

## ARTIGO DE REVISÃO

### Qualidade do ar interno e efeitos na saúde humana

**Jair Brandão de Souza Meira Júnior** <sup>1, 4\*</sup>

**Alessandra Lima Costa** <sup>1,2</sup>

**Gabriela Reis Silva Paes** <sup>1,3</sup>

**Marcos de Assis Moura** <sup>1, 5, 6</sup>

**Nelzair Araújo Vianna** <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Gonçalo Moniz, FIOCRUZ – Bahia

<sup>2</sup> Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública

<sup>3</sup> Universidade Federal da Bahia - Faculdade de Medicina da Bahia

<sup>4</sup> Centro Universitário Dom Pedro II – UNIDOMPEDRO

<sup>5</sup> Universidade Federal de Juiz de Fora

<sup>6</sup> Faculdades de Ciências Médicas e da Saúde de Juiz de Fora

\*Autor correspondente: [jairmeirajr@gmail.com](mailto:jairmeirajr@gmail.com)

## RESUMO

A Qualidade do Ar Interno (QAI) possui um conceito amplo, sendo multifatorial e complexa, podendo ser afetada por diversas fontes, provenientes do ambiente externo e do próprio ambiente interno (residências, edifícios comerciais, escolas, meios de transportes, etc. ). As pessoas permanecem a maior parte de suas vidas em espaços fechados, estando expostas a diversos poluentes causadores de doenças. Diversos estudos têm evidenciado a relação entre QAI e seus efeitos na saúde humana. O trabalho teve como objetivo verificar evidências de desfechos clínicos associados a QAI. Para isso, foi realizada uma revisão narrativa da literatura, através da seleção de artigos científicos com desfechos clínicos em diferentes bases de dados, incluindo *Pubmed* e *Scielo*, bem como relatórios da Organização Mundial da Saúde (OMS) e a legislação brasileira. As evidências trazidas neste artigo demonstram que a QAI afeta diversos sistemas contribuindo para o surgimento de doenças respiratórias, doenças cardiovasculares, *déficits* cognitivos, alterações congênitas, baixo peso ao nascer, alergias e atopia. Os estudos reportam que diversos poluentes são associados aos desfechos de saúde, portanto, faz-se necessário o controle e monitoramento das fontes emissoras para assegurar um ar de qualidade nos ambientes internos. As evidências apontadas neste artigo podem subsidiar e fundamentar decisões clínicas na prevenção e no controle de doenças promovendo saúde e bem-estar.

**Palavras-chave:** Qualidade do Ar Interior, Qualidade do Ar em Ambientes Fechados, Saúde, Poluentes Atmosféricos, Poluição do Ar

## ABSTRACT

*Indoor Air Quality (IAQ) has a broad concept, being multifactorial and complex, and can be affected by different sources, coming from the external environment and the internal environment itself (residences, commercial buildings, schools, means of transport etc. ). People spend most of their lives in closed spaces, being exposed to various pollutants that cause diseases. Several studies have highlighted the relationship between IAQ and its effects on human health. To understand how IAQ affects human health, describing and discussing the "state of the art" on the topic. Narrative review of the literature, through selection of scientific articles in different databases, including Pubmed and Scielo, as well as reports from the World Health Organization (WHO) and Brazilian legislation. Evidence has shown that indoor air pollution affects several systems, causing: respiratory diseases, cardiovascular diseases, cognitive deficits, congenital changes, low birth weight, allergies, among other conditions that affect well-being. The state of the art reveals that IAQ has a relevant impact on human health, affecting different systems. Studies report several pollutants that are associated with health outcomes and, therefore, control of emission sources and parameters established by legislation must be monitored to ensure quality air in indoor environments. The evidence highlighted in this article can support and support clinical decisions in the prevention and control of diseases, promoting health and well-being.*

