

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR INTERIOR EM UNIDADES DE SAÚDE DA REGIÃO NORTE DE PORTUGAL

ASSESSMENT OF INDOOR AIR QUALITY IN HEALTH UNITS IN THE NORTHERN REGION OF PORTUGAL

Ana Sofia Silva¹, Nuno Ferreira²

¹Escola Superior de Saúde do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 400, 4200-072, Porto, Portugal, agr@ess.ipp.pt; ORCID 0000-0003-4026-5196

²Laboratório Regional de Saúde Pública em Braga, Largo Paulo Orósio, 4700-036 Braga, nuno.ferreiro@arsnorte.min-saude.pt

Abstract

Background: On average, people spend 90 per cent of their time indoors, and several studies show that indoor air quality (IAQ) is more contaminated than outdoor air quality. On the other hand, IAQ is one of the significant causes of morbidity and mortality for humans, and is a public health concern. **Objective:** The aim of this study was to assess indoor air quality in health centres in the northern region of mainland Portugal. **Methodology:** Seven family health units from the Tâmega II Vale do Sousa Sul Health Centre Group took part in this study. Microbiological and physicochemical pollutants were assessed at 24 workstations between April and May 2023. **Results and Discussion:** All the results obtained for the pollutants PM₁₀, PM_{2.5} and CO, CO₂ were in line with the protection thresholds laid down in the legislation. However, 21 per cent and 25 per cent of the results obtained for the pollutants VOC and formaldehyde, respectively, were above the protection thresholds. Fungi and viable microorganisms were detected in all the workplace. **Conclusions:** The IAQ of the healthcare units assessed can be classified as good, with no data to date affecting the health of workers, although continuous ventilation/air conditioning measures should be adopted at all workstations.

Keywords: Indoor Air Quality, Health Units, Microbiological pollutants, Physicochemical pollutants.

Resumo

Introdução: Em média, as pessoas passam 90% do seu tempo no interior de casas ou edifícios, sendo que diversos estudos revelam que a qualidade do ar interior (QAI) é mais contaminada do que a qualidade do ar exterior. Por outro lado, a QAI é uma das causas significativas de morbilidade e mortalidade para os humanos, sendo uma preocupação para a saúde pública. **Objetivo:** Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade do ar interior em unidades de saúde da região norte de Portugal Continental. **Metodologia:** Participaram neste estudo sete unidades de saúde familiares do Agrupamento de Centros de Saúde Tâmega II Vale do Sousa Sul. Foram avaliados poluentes microbiológicos e físico-químicos em 24 postos de trabalho, entre abril e maio de 2023. **Resultados e discussão:** Todos os resultados obtidos para os poluentes partículas PM₁₀, PM_{2.5} e CO, CO₂ encontravam-se em conformidade com os limiares de proteção previstos na legislação. Contudo, em 21% e 25% dos resultados obtidos para os poluentes COV e formaldeído respetivamente, foram superiores aos limiares de proteção. Em todos os postos de trabalho foram detetados fungos e microrganismos viáveis. **Conclusão:** A QAI das unidades de saúde avaliadas pode ser classificado como boa, não existindo até ao momento dados que afetem a saúde dos trabalhadores, devendo contudo ser adotadas medidas de ventilação/arejamento contínuo em todos os postos de trabalho.

Palavra-Chave: Qualidade do Ar Interior, Unidades de Saúde, Poluente microbiológicos, Poluentes físico-químicos.

Introdução

A Qualidade do Ar Interior (QAI) ganhou recentemente uma força substancial, no sentido em que as emissões atmosféricas e a transmissão de doenças respiratórias infecciosas, como a doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC), asma e insuficiência cardíaca, se tornam um problema crescente e de preocupação para a saúde pública (Ibrahim *et al.*, 2022).

