulate matter (PM_{2.5}), and to determine if the number of people present in the room can have an influence on the pollutant concentrations.

Methods: Cross-sectional study, carried out in the waiting room of a reference pediatric hospital in the city of Porto Alegre, conducted in a one-year period, in a continuous-time sample including all of the four seasons of the year. The monitoring of PM_{2.5} was performed using a real-time aerosol monitor (DustTrak II). The number of people in the room was determined every hour and the climatic characteristics per daily mean. The concentration of PM_{2.5} and the number of people were expressed by mean and standard deviation. The means were compared by Analysis of Variance and Pearson's correlation coefficient.

Results: There was a significant increase in the concentration of PM_{2.5} in the autumn, when compared to other seasons ($p < 0.001$). The pollutant increase, in this season, was accompanied by the higher number of people in the emergency room ($p = 0.026$). The association between PM_{2.5} and the number of people is confirmed by the positive correlation between these two variables ($r = 0.738$; $p < 0.001$).

Conclusions: The pediatric emergency waiting room showed elevated PM_{2.5} in all seasons. The number of people in the room had a positive correlation with the concentration of the pollutant in the environment.

Keywords: Air pollution; Emergency medical services; Particulate matter.

*Autora correspondente. E-mail: czcbiologia@gmail.com (C. Z. Cabral).

^aUniversidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, RS, Brasil.
Recebido em 24 de agosto de 2020; aprovado em 17 de janeiro de 2021.

INTRODUÇÃO

Observa-se que a exposição da população a poluentes atmosféricos pode ser mais alta em ambientes fechados que nos externos. Alguns estudos têm demonstrado que o material particulado 2,5 (MP_{2,5}) tem apresentado concentrações médias ambientais maiores dentro de casa do que no exterior. O contato individual com essa poluição *indoor* pode decorrer da exposição a uma série de fontes. Esse tipo de poluição geralmente é composto de produtos trazidos por pessoas em seus calçados, roupas e utensílios, além de poder ser carregado pelo vento quando da abertura de portas e janelas.¹⁻³ Ele está despertando um crescente interesse no campo de pesquisa, visto que as pessoas que estão expostas a um ambiente poluído *indoor* também podem estar mais suscetíveis à aquisição de doenças.⁴

Nesse contexto, a avaliação da qualidade do ar em hospitais tem sido sistematicamente apresentada por suas peculiaridades. Num hospital pediátrico, isso pode ser ainda mais interessante, tendo em vista o maior número de profissionais envolvidos na assistência ao paciente e a necessidade de acompanhamento pelos pais e/ou familiares no ambiente hospitalar.^{5,6} Nessa situação de maior trânsito advindo do ambiente externo, poderia haver aumento da presença de microrganismos e partículas no ar.^{7,8} Sob o ponto de vista assistencial, essa exposição em ambientes hospitalares superlotados tem potencial para impactar a morbidade e consequentemente influenciar até custos hospitalares.³

Recentemente, com o advento da pandemia por coronavírus, o assunto passou a despertar maior interesse. Guo et al. procuraram identificar a presença do SARS-CoV-2 no Hospital Huoshenshan em Wuhan (China) durante o período da epidemia. Foram capazes de demonstrar a presença do agente no ar ambiente e encontraram taxas elevadas da sua presença em pisos (até 70%) e solas de sapato (até 50%). Estabeleceram a hipótese que as partículas em suspensão no ar se depositariam no chão por ação da gravidade e poderiam ser carregadas pelos pés até para áreas livres de pacientes.⁹

Esse cenário faz com que o material particulado seja um dos mais críticos marcadores da qualidade do ar, tanto *indoor* quanto *outdoor*. Sua fração respirável (2,5 µm) é capaz de atingir a via aérea de pequeno calibre e promover deposição alveolar, além de ele estar associado à maior prevalência de inúmeras doenças respiratórias, cardiovasculares e metabólicas.¹⁰ Sendo assim, propusemo-nos a avaliar se a qualidade do ar na sala de espera de um serviço de emergência pediátrica sofre influência em função do número de pessoas circulantes no ambiente.