**Keywords:** *Indoor Air Quality, Household Air Quality, Health, Atmospheric Pollutants, Air Pollution*

## INTRODUÇÃO

Diversos termos são utilizados para se referir à Qualidade do Ar Interno (QAI), inclusive alguns estudos têm apontado para a poluição do ar doméstica quando se refere à exposição por queima de biomassa utilizada para a cocção (Wang *et al.*, 2014). A temática, no entanto, não está limitada às moradias, pois o próprio conceito de ar interno é amplo, devendo englobar todos os ambientes fechados, tais como edifícios comerciais, escolas, meios de transportes etc. Entretanto, cada um desses ambientes possui peculiaridades no que concerne aos contaminantes do ar e emissão de poluentes específicos.

A QAI é influenciada pela qualidade do ar externo. Os poluentes externos podem se concentrar nos ambientes internos em diferentes níveis a depender da taxa de ventilação e das fontes emissoras presentes no local. Atualmente 90 % do tempo dos seres humanos são despendidos em ambientes internos, como residências, locais de trabalho, ginásios, escolas e veículos de transporte (Cincinelli *et al.*, 2017). Assim, o tempo de exposição em ambientes internos pode ser maior do que em ambientes externos. A possibilidade de maior concentração de diversos poluentes em ambientes internos, deve-se à menor renovação do ar e a presença de componentes específicos, ligados ao ambiente e ao comportamento dos ocupantes.

Portanto, em ambientes internos são encontrados uma mistura de poluentes vindos do ambiente externo, predominantemente associados ao

tráfego de veículos bem como de atividades industriais, que penetra por infiltrações e/ou através de sistemas de ventilação natural e mecânica (Cincinelli *et al.*, 2020). Além disso, há contaminantes que se originam da área interna, também provenientes da queima de combustíveis para cocção, tabaco, velas, emissões de materiais de construção, de sistemas de aquecimento e refrigeração central, dos dispositivos de umidificação, dos equipamentos eletrônicos, de produtos para limpeza doméstica, além dos animais de estimação e das atividades dos ocupantes (Wallner *et al.*, 2017). Os contaminantes do ar são categorizados de acordo com sua composição: compostos orgânicos voláteis (COV), material particulado (MP), fibras, contaminantes orgânicos e inorgânicos, partículas biológicas, como bactérias, fungos e pólen (ANVISA, 2003).

Edifícios vedados, embora favoreçam a refrigeração/calefação do ambiente, tornam-se locais de alta concentração de poluentes químicos e biológicos, gerando a Síndrome do Edifício Doente (SED) (Kapfhammer, 2003). A escolha de materiais de construção e mobiliário emitem formaldeído, influenciando na saúde dos ocupantes. Sintomas vegetativos (tonturas, náuseas, dores de cabeça) foram associados com concentrações de formaldeído em edifícios vedados (Wallner *et al.*, 2017). Propostas de edifícios "verdes", seja na construção ou na reforma, têm apontado para níveis seguros de poluentes, através da renovação do ar e materiais adequados (Kapfhammer, 2003).

Estudos apontam que os países predomi-

nantemente desenvolvidos demonstram um interesse mais proeminente no estudo da QAI em relação ao seu impacto na saúde humana. Enquanto isso, os países subdesenvolvidos ainda carecem de pesquisas focalizadas na QAI. A análise dos padrões de poluentes do ar interior em países em desenvolvimento, bem como suas implicações para a saúde, carecem de aprofundamento. Essa abordagem mais detalhada pode servir como base para a formulação de políticas de QAI mais benéficas nessas regiões (La Guardia *et al.*, 2017).

Estima-se que 2,3 bilhões de pessoas dependem da queima de biomassa para cozinhar e se aquecer. A tendência sugere que, até 2030, 1,9 bilhões de pessoas ainda dependerão do uso, p. ex., de madeira, carvão e querosene. Em 2050, com o crescimento da população, retornaremos ao número de 2,3 bilhões de pessoas que ainda não terão acesso a combustíveis limpos para as atividades domésticas (IEA *et al.*, 2022).