A QAI é um termo que pretende abranger características físicas, químicas e biológicas do ar interior e a sua relação com a condição física e psicológica do ocupante, conforto e produtividade (Riggs, 2014; Klepeis *et al.*, 2001). Em países desenvolvidos, os humanos passam em média mais de 90% do seu tempo dentro de casa (Riggs, 2014; WHO, 2013), contudo, diversos estudos referem que o ar interior tende a ser mais contaminado

que o ar exterior, pelo facto de existirem poluentes emitidos pelos materiais de construção, produtos de consumo e atividades humanas (Lu *et al.*, 2017; Chen e Zhao, 2011; Chan, 2002; Klepeis *et al.*, 2001).

A poluição do ar, ou a má qualidade do ar, é reconhecida desde há muito tempo como uma causa significativa de morbilidade e mortalidade em humanos, e, portanto, é uma questão relevante para a saúde pública (Fonseca *et al.*, 2022; Upshur *et al.*, 2022; WHO, 2021; HEI, 2019). Vários estudos apontam para problemas de saúde relacionados com a poluição do ar, incluindo problemas neurológicos, comportamentais, cardiorrespiratórios, oncológicos e reprodutivos (Bouazza *et al.*, 2018; Choi *et al.*, 2018; Liu *et al.*, 2017; Szyszkowicz and Kousha, 2014; WHO, 2013).

Em 2019, a poluição atmosférica foi responsável por cerca de 6,7 milhões de mortes em todo o mundo, além do custo em anos de vida saudável (WHO, 2021; GBD, 2019), pelo que é essencial reduzir os impactos negativos na saúde (Mannan and Al-Ghamdi, 2021).

A QAI, é afetada por diversos fatores; i) qualidade do ar exterior, ii) atividades internas, iii) densidade de ocupantes interiores, iv) práticas de ventilação e manutenção e v) emissões intrínsecas; vi) aspetos de construção (projetos de dimensionamento, construção, mobiliário) (Fonseca *et al.*, 2022; Ibrahim *et al.*, 2022; Ingrid, 2017; Smielowska *et al.*, 2017).

Diversos estudos relatam queixas dos profissionais de saúde, como dores de cabeça, fadiga, secura e irritação dos olhos e na pele, que se encontram associados a uma QAI deficiente (Rollins *et al.*, 2020; Jafakesh *et al.*, 2019; Lasomsri *et al.*, 2019; Rautiainen *et al.*, 2019; Arikan *et al.*, 2018; Gayer *et al.*, 2018). Existe um grande interesse em estudar a QAI nas unidades de saúde (Fonseca *et al.*, 2022).

A avaliação da QAI nos cuidados de saúde, é de extrema importância a nível ocupacional (Fonseca *et al.*, 2022), uma vez que, é importante não só para prevenção das infeções hospitalares, como garantir a saúde, produtividade e bem-estar dos profissionais de saúde (Ingrid, 2017).

Em Portugal, o Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro, tem como objetivo, promover e melhorar o desempenho energético dos edifícios em funcionamento, estabelecendo para isso requisitos relacionados com a QAI, mediante o cumprimento de limiares de proteção e condições de referência.

A exposição a poluentes químicos, como partículas em suspensão PM_{2,5} e PM₁₀, respetivamente com diâmetro aerodinâmico inferior a 2,5 ou 10 micrómetros, têm a probabilidade de penetrar no aparelho respiratório, com efeitos negativos na saúde dos trabalhadores ou seus ocupantes. A exposição crónica a este poluente, aumenta o risco de desenvolvimento de doenças respiratórias e cardiovasculares e cancro de pulmão, contribuindo para agravar sintomas de outras doenças. Por outro lado, a Portaria n.º 138-G/2021, de 1 de julho, também preconiza a avaliação da exposição a Compostos Orgânicos Voláteis (COV), com efeitos na saúde ao nível da irritação das membranas mucosas, dor de cabeça, podendo causar, em concentrações elevadas disfunção neuropsicológica ou efeitos cancerígenos.

A exposição a poluentes microbiológicos, designadamente bactérias e fungos, bem como as substâncias tóxicas produzidas por estes microrganismos, constituem um grave risco para a saúde, desde os problemas mais frequentes com efeitos irritantes (olhos, nariz, pele), reações alérgicas (asma e rinite), até infeções (pneumonias, tuberculose, doenças do legionário) e a reações tóxicas (microtoxinas).