MÉTODO

Trata-se de estudo transversal com o objetivo de identificar a concentração de MP_{2,5} no ar ambiente da sala de

espera do departamento de emergência do Hospital da Criança Santo Antônio. A instituição está localizada em área central da capital (Porto Alegre) do Rio Grande do Sul (30°1'49.65"S/51°13'11.59"O). A estrutura física do departamento de emergência situa-se na esquina de duas vias com intenso fluxo automotor. Uma delas é capaz de registrar a circulação de até 3.539 carros/hora (Empresa Pública de Transporte e Circulação — EPTC). A sala de espera da emergência pediátrica possui área de 60 m², altura de 2,80 m, quatro amplas áreas envidraçadas e uma única porta controladora do fluxo (entrada/saída). A área física é climatizada por equipamento de ar central com sistema de recirculação parcial, sem filtros especiais.

As amostras ambientais de MP_{2,5} foram coletadas sempre nas primeiras semanas das quatro estações do ano, ao longo de um ano: março (dias 22 a 28 — outono), junho (dias 23 a 29 — inverno), setembro (dias 24 a 30 — primavera), janeiro (dias 3 a 9 — verão).

O monitoramento de MP_{2,5} foi realizado no interior da sala de espera da emergência pediátrica, com equipamento posicionado a 150 cm do chão em área protegida de contato. Utilizamos um monitor de aerossol em tempo real (DustTrak II® Modelo 8532, ETI Incorporated, St. Paul, MN, EUA) equipado com um impactador que permite a entrada de partículas menores que 2,5 µm de diâmetro aerodinâmico. Essas partículas são transportadas para uma câmara óptica com um feixe de luz infravermelho que, por dispersão de luz, proporciona a medição de partículas em tempo real. O fluxo de ar a ser aferido foi programado para 3 L/min. O equipamento estava programado para registrar a concentração média de MP_{2,5} a cada minuto.

O tempo de amostragem foi de 24 horas durante uma única semana de cada uma das quatro estações do ano. As condições meteorológicas nos períodos de amostragem do ar foram levantados no Instituto de Meteorologia de Porto Alegre.

A média do número total de pessoas na sala de espera foi obtida por contagem horária do número de pessoas no ambiente do ponto de vista do guichê administrativo (ambiente localizado em posição lateral, com total visão da sala de espera). Em ficha padronizada, uma funcionária registrava o número de pacientes e acompanhantes presentes na sala de espera em intervalos fixos de 60 minutos. No fim do dia, a soma do número (pacientes+acompanhantes) dos registros efetuados era dividido pelo número de horas, no caso, 24.

A concentração de MP_{2,5} e o número de pessoas no ambiente foram expressos de maneira descritiva por meio de médias e desvio padrão.

A comparação entre médias foi efetuada pela análise de variância (ANOVA de uma via), seguida pelo teste *post-hoc* de Bonferroni. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado para

verificar a normalidade da distribuição das variáveis. A associação entre as variáveis contínuas foi realizada pelo coeficiente de correlação de Pearson. O nível de significância adotado foi de 5% ($p \leq 0,05$) e as análises foram realizadas no programa Sigma Plot, versão 12.0.

RESULTADOS

A concentração média diária do $MP_{2,5}$ em cada estação do ano, assim como o número de pessoas presentes na emergência

hospitalar durante o período de monitoramento e as condições meteorológicas, está apresentada na Tabela 1.

Conforme demonstrado na Figura 1A, houve aumento significativo na concentração do $MP_{2,5}$ na estação do outono, quando comparado com as outras estações ($p < 0,001$). O aumento desse poluente, nessa estação, foi acompanhado pelo incremento do número de pessoas na emergência hospitalar ($p = 0,026$) (Figura 1B).

O comportamento simétrico entre $MP_{2,5}$ e número de pessoas registrado é comprovado pela correlação positiva entre essas duas variáveis, conforme mostra a Figura 2 ($r = 0,738$;

Tabela 1 Análise descritiva da concentração de material particulado 2,5, número de pessoas e condições meteorológicas em cada estação do ano.