O presente artigo tem como objetivo verificar evidências de desfechos clínicos associadas a QAI identificando os tipos de contaminantes do ar e suas repercussões na saúde humana, bem como discutir as estratégias e ações que possam reduzir a exposição.

## MÉTODO

A qualidade do ar interno possui um conceito amplo, sendo multifatorial e complexa, portanto, a revisão narrativa mostrou-se mais adequada ao seu estudo,

visto que possibilita descrever, sob um ponto de vista teórico, explorando seus diferentes componentes e seus impactos na saúde humana. Devido ao caráter discursivo, a revisão narrativa possibilitou maior liberdade para elaboração da própria opinião dos autores, segundo suas percepções subjetivas, sem que critérios rígidos tenham impossibilitado o melhor alcance do objetivo do presente trabalho. Estudos com semelhantes resultados foram escolhidos os mais representativos no sentido de ilustrar os diferentes desfechos clínicos. Não foram considerados estudos com abordagem apenas de caracterização ambiental, mas somente aqueles que no seu desenho incluía método de avaliação para desfecho clínico.

Para tanto, foi realizada busca na literatura em diferentes bases de dados, incluindo *Pubmed* e *Scielo*, de artigos científicos e ensaios clínicos, adotando e combinando-se os seguintes descritores em inglês: "indoor air pollution" OR "indoor air quality" AND "health". Dessa forma, pôde-se construir uma revisão narrativa para o conhecimento do estado da arte acerca do tema. Por se tratar de uma temática abrangente, foi necessário consultar outras fontes para fins de conceituação e regulamentações específicas, em especial relatórios da Organização Mundial de Saúde (OMS) e legislação brasileira sobre qualidade do ar interno.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Principais poluentes internos

A OMS, inicialmente, em 1988, categorizou como contaminantes microbiológicos encontrados em ambientes fechados: pólen, fungos e mofo, bactérias e vírus, bactérias termófilas, pelos e cabelos e excretas de animais (WHO,1990). Além desses, também classificou os principais compostos químicos: benzeno ( $C_6H_6$ ), monóxido de carbono (CO), formaldeído ( $CH_2O$ ), naftaleno ( $C_{10}H_8$ ), dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP), especialmente benzopireno ( $C_{20}H_{12}$ ), radônio (Rn), tricloroetileno ( $C_2HCl_3$ ) e tetracloroetileno ( $C_2Cl_4$ ) (WHO, 2010).

A Resolução-RE nº 09 (RE9), de 16 de janeiro de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), fixou padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente, de uso público e coletivo, e classificou as possíveis fontes de poluentes internos em duas categorias: os biológicos e os químicos (ANVISA, 2003). A RE9 classificou os agentes químicos e biológicos da OMS como sendo os de maior incidência no ambiente interior. No entanto, a RE9 recomenda padrões de qualidade do ar apenas para alguns parâmetros químicos e biológicos (MP, partículas biológicas e  $CO_2$ ), além de parâmetros físicos ( temperatura, umidade, velocidade e taxa de renovação do ar) (ANVISA, 2003).

O MP se destaca como um poluente de grande interesse clínico, sendo considerado pela Organização Mundial de Saúde o poluente mais consistentemente associado aos desfechos de saúde, pois penetra nos alvéolos e na corrente sanguínea, causando estresse oxidativo e inflamação sistêmica (Brook *et al.*, 2010). O MP é uma

partícula formada por uma complexidade de componentes, orgânicos e inorgânicos, sólidos e líquidos, que ficam em suspensão no ar, podendo ser classificados de acordo com o seu tamanho em micrômetros ( $\mu m$ ):  $MP_{10}$ ,  $MP_{2,5}$  e  $MP_{0,1}$ . A título de comparação, o MP possui diâmetro menor do que um fio de cabelo, sendo o  $MP_{2,5}$  menor que uma hemácia. A emissão do MP está associada ao uso de fogões a lenha, tráfego de veículos, fábricas, queimadas florestais, dentre outros; sendo considerado como fator de risco para as doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), pois desencadeia cascatas de reações fisiológicas (Floss M *et al.*, 2022).