O objetivo do presente estudo, foi avaliar a qualidade do ar interior em unidades de saúde da região norte de Portugal Continental.

Metodologia

A avaliação da QAI foi realizada em sete Unidades de Saúde Familiar do Agrupamento de Centros de Saúde (ACES) Tâmega II Vale do Sousa Sul, entre abril e maio de 2023.

Os parâmetros avaliados foram os poluentes microbiológicos, designadamente bactérias e fungos e poluentes físico-químicos: o formaldeído (CH₂O), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), compostos orgânicos voláteis (COV), partículas com diâmetro aerodinâmico inferior a 2,5 µm (PM_{2,5}) e partículas com diâmetro aerodinâmico inferior a 10 µm (PM₁₀).

Para a medição dos parâmetros microbiológicos, bactérias e fungos, foi utilizado o monitor SAS Super 100 AirSample (Tabela 1). No sistema de ar de superfície (SAS - Surface Air System), o ar é aspirado a uma velocidade fixa durante um período de tempo variável, através de uma cabeça com uma série de pequenos orifícios, especialmente concebidos para essa finalidade. O fluxo de ar laminar resultante, é direcionado para a superfície de agar de uma placa de Petri, com meio de cultura para análises microbiológicas. Os meios de cultura utilizados para a quantificação de bactérias e fungos, foram *Plate Count Agar* e *Saboraud Dextrose Agar*, respetivamente. Após a conclusão do ciclo de amostragem selecionado, as placas de Petri foram retiradas e incubadas. Estas foram colocadas em estufa de incubação a 30 °C/72 horas (crescimento e quantificação de bactérias) e em estufa de incubação refrigerada a 22 °C/7 dias (crescimento e quantificação de fungos). Após cumprimento dos respetivos períodos de incubação, os microrganismos foram quantificados e considerados para efeitos de avaliação dos níveis de contaminação.

Para a medição dos poluentes físico-químicos, foram utilizados os equipamentos que se encontram descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Equipamento utilizado na medição de poluentes microbiológicos e físico-químicos.

Parâmetro	Equipamento	Modelo	N.º Série
Agentes microbiológicos	SAS Super 100/180 Air Sample	SAS Super IAQ	22-D-17814
Dióxido de Carbono	Monitor Testo 440	0632 1550	58624105
Temperatura		0632 1550	58624105
Humidade		0632 1550	58624105
Monóxido de Carbono		0632 1270	20927938
Formaldeído	Monitor de formaldeído	Modelo htV	F18950
Partículas em suspensão (PM 2,5 e PM 10)	Monitor de partículas Séries 500/ Sensor de gás	PM2.5/PM10	SHPM 5004- 9BA1-001
Compostos Orgânicos Voláteis		VOC PID-0-30 ppm	VOC-0812211- 003

Todos os equipamentos de medição, foram calibrados em laboratório externo acreditado, com a periodicidade estabelecida no plano de calibração dos mesmos do Serviço de Segurança e Saúde da Administração Regional de Saúde do Norte. Os Meios de Cultura, Equipamentos de Incubação utilizados e Metodologias de Quantificação dos microrganismos para a avaliação dos poluentes microbiológicos, foram disponibilizados e executados em colaboração com o Laboratório Regional de Saúde Pública em Braga.

As medições da QAI foram realizadas nos seguintes espaços: secretaria - espaço amplo em contacto com a sala de espera dos utentes, dotado de secretárias, cadeiras e impressoras, gabinetes médicos (1, 6, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17) – dotados de uma secretária, impressora, marquesa, três cadeiras e um armário), backoffice – espaço individualizado, com impressoras, ficheiros clínicos, cadeiras e secretárias, gabinete vulneáveis/sala B1/sala B2/gabinete polivalente – gabinetes de enfermagem, dotados de uma marquesa, secretária, impressora, balcão e armário de material de enfermagem.

Resultados e Discussão

Estudos da qualidade do ar interior realizados em unidades de saúde são mais escassos comparados com os estudos da QAI realizados em escolas, residências e edifícios comerciais (Lucialli *et al.*, 2020; Chamseddine *et al.*, 2019; Baurès *et al.*, 2018).