Estação	Dias	MP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nº de pessoas por hora	Temperatura média ($^{\circ}\text{C}$)	Umidade (%)	Precipitação (mm)
Primavera	Dia 1	63,1	33,4	24,1	71,5	0,0
	Dia 2	34,1	31,5	24,4	65,8	1,5
	Dia 3	10,3	27,7	22,7	67,8	0,0
	Dia 4	10,2	23,8	26,3	61,5	0,0
	Dia 5	12,6	19,8	24,9	79,3	4,0
	Dia 6	27,4	17,5	21,1	73,5	9,3
	Dia 7	25,9	18,5	20,9	62,0	0,0
Verão	Dia 1	14,8	28,1	22,1	62,8	0,0
	Dia 2	13,4	10,4	22,4	61,3	0,0
	Dia 3	18,4	14,2	23,7	69,3	0,0
	Dia 4	15,3	13,2	24,9	66,8	0,0
	Dia 5	8,7	15,3	24,8	68,3	0,0
	Dia 6	8,8	12,1	25,6	71,5	0,0
	Dia 7	18,4	11,5	26,2	68,3	0,0
Outono	Dia 1	47,2	40,1	16,0	86,3	0,0
	Dia 2	65,4	33,3	15,5	84,4	0,0
	Dia 3	40,9	35,9	14,8	83,4	0,2
	Dia 4	54,5	36,4	14,7	76,4	0,0
	Dia 5	51,7	28,4	16,1	78,8	0,0
	Dia 6	64,4	28,5	15,3	89,3	3,0
	Dia 7	74,3	34,9	15,7	85,3	0,0
Inverno	Dia 1	48,0	31,2	19,4	79,0	6,5
	Dia 2	17,6	18,2	12,0	92,0	2,6
	Dia 3	13,4	24,8	10,8	96,0	22,6
	Dia 4	23,1	12,5	11,2	82,0	16,9
	Dia 5	47,9	27,7	11,8	79,0	0,1
	Dia 6	26,3	19,9	12,4	88,0	0,8
	Dia 7	18,0	25,5	9,3	87,0	3,6

MP: material particulado.

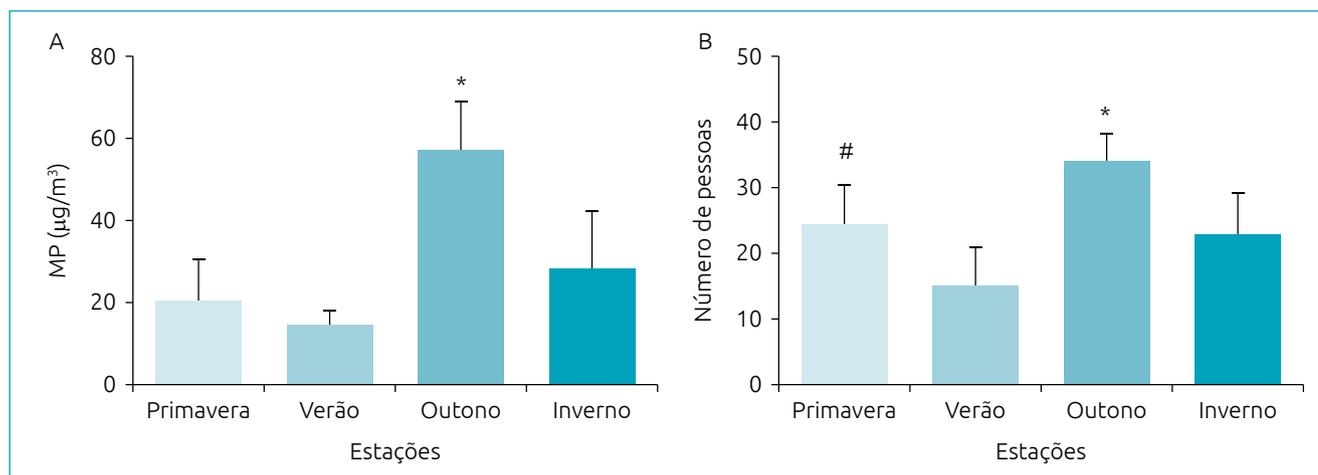


Figura 1 Concentração de material particulado 2,5 e número de pessoas em sala de espera de emergência de um hospital pediátrico nas quatro estações do ano. (A) Média de material particulado 2,5 em cada estação: *outono significativamente maior do que todas as outras estações ($p < 0,001$). (B) Média do número de pessoas na emergência em cada estação: *outono significativamente maior do que as outras estações ($p = 0,026$). #primavera significativamente maior do que verão ($p = 0,041$).