Em ambientes climatizados públicos e com grande fluxo de pessoas, a QAI deve ser constantemente fiscalizada pelas autoridades competentes. Em instalações hospitalares, especialmente, deve-se manter um rigoroso controle, aplicando as normas e regulamentos específicos de higiene e filtros adequados, devido ao incremento do risco que representam para a saúde humana (ANVISA, 2003).

### Impactos na saúde

As evidências têm demonstrado que a poluição do ar interno afeta diversos sistemas, causando doenças respiratórias, doenças cardiovasculares, *déficits* cognitivos, alterações congênitas, baixo peso ao nascer, dentre outros sintomas que afetam o bem-estar, conforme ilustrado na Figura 1:



**Figura 1.** Qualidade do ar interno e efeitos na saúde.  
**Fonte:** autoria própria.

### a) Doenças respiratórias

A queima de lenha emite material particulado fino, com diâmetro  $< MP_{2,5}$  e grosso, com diâmetros  $<10 \mu m$  e  $>2,5 \mu m$  (MPg), que, em grande quantidade, podem provocar as doenças respiratórias, particularmente em populações suscetíveis. O material particulado contém endotoxina, componente da parede celular das bactérias Gram-negativas, capaz de desencadear sintomas de asma, especialmente em crianças. (McNamara et al., 2017).

A combustão de combustíveis sólidos também libera outros poluentes como o monóxido de carbono (CO),

dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ), partículas e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs), o que aumenta o risco de câncer de pulmão e asma infantil (Kapfhammer, 2003). Os locais que usam fogão a lenha geralmente estão relacionados à habitações multifamiliares, em que há grande concentração de fungos e bactérias, o que potencializa a vulnerabilidade dos residentes (Kapfhammer, 2003).

As crianças são ainda mais vulneráveis aos poluentes internos e decorrentes do tabagismo. Assim, investigando a relação de doenças em crianças que possuem exposição passiva ao fumo, com pais/responsáveis que fumavam em casa, percebeu-se que a maioria das crianças expostas sofriam de: "asma (76 %), bronquite crônica, estertores/sibilos (69 %), crises de espirros (56 %), rinite alérgica (65 %), estresse (66,7 %), tonturas (85,7 %), irritabilidade (71,4 %), dores de cabeça (75,0 %) irritação das mucosas e dos olhos (66,7 %), tosse seca (53 %), insônia (72,7 %), dificuldades respiratórias (70,5 %) e falta de concentração (62,2 %)" (Ferreira et al., 2014).

Um estudo realizado no norte da cidade de Delhi, capital da Índia, conhecida como uma das cidades mais poluídas do mundo, avaliou diversos ambientes como casas, salas de aula, laboratórios e academias de ginástica, onde verificou a concentração de bactérias e fungos e sua influência na saúde humana. Os ocupantes desses ambientes relataram, predominantemente problemas respiratórios (crises de espirros, congestão nasal, coriza, dor de garganta ou garganta seca, tosse frequente, peito apertado, dificuldades respiratórias, enfisema) e

outros sintomas (lábios rachados, sede incomum, alergias, enxaquecas, dor de cabeça, resfriados e olhos secos, com coceira, irritados e lacrimejantes), estando as mulheres mais vulneráveis, visto que passam mais tempo em ambientes fechados (Kumar *et al.*, 2022). Neste estudo os gêneros de bactérias mais dominantes em ambientes internos encontrados foram: *Staphylococcus*, *Streptobacillus*, *Micrococcus*. Nas residências, destacaram-se as seguintes espécies: *Aspergillus spp*, *Cladosporium*, *Candida*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Alternaria*; sendo os três primeiros encontrados em todos os ambientes.