Os resultados obtidos para os poluentes físico químicos encontram-se descritos na Tabela 2.

Para os poluentes partículas PM₁₀, PM_{2,5} e CO, CO₂, todos os valores obtidos nos 24 postos de trabalho de 7 unidades de saúde familiares do ACES Tâmega II Vale do Sousa Sul, estão em conformidade com os limiares de proteção, previstos na Portaria 138-G/2021 de 1 de julho.

No entanto, os resultados obtidos para os COV, foram superiores aos limiares de proteção em 21% dos resultados obtidos, na unidade A, D e H. A explicação para estes resultados deve-se a fontes interiores, como impressoras, produtos de limpeza, produtos químicos e mobiliário (Gola *et al.*, 2019; Baurès *et al.*, 2018). A literatura refere que a exposição a COV, tem efeitos na saúde ao nível da irritação das membranas mucosas, dor de cabeça, podendo acusar, em concentrações elevadas disfunção neuropsicologia ou efeitos cancerígenos (Gola *et al.*, 2019; Baurès *et al.*, 2018).

Para o poluente formaldeído (CH₂O), apenas 25% dos resultados foram superiores ao limiar de proteção, nas unidades de saúde familiar A, B, D e H. O facto deste poluente ser muito volátil, não possibilita que a sua avaliação seja realizada do mesmo modo que os restantes compostos orgânicos voláteis. O seu peso molecular é muito baixo, pelo que mesmo concentrações baixas sejam capazes de causar irritação na garganta, nos olhos e no nariz (Rufo *et al.*, 2023). Segundo a Organização Mundial de Saúde e a Agência Portuguesa do Ambiente, as fontes de emissão deste composto poderão ser de carácter intermitente ou permanente. Na base da sua ocorrência, encontram-se os desinfetantes, carpetes, espumas para isolamento, tintas, colas e vernizes, essencialmente produtos à base de CH₂O. Contudo, a sua concentração depende da ventilação, temperatura exterior e interior e humidade, pelo que este resultado pode ser explicado pela ausência de ventilação natural neste local (janelas fechadas). O formaldeído é um composto com reconhecidos efeitos toxicológicos, em particular irritação do trato respiratório e olhos, sendo um agente classificado com o potencialmente cancerígeno.

Perante os valores obtidos, recomenda-se para as unidades de saúde A, B, D e H a abertura de portas e janelas, aumentando os níveis de ventilação nestes espaços.

Tabela 2. Resultados dos poluentes físico-químicos.

Unidade de saúde	Posto de trabalho	Valor PM _{2,5} (µg/m ³)	Limiar de proteção PM _{2,5} (µg/m ³)	Valor PM ₁₀ (µg/m ³)	Limiar de proteção PM ₁₀ (µg/m ³)	Valor COV (µg/m ³)	Limiar de proteção COV (µg/m ³)	Valor CO (mg/m ³)	Limiar de proteção CO (ppm)	Valor CO ₂ (ppm)	Limiar de proteção CO ₂ (ppm)	Valor CH ₂ O (ppm)	Limiar de proteção CH ₂ O (ppm)	Valor Humidade relativa (%) ¹	Valor Temperatura (°C) ²
A	Secretaria	1		10		470		0		572		0,02		31,2	20,6
	Gabinete 1	2		12		3660		0		998		0,01		38,2	22,1
	Gabinete 9	4		20		2460		0,8		1417		0,09		44,7	22,0
B	Backoffice	1		5		150		0,81		678		0,01		34,9	22,0
	Gabinete 16	2		10		820		0		739		0,05		34,7	22,7
	Gabinete 14	2		11		320		0		608		0,09		30,0	23,0
C	Backoffice	5		15		870		0		632		0,04		46,1	22,4
	Gabinete 9	5		14		450		0		700		0,05		44,4	23,7
	Gabinete 13	6		14		430		0,7		600		0,01		45,2	22,9
D	Secretaria	4		15		3770		0		1297		0,33		67,1	21,7
	Gabinete vulneráveis	3		12		3710		0,8		1261		0,28		67,8	21,6
	Gabinete polivalente	4	25*	14	50*	4320	600*	0,9	9	1451	1250 ⁺	0,46	0,08	66,0	22,1
E	Gabinete 15	6		1,6		1000		0,9		740		0,06		59,5	22,3
	Gabinete 14	5		17		830		1		740		0,07		53,0	23,9
	Secretaria	6		18		540		1,1		728		0,06		49,8	25,2
F	Gabinete 8	4		14		220		0,9		680		0		53,2	23,2
	Gabinete 6	6		20		380		0		732		0,03		48,4	21,0
	Secretaria	6		18		290		0		540		0		37,2	21,6
G	Backoffice	4		14		310		0		678		0,02		35,0	22,7
	Gabinete 10	3		15		70		0		517		0,01		35,6	23,2
	Gabinete 17	4		17		630		0		1032		0,02		47,9	23,4
H	Sala B2	4		19		610		0		594		0,08		59,7	20,8
	Sala B1	3		17		4340		0		744		0,16		54,6	23,0
	Secretaria	4		22		700		0,7		585		0,02		55,7	22,4