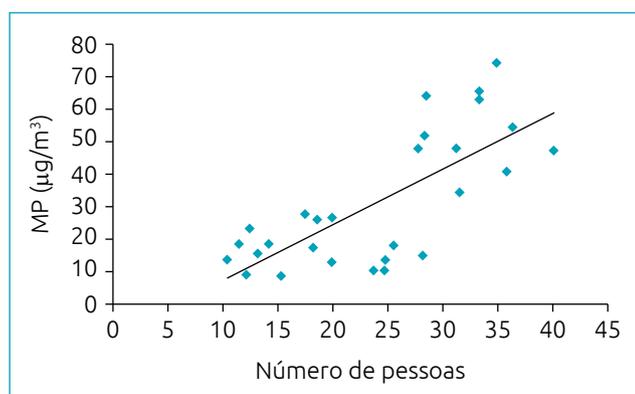


Figura 2 Correlação entre a concentração de material particulado 2,5 e o número de pessoas em sala de espera de emergência de um hospital pediátrico nas quatro estações do ano. Houve associação positiva significativa entre o número médio de pessoas por dia e o material particulado ($r_p = 0,738$; $p < 0,001$). Essa associação manteve-se significativa independentemente de temperatura, umidade e precipitação ($r_{\text{parcial}} = 0,651$; $p = 0,001$).

$p < 0,001$). Essa correlação é mantida mesmo quando ajustada para a possível influência das variáveis meteorológicas, como temperatura média, umidade e precipitação pluviométrica ($r = 0,651$; $p = 0,001$).

Isoladamente, o número de pessoas presentes na sala de espera variou conforme a estação do ano ($p < 0,05$). No verão, estação com menor número de pessoas na sala, o número médio foi de $15,0 \pm 5,5$ pessoas por hora, enquanto no outono, estação

com maior número de pessoas, a média foi de $33,9 \pm 3,9$ pessoas por hora. Inverno e primavera apresentaram respectivamente $22,8 \pm 5,8$ e $24,15 \pm 5,8$ pessoas por hora.

DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstram que o outono foi a estação do ano com as concentrações mais elevadas de $MP_{2,5}$ na sala de espera da emergência pediátrica. Tais concentrações de $MP_{2,5}$ foram superiores à preconizada pela Organização Mundial da Saúde, referentes à média diária de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para esse poluente.¹¹ Ainda encontramos associação entre as concentrações de $MP_{2,5}$ no ar e o incremento do número de pessoas no ambiente estudado.

Diversos fatores, incluindo o local no hospital, a temperatura, a umidade relativa do ar, a precipitação pluviométrica e o número de pessoas circulantes, foram controlados. Na presente investigação, o número de ocupantes da sala de espera esteve positivamente correlacionado com as concentrações de $MP_{2,5}$ referentes às medições feitas nas quatro estações do ano. Nosso resultado corrobora dados de Tang et al.¹² em seu estudo em uma unidade de terapia intensiva (UTI) médica em Taiwan, que verificou associação positiva entre a concentração de partículas e o número de pessoas circulantes no ambiente hospitalar. Em tal estudo, a concentração de CO_2 , MP_{10} e partículas grossas foi maior após o período de visitação ao paciente, quando comparada ao período de menor movimento, o que leva à conclusão de que a visita ao paciente impactou negativamente a atmosfera interna da UTI.

A qualidade do ar *indoor* pode ser influenciada pelas fontes internas de poluição, incluindo os hábitos dos indivíduos circulantes e o mau planejamento das instalações.¹³ Assim, os níveis de material MP_{2,5} no ambiente podem variar de acordo com o tipo e o número de atividades realizadas em cada local. Especificamente em relação a ambientes hospitalares, estudos anteriores têm demonstrado que a qualidade do ar *indoor* depende do número de pessoas presentes, do fluxo de indivíduos e da qualidade do sistema de ventilação.¹²⁻¹⁴

Outro fator que pode contribuir, de maneira indireta, na elevação da concentração do MP_{2,5} no ambiente é o fenômeno de ressuspensão. Estudos experimentais têm demonstrado a capacidade do material particulado ambiental depositado por ação da gravidade entrar em fenômeno de ressuspensão e voltar para o ar ambiente.¹⁵⁻¹⁸ Nessa eventualidade, o número de pessoas circulantes e o contato da sola do sapato com o piso podem ser fatores que justifiquem maiores concentrações de material particulado no ambiente.