A utilização de filtros de ar também foi testada em um ensaio clínico com ex-fumantes portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), o qual constatou que houve uma redução de pelo menos 30-40 % nas concentrações internas de  $MP_{2,5}$  no subgrupo que utilizou filtros de ar. Esta intervenção resultou em uma melhoria significativa na qualidade de vida específica do sistema respiratório e na sintomatologia respiratória (Woo *et al.*, 2023).

#### b) Déficit cognitivo

Reuniões em ambientes fechados, em prédios isolados das flutuações de temperatura, da umidade, da radiação solar e sem renovação do ar, prejudicam a saúde dos ocupantes, influenciando a tomada de decisão. A exposição contínua e prolongada às partículas poluentes com menos de 2,5  $\mu m$  compromete a função cognitiva, uma vez que reduz o fluxo sanguíneo cortical e o processamento sensorial, bem como causa excitação do sistema simpático que

atua em situações de perigo e estresse, prejudicando, conseqüentemente, a seleção da ação (Torres *et al.*, 2022).

Os neurotransmissores interagem entre si e com o ambiente para produzir uma experiência sensorial subjetiva. Assim, a atenção, a memória, a emoção, a análise do ambiente social, a tomada de decisão e a memória declarativa (de longo prazo) são intimamente influenciadas pelos estímulos externos, em especial, pela qualidade do ar, podendo a tomada de decisão em ambiente interno ser prejudicada por fatores como a má ventilação, o acúmulo de bioaerossóis (fungos e bactérias), gases e partículas relacionadas ao tabaco (Torres *et al.*, 2022).

As partículas provenientes do fumo, por exemplo, têm como efeitos a hipóxia celular e tecidual. A concentração de gás carbônico em nível maior que 5 % ou 5000 ppm, por sua vez, diminui o desempenho cognitivo, a memória, a concentração e o aprendizado. Assim, o menor fornecimento de oxigênio gera a apoptose e necrose de neurônios, bem como a eliminação de conexões finas (axionais) (Keogan *et al.*, 2023).

Avaliando-se 1.019 alunos de 51 escolas de ensino básico de Coimbra, Portugal, foram identificadas altas concentrações de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) em salas de aula, principalmente no período do outono/inverno, quando há uma maior concentração desse poluente em comparação com a primavera/verão. Deste modo, associou-se a falta de concentração naquelas crianças expostas em salas de aula com concentrações superiores à máxima de referência, possuindo um risco aumentado de 2.143

vezes em relação às crianças expostas dentro do limite tolerável ( $\text{CO}_2 < 994$  ppm) (Ferreira *et al.*, 2014).

Verificou-se ainda também a existência de relação direta da má qualidade do ar em diversas funções cognitivas, tanto na realização de trabalhos escolares como no trabalho de escritório (Allen *et al.*, 2016).

### c) Alterações congênitas e baixo peso ao nascer

A exposição aos poluentes que comprometem a QAI pode manifestar efeitos mesmo antes do nascimento. A melhoria da intervenção sobre fogões nas zonas rurais do Malawi reduziu o número de bebês nascidos com baixo peso em 30 %. A análise realizada no estudo sugeriu que a opção por fogões que utilizam fontes limpas de energia reduziu o número de bebês nascidos prematuramente ou com restrição de crescimento intra-uterino, indicando que fogões melhorados podem ser uma intervenção útil para a saúde materna (Best *et al.*, 2022; Younger *et al.*, 2023).

Analisando 534 mães-caso, que tiveram filhos com defeitos de formação do tubo neural e outras 534 mães-controle, que tiveram filhos a termo saudáveis, suas variantes genéticas e seus hábitos de vida das mães, em especial o histórico de tabagismo materno (ativo ou passivo) e do uso de doméstico de combustível para cozimento de alimento e aquecimento, um estudo concluiu que a exposição de gestantes à poluição do ar interior gera maior risco no desenvolvimento de defeitos de formação no tubo neural nos embriões.