* - Segundo a Portaria 138-G/2021 de 1 de julho está prevista uma margem de tolerância de 100%

+ - Segundo a Portaria 138-G/2021 de 1 de julho está prevista uma margem de tolerância de 30%

1 - Segundo o DL 243/86 de 20 de agosto a HR deve oscilar entre os 50% e 70% e 30% a 60% ISO 7730/2005, Norma EN 15242:2007

2 - Segundo o DL 243/86 de 20 de agosto a temperatura deve entre os 18 °C e 22 °C

Os resultados para os poluentes microbiológicos, encontram-se descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados dos poluentes microbiológicos.

Unidade de saúde	Posto de trabalho	Presença de fungos/bolores	Fungos (UFC/m ³)	Microorganismos viáveis a 30 °C (UFC/m ³) ¹
A	Secretaria	Não	69	47
	Gabinete 1	Não	17	23
	Gabinete 9	Parede e teto	22	145
B	Backoffice	Paredes e teto	46	37
	Gabinete 16	Paredes e teto	37	45
	Gabinete 14	Paredes e teto	45	29
C	Backoffice	Parede	6	51
	Gabinete 9	Parede	5	41
	Gabinete 13	Parede	6	32
D	Secretaria	Teto	40	62
	Gabinete vulneráveis	Paredes e teto	29	49
	Gabinete polivalente	Não	44	59
E	Gabinete 15	Paredes e teto	26	79
	Gabinete 14	Paredes e teto	32	48
	Secretaria	Teto	77	72
F	Gabinete 8	Paredes e teto	25	29
	Gabinete 6	Não	30	179
	Secretaria	Não	24	41
G	Backoffice	Não	26	1
	Gabinete 10	Não	31	38
	Gabinete 17	Paredes e teto	27	48
H	Sala B2	Não	40	36
	Sala B1	Não	30	55
	Secretaria	Não	56	64

1 – condições de referência [UFC/m³] - Concentração de bactérias totais no interior inferior à concentração no exterior, acrescida de 350 UFC/m³

Em todos os postos de trabalho, foram quantificados fungos e bactérias (microrganismos viáveis a 30 °C), embora não se tivessem identificado estes microrganismos (Figuras 1 e 2) visíveis a olho nú em placa após o período de incubação respetivo. No entanto, em 54% dos postos de trabalho, existiam sinais evidentes de humidade (Tabela 3), embora nenhum dos trabalhadores tenha manifestado qualquer tipo de queixa. A presença de fungos e bactérias no ar interior, pode originar problemas ao nível da saúde do trabalhador, como reações alérgicas, infeções e reações tóxicas. Recomenda-se a identificação destes microrganismos, assim como o aumento dos níveis de ventilação.