A recente epidemia de COVID-19 tem trazido maiores preocupações com essa possibilidade, considerando-se a potencialidade de contaminação. Guo et al. foram os primeiros a considerá-la, uma vez que identificaram a presença de SARS-CoV-2 tanto no ar ambiente quanto em superfícies sólidas, incluindo pisos e solas de sapatos.⁹

Algumas limitações de nosso estudo devem ser citadas. A mais significativa é que não foi possível aferir as concentrações *outdoor* de MP_{2,5} durante os períodos de monitoramento, nem as características de dispersão dos ventos (velocidade e direção). Por essa razão, não é possível determinar se a concentração *outdoor* de MP_{2,5} pode ter influenciado diretamente nos níveis *indoor* encontrados. Entretanto, esse fato não nos impede de estabelecer a conclusão de que as concentrações ambientais de MP_{2,5} sofrem influência do número de pessoas presentes na sala de espera de nossa emergência hospitalar.

A superlotação dos serviços de emergência é um problema mundial e pode ser expresso pelo aumento da utilização do serviço em taxas 65% superiores à do crescimento da população

americana. Tal fenômeno resulta em diminuição da qualidade do atendimento, riscos assistenciais e, como podemos observar, até ambientais. As tentativas de melhorar o processo passam pela discussão de melhoria de fluxos, utilização de protocolos, estruturação de ferramentas de triagem, informatização de processos e dimensionamento adequado da força de trabalho, entre outras.^{19,20} Aspectos de estruturação dos ambientes de espera não encontram normatização universal, nem sequer destaque por parte da literatura. Em nosso país, uma política de implantação de unidades de pronto atendimento (UPA) tem estabelecido algumas normas de estruturação física para o ambiente de espera. Tais setores devem possuir área entre 24–72 m² e procurar atender ao dimensionamento mínimo de 1,2 m²/pessoa.²¹

Da mesma maneira que a literatura tem demonstrado associação da superlotação com prejuízos assistenciais, podemos observar que a saturação do ambiente físico da espera de uma emergência pode trazer prejuízos à qualidade do ar *indoor*.

Financiamento

O estudo não recebeu financiamento.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Contribuição dos autores

Desenho do estudo: Amantéa SL, Cabral CZ, Rhoden CR, Amantéa FC, Fleck AS. *Coleta de dados:* Amantéa SL, Cabral CZ, Fleck AS. *Análise dos dados:* Amantéa SL, Cabral CZ, Rhoden CR, Amantéa FC, Fleck AS. *Redação do manuscrito:* Amantéa SL, Cabral CZ, Rhoden CR, Amantéa FC, Fleck AS. *Revisão do manuscrito:* Amantéa SL, Cabral CZ, Amantéa FC. *Supervisão do estudo:* Amantéa SL, Cabral CZ, Rhoden CR, Amantéa FC, Fleck AS.

Declaração

O banco de dados que deu origem ao artigo está disponível com o autor correspondente.

REFERÊNCIAS

1. Cincinelli A, Martellin T. Indoor air quality and health. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14:1286. <https://doi.org/10.3390/ijerph14111286>
2. Saraga DE. Special issue on indoor air quality. *Appl Sci*. 2020;10:1501. <https://doi.org/10.3390/app10041501>
3. Schabrun S, Chipchase L. Healthcare equipment as a source of nosocomial infection: a systematic review. *J Hosp Infect*. 2006;63:239-45. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2006.01.008>
4. Haddad SH, Arabi YM, Memish ZA, Al-Shimemeri AA. Nosocomial infective endocarditis in critically ill patients: a report of three cases and review of the literature. *Int J Infect Dis*. 2004;8:210-6. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2003.10.007>