Para tanto, foram examinadas amostras placentárias com HPA, composto emitido pela combustão incompleta de combustíveis sólidos, biomassa e carvão, que gera risco aumentado ao desenvolvimento de câncer e teratogenicidade. Deste modo, identificou-se que a variante genética CYP1B1 (enzima metabólica envolvida na bioativação de produtos químicos ambientais), presente na fase embrionária inicial, interage com os HPA, aumentando o risco de desenvolvimento de defeitos de formação do tubo neural (Wang *et al.*, 2014).

Estudos desses perfis são de grande importância na melhor compreensão de malformações congênitas durante o desenvolvimento embrionário inicial, momento em que o feto não possui grande capacidade de desintoxicação e é mais vulnerável às exposições maternas. No entanto, vários fatores de risco estão associados, a exemplo de doenças pré-existentes, suscetibilidade genética e nutrição adequada (Wang *et al.*, 2014; Best *et al.*, 2022)

### d) Doenças cardiovasculares

A exposição a curto e médio prazo ao MP aumenta o risco a doenças cardiovasculares e respiratórias, desencadeando processos patológicos diversos, envolvendo inflamação sistêmica e local, coagulação sanguínea, aumento da pressão arterial, aumento da frequência cardíaca, função pulmonar prejudicada e aumento do estresse oxidativo (Guo *et al.*, 2021). Neste estudo foram selecionados biomarcadores do sistema circulatório e pulmonar. Verificou-se ainda que os purificadores de ar podem reduzir significativamente

a concentração de MP em centros de cuidados a idosos, melhorando a circulação e a saúde cardiovascular (Guo *et al.*, 2021).

Um estudo de larga escala, que acompanhou 50.045 indivíduos, distribuídos nos diversos níveis socioeconômicos, associou a exposição à queima de combustível doméstico para cozinhar e aquecer ao longo da vida à mortalidade por doenças cardiovasculares, encontrando maior risco com a queima de querosene/diesel e, de outro lado, menor com gás-natural (Mitter *et al.*, 2016).

Das 1.578 mortes atribuíveis à doenças cardiovasculares, as de maior destaque foram às relacionadas à doença cardíaca isquêmica (59 %) e ao acidente vascular cerebral (33 %), sendo o restante (8 %) atribuíveis à(s): "morte súbita cardíaca, insuficiência cardíaca congestiva, hipertensão, doença cardíaca reumática crônica, embolia pulmonar e outras doenças do sistema cardiovascular." (Mitter *et al.*, 2016)

#### e) Alergias e atopia

Nos ambientes fechados, a qualidade do ar interno comprometida pela proliferação do mofo pode causar problemas de alergia e atopia significativos. Como o mofo é uma fonte comum de alérgenos através de suas micotoxinas que contaminam o ar interno, manifestações de rinites, asma e dermatite atópica são frequentemente associados à essas estruturas (Cruvinel *et al.*, 2010). A resposta imune relacionada ao desenvolvimento de alergias envolve a produção de imunoglobulina e anticorpo que se liga às toxinas inflamatórias, como

os esporos de mofo presentes no ambiente interno, desencadeando a liberação de mediadores inflamatórios, por exemplo, a histamina, substância envolvida nos principais sintomas alérgicos: espirros, corrimento nasal, prurido ocular e tosse (Cruvinel *et al.*, 2010; Barnes *et al.*, 2019).

Nesse sentido, sendo a atopia uma consequência de alergias e asma, a exposição precoce ao mofo pode aumentar o risco de desenvolver essas condições em indivíduos geneticamente predispostos. A exposição a esporos de mofo no ar interno está significativamente associada a sintomas de rinite alérgica e asma em crianças (Reponen *et al.*, 2013; Tischer *et al.*, 2011). Diante disso, a prevenção da exposição ao mofo e a redução dos níveis de umidade em ambientes fechados são medidas importantes para reduzir o risco de problemas de saúde associados a alergias e atopias.