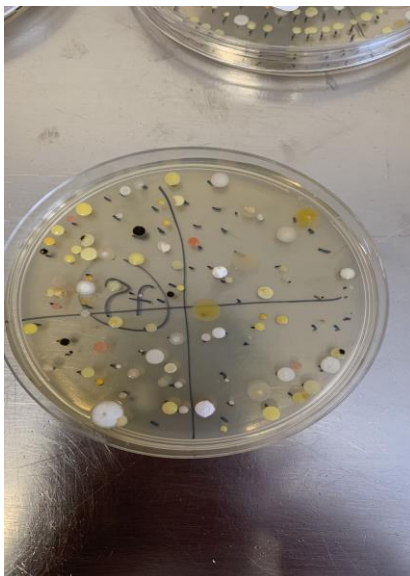


Figura 1. Exemplo da quantificação de bactérias em placa com incubação a 30 °C/72 horas(2023).



Figura 2. Exemplo da quantificação de Fungos em placa com incubação a 22 °C/7 dias (2023).

Os principais fatores que favorecem a proliferação de microrganismos no ar interior são: humidade relativa elevada, disponibilidade de nutrientes, ventilação reduzida, ausência de arejamento e temperatura adequada ao seu desenvolvimento ou à existência de fontes de contaminação interiores (materiais de construção e de decoração, infiltrações de água, ocupantes dos espaços e hábitos) e exteriores (fontes de tomada de ar).

Conclusão

O não cumprimento das diretrizes da OMS para a qualidade do ar interior, é frequentemente relatada em diversos estudos, pelo que existe evidência de mais investimento em pesquisas nesta área. Os ambientes interiores, são caracterizados por uma série de fatores, que podem influenciar a saúde e o conforto dos ocupantes de edifícios. Um ambiente interior saudável, caracteriza-se por uma Boa QAI.

Este estudo, permitiu concluir que, a QAI nas sete Unidades de Saúde Familiar é boa, embora se tenha ultrapassado alguns valores para os poluentes COV e formaldeído, pontualmente em alguns postos de trabalho. Apesar de nenhum dos trabalhadores terem manifestado queixas aquando a realização das medições

de QAI, sabe-se que estes poluentes a longo prazo, podem ter efeitos adversos na saúde, sendo importante adotar medidas adequadas de arejamento e de ventilação em todos os espaços.

O presente estudo teve algumas limitações, nomeadamente o número de postos de trabalho a avaliar, que poderá ter condicionado os resultados obtidos. Embora os postos de trabalho tenham atividades semelhantes, a sua localização (pisos diferentes) e dimensão/ocupação, poderiam originar resultados diferentes.

Futuramente, pretende-se alargar este estudo a outros postos de trabalho e a outras unidades de saúde do ACES Tâmega II Vale do Sousa Sul.