5. Fusco D, Forastiere F, Michelozzi P, Spadea T, Ostro B, Arcà M, et al. Air pollution and hospital admissions for respiratory conditions in Rome, Italy. *Eur Respir J*. 2001;17:1143-50. <https://doi.org/10.1183/09031936.01.00005501>
6. Wong GW, Ko FW, Lau TS, Li ST, Hui D, Pang SW, et al. Temporal relationship between air pollution and hospital admissions for asthmatic children in Hong Kong. *Clin Exp Allergy*. 2001;31:565-9. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2222.2001.01063.x>
7. Gammage RB, Kaye SV, Jacobs VA, editors. *Indoor and human health*. Chelsea (MI): Lewis Publishers; 1985.
8. Langmuir AD. Changing concepts of airborne infection of acute contagious diseases: a reconsideration of classic epidemiological theories. *Ann NY Acad Sci*. 1980;353:35-44. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1980.tb18903.x>
9. Guo ZD, Wang ZY, Zhang SF, Li X, Li L, Li C, et al. Aerosol and surface distribution of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 in hospital wards, Wuhan, China, 2020. *Emerg Infect Dis*. 2020;26:1586-91. <https://doi.org/10.3201/eid2607.200885>
10. Kim D, Choi HE, Gal WM, Seo SC. Five year trends of particulate matter concentrations in Korean regions (2015–2019): when to ventilate? *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17:5764. <https://doi.org/10.3390/ijerph17165764>
11. World Health Organization [homepage on the Internet]. WHO air quality guidelines for Europe. WHO air quality guidelines global updates 2005. Summary of risk assessment. Geneva: WHO; 2000 [cited 2020 Aug 13]. Available from: http://libdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf
12. Tang CS, Chung FF, Lin MC, Wan GH. Impact of patient visiting activities on indoor climate in a medical intensive care unit: a 1-year longitudinal study. *Am J Infect Control*. 2009;37:183-8. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2008.06.011>
13. YH Yau, Chandrasegaran D, Badarudin A. The ventilation of multiple-bed hospital wards in the tropics: a review. *Build Environ*. 2011;46:1125-32. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.11.013>
14. Cheong KW, Chong KY. Development and application of indoor air quality audit to an air-conditioned building in Singapore. *Build Environ*. 2001;36:181-8. [https://doi.org/10.1016/s0360-1323\(99\)00064-5](https://doi.org/10.1016/s0360-1323(99)00064-5)
15. Boor BE, Spilak MP, Corsi RL, Novoselac A. Characterizing particle resuspension from mattresses: chamber Study. *Indoor Air*. 2015;25:441-56. <https://doi.org/10.1111/ina.12148>
16. Lee HH, Cheung YS, Fu SC, Chao CY. Study of particle resuspension from dusty surfaces using a centrifugal method. *Indoor Air*. 2019;29:791-802. <https://doi.org/10.1111/ina.12576>
17. Lewis RD, Ong KH, Emo B, Kennedy J, Kesavan J, Elliot M. Resuspension of house dust and allergens during walking and vacuum cleaning. *J Occup Environ Hyg*. 2018;15:235-45. <https://doi.org/10.1080/15459624.2017.1415438>
18. Tian Y, Sul K, Qian J, Mondal S, Ferro AR. A comparative study of walking-induced dust resuspension using a consistent test mechanism. *Indoor Air*. 2014;24:592-603. <https://doi.org/10.1111/ina.12107>
19. Barata I, Brown KM, Fitzmaurice L, et al. Best practices for improving flow and care of pediatric patients in the emergency department. *Pediatrics* 2015;135:e273-83. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-3425>
20. Di Somma S, Paladino L, Vaughan L, Lalle I, Magrini L, Magnanti M. Overcrowding in emergency department: an international issue. *Intern Emerg Med*. 2015;10:171-5. <https://doi.org/10.1007/s11739-014-1154-8>
21. Programa Arquitetônico Mínimo para Unidade de Pronto Atendimento – UPA 24 horas [homepage on the Internet]. [cited 2020 Aug 13]. Available from: http://189.28.128.100/dab/docs/sistemas/sismob/programa_arquitetonico_upa_24h.pdf