#### CONCLUSÕES

A QAI é, portanto, uma resultante multifatorial e complexa, determinada por diversas variantes e constituída de numerosos contaminantes. Os estudos reportam relevante impacto na saúde humana considerando os diversos poluentes que são associados aos desfechos clínicos, podendo afetar diversos sistemas orgânicos: doenças respiratórias, déficits cognitivos, alterações congênitas, baixo peso ao nascer, doenças cardiovasculares, dentre outros sintomas que afetam o bem-estar.

Fatores como condições de habitação, socioeconômicos, geográficos, culturais, métodos construtivos, hábitos de vida e número de ocupantes também são variáveis que influenciam na QAI, gerando maiores impactos à saúde da população mais exposta e vulnerável.

A adoção de medidas de controle das fontes emissoras e o cumprimento dos parâmetros legais de monitoramento de poluentes em ambientes fechados a níveis toleráveis na prevenção de doenças são necessárias. Para tanto, deve ser mitigada a exposição em ambientes fechados, adotando-se as seguintes medidas: a) restrição ao tabagismo; b) utilização com limpeza e troca periódica dos filtros de captação de ar externo; c) correção da umidade do ar; d) renovação periódica do ar; e) higienização local de superfícies, piso e mobiliários, evitando-se o uso de vassouras, escovas e espanadores; utilizando preferencialmente aspiradores de pó com filtros de alta eficiência; f) exaustão de poluentes, principalmente em ambientes sem ventilação natural; g) evitar produtos de limpeza de alta toxicidade e que não contenham COV; h) não utilizar pesticidas ou inseticidas; i) evitar a queima de biomassa; j) utilização de germicidas de luz ultravioleta.

As evidências científicas sobre as repercussões na saúde apontam para a necessidade de implementação deste conhecimento na prática clínica, entretanto a percepção sobre os desfechos clínicos relacionados a QAI ainda é comprometida pelas lacunas na discussão deste tema nos currículos de medicina e pela sociedade em geral. Revisões sistemáticas com

meta análises avaliando exposição de contaminantes do ar específicos e desfechos clínicos devem ser estimuladas para atender lacunas relacionadas ao nível de evidência clínica.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Gonçalo Moniz, FIOCRUZ – Bahia, pelo incentivo à pesquisa, em especial pelos programas de estágio em pesquisa, que oportunizam a diversos estudantes o acesso democrático à instituição, garantindo o compromisso institucional da difusão do conhecimento científico.

## FINANCIAMENTO

O presente estudo não recebeu nenhum tipo de financiamento.

## CONFLITOS DE INTERESSE

Nada a declarar.

## COLABORAÇÕES

Jair Brandão de Souza Meira Jr. - Centro Universitário Dom Pedro II; e-mail: [jairmeirajr@gmail.com](mailto:jairmeirajr@gmail.com); ORCID: 0009-0007-6032-054X; responsável escrita do projeto, pela elaboração da figura 1, busca dos estudos, síntese, revisão e escrita dos dados do artigo.

**Alessandra Lima Costa - Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública, e-mail [alessandralcosta1@gmail.com](mailto:alessandralcosta1@gmail.com); ORCID: 0000-0001-9152-4245; responsável escrita do projeto, pela elaboração da figura 1, busca dos estudos, síntese e revisão dos dados do artigo.**

**Gabriela Reis Silva Paes - Universidade Federal da Bahia; e-mail: [gabrielareispaes@gmail.com](mailto:gabrielareispaes@gmail.com); ORCID: 0009-0005-4597-054X; responsável pela estratégia de busca e contribuição na discussão.**

**Marcos de Assis Moura - Universidade Federal de Juiz de Fora e Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Juiz de Fora; e-mail: [marcosmoura11@gmail