References

- Abbasi, F.; Samaei, M.R.; Manoochehri, Z.; Jalili, M.; Yazdani, E.(2020). The effect of incubation temperature and growth media on index microbial fungi of indoor air in a hospital building in Shiraz, Iran. *J. Build. Eng.* 2020, 31, 101294.
- Arikan, 'I.; Tekin, Ö.F.; Erbas, O. (2018). Relationship between sick building syndrome and indoor air quality among hospital staff. *Med. Lav.* 2018, 109, 435–443.
- Asif, A.; Zeeshan, M.; Hashmi, I.; Zahid, U.; Bhatti, M.F. (2018). Microbial quality assessment of indoor air in a large hospital building during winter and spring seasons. *Build. Environ.* 2018, 135, 68–73.
- Awad, A.H.; Saeed, Y.; Hassan, Y.; Fawzy, Y.; Osman, M. (2018). Air microbial quality in certain public buildings, Egypt: A comparative study. *Atmos. Pollut. Res.* 2018, 9, 617–626.
- Baurès, E.; Blanchard, O.; Mercier, F.; Surget, E.; le Cann, P.; Rivier, A.; Gangneux, J.-P.; Florentin, A. (2018). Indoor air quality in two French hospitals: Measurement of chemical and microbiological contaminants. *Sci. Total Environ.* 2018, 642, 168–179.
- Bouazza, N., Foissac, F., Urien, S. *et al.* (2018). Fine particulate pollution and asthma exacerbations. *Arch Dis Child.* 103(9):828–831. doi:10.1136/archdischild-2017-312826.
- Chamseddine, A.; Alameddine, I.; Hatzopoulou, M.; El-Fadel, M. (2019). Seasonal variation of air quality in hospitals with indoor–outdoor correlations. *Build. Environ.* 2019, 148, 689–700.
- Chan, A. T. (2002). Indoor-outdoor Relationships of Particulate Matter and Nitrogen Oxides under Different Outdoor Meteorological Conditions. *Atmos. Environ.* 36, 1543–1551. doi:10.1016/S1352-2310(01)00471-X
- Chen, C., and Zhao, B. (2011). Review of Relationship between Indoor and Outdoor Particles: I/O Ratio, Infiltration Factor and Penetration Factor. *Atmos. Environ.* 45, 275–288. doi:10.1016/j.atmosenv.2010.09.048
- Choi, J., Oh, J.Y., Lee, Y.S. *et al.* (2018). Harmful impact of air pollution on severe acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease: particulate matter is hazardous. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 13:1053–1059. doi:10.2147/COPD.S156617.
- Cox-Ganser, J.M.; Rao, C.Y.; Park, J.H.; Schumpert, J.C.; Kreiss, K. (2019). Asthma and respiratory symptoms in hospital workers related to dampness and biological contaminants. *Indoor Air* 2009, 19, 280–290.
- Fonseca, A., Abreu, I., Guerreiro, M.J., Barros, N. (2022). Indoor Air Quality in Healthcare Units – A Systematic Literature Review Focusing Recent Research. *Sustainability* 2022, 14, 967. <https://doi.org/10.3390/su14020967>
- Gayer, A., Adamkiewicz, Ł., Mucha, D., Badyda, A. (2018). Air quality health indices - review. *MATEC Web Conf.* 2018; 247:00002. doi:10.1051/mateconf/201824700002.
- Global Burden of Disease Collaborative Network. Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019) Under-5 Mortality and Adult Mortality 1950–2019; Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) Publisher: Seattle, WA, USA, 2020.
- Gola, M.; Settimo, G.; Capolongo, S. (2019). Indoor Air Quality in Inpatient Environments: A Systematic Review on Factors that Influence Chemical Pollution in Inpatient Wards. *J. Healthc. Eng.* 2019, 2019, 1–20.
- Health Effects Institute (2019). State of Global Air 2019. *Spec. Rep.* 1, 2578–6873.
- Ibrahim, F., Samsudin E. Z., Ishak. A.R., Sathasivam, J. (2022). Hospital indoor air quality and its relationships with building design, building operation, and occupant-related factors: A mini-review. *Front. Public Health* 10:1067764. doi: 10.3389/fpubh.2022.1067764
- Ingrid JS. (2017). Indoor air quality – buildings design. *MATEC Web Conf.* (2017) 93:03001. doi: 10.1051/mateconf/20179303001
- Jafakesh, S.; Mirhadian, L.; Roshan, Z.A.; Hosseini, M.J.G. (2019). Sick Building Syndrome in Nurses of Intensive Care Units and Its Associated Factors. *J. Holist. Nurs. Midwifery* 2019, 29, 23–30.

- Klepeis, N. E., Nelson, W. C., Ott, W. R., Robinson, J. P., Tsang, A. M., Switzer, P., *et al.* (2001). The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a Resource for Assessing Exposure to Environmental Pollutants. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 11, 231–252. doi:10.1038/sj.jea.7500165
- Lasomsri, P.; Yanbuaban, P.; Kerdpoca, O.; Ouypornkochagorn, T. A (2018). Development of Low-Cost Devices for Monitoring Indoor Air Quality in a Large-Scale Hospital. In Proceedings of the 15th International Conference Electrical Engineering Computer Telecommunications Information Technology (ECTI-CON), Chiang Rai, Thailand, 18–21 July 2018; pp. 282–285.
- Liu, H., Tian, Y., Song, J. *et al.* (2017). Effect of ambient air pollution on hospitalization for heart failure in 26 of China's largest cities. *The American Journal of Cardiology*, 121(5):628–633. doi:10.1016/j.amjcard.2017.11.039.
- Lu, C.-Y., Tsai, M.-C., Muo, C.-H., Kuo, Y.-H., Sung, F.-C., and Wu, C.-C. (2017). Personal, Psychosocial and Environmental Factors Related to Sick Building Syndrome in Official Employees of Taiwan. *Ijerph* 15, 7. doi:10.3390/ijerph15010007
- Lucialli, P.; Marinello, S.; Pollini, E.; Scaringi, M.; Zauli, S.; Marchesi, S.; Cori, L. (2020). Indoor and outdoor concentrations of benzene, toluene, ethylbenzene and xylene in some Italian schools evaluation of areas with different air pollution. *Atmos. Pollut. Res.* 2020, 11, 1998–2010.
- Mannan, M.; Al-Ghamdi, S.G. (2021). Indoor air quality in buildings: A comprehensive review on the factors influencing air pollution in residential and commercial structure. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 3276.
- Rautiainen, P.; Hyttinen, M.; Ruokolainen, J.; Saarinen, P.; Timonen, J.; Pasanen, P. (2019). Indoor air-related symptoms and volatile organic compounds in materials and air in the hospital environment. *Int. J. Environ. Health Res.* 2019, 29, 479.
- Riggs, J. J. (2014). An Approach to Increasing Awareness of IAQ, Middlesex. Available at: <https://eprints.mdx.ac.uk/id/eprint/13523> (Accessed August 31, 2020).
- Rollins, S.M.; Su, F.-C.; Liang, X.; Humann, M.J.; Stefaniak, A.B.; LeBouf, R.F.; Stanton, M.L.; Virji, M.A.; Henneberger, P.K. (2020). Workplace indoor environmental quality and asthma-related outcomes in healthcare workers. *Am. J. Ind. Med.* 2020, 63, 417–428.
- Rufo, J.C., Annesi-Maesano, I., Carreiro-Martins, P., Moreira, A., Sousa, A. C., Pastorinho, M. R., Neuparth, N., Taborda-Barata, L. (2023). Update on adverse respiratory effects of indoor air pollution” Part 1): Indoor air pollution and respiratory diseases: A general update and a Portuguese perspective. *Pulmonology*, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2023.03.006>
- Smielowska M, Maré M, Zabiegała B. (2017). Indoor air quality in public utility environments - a review. *Environ Sci Pollut Res.* (2017) 24:11166–76. doi: 10.1007/s11356-017-8567-7
- Szyszkowicz, M., Kousha, T. (2014). Emergency department visits for asthma in relation to the air quality health index: A case-crossover study in Windsor, Canada. *Can J Public Health*, 105(5):e336–e341. doi:10.17269/cjph.105.4539.
- Upshur, R., Abelsohn, A., D’Urzo, A., O’Neill, B., Asrar, F.M., Hashemi, S.B., Melwani, S., Aliarzadeh, B. (2022). Air Quality Health Index in primary care: A feasibility study. *Canadian Journal of Respiratory, Critical Care, and Sleep Medicine*, VOL. 6, N° 4, 248-255. <https://doi.org/10.1080/24745332.2022.2043204>
- World Health Organization (2021). WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter (PM_{2.5} and PM₁₀), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide, electronic version; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2021; ISBN 9789240034228.
- World Health Organization (2013). Henschel S, Chan G. Health Risks of Air Pollution in Europe—HRAPIE Project. Copenhagen, Denmark.
- World Health Organization (2013). Combined or Multiple Exposure to Health Stressors in Indoor Built Environments: An Evidence-Based Review Prepared for the WHO Training Workshop “Multiple Environmental Exposures and Risks”: 16–18 October 2013, Bonn, Germany; World Health Organization, Regional Office for Europe: Copenhagen, Denmark, 2013.
- Yan, P., Liu, P., Lin, R. *et al.* (2019). Effect of ambient air quality on exacerbation of COPD in patients and its potential mechanism. *COPD*. 2019; 14:1517–1526. doi:10.2147/COPD.S190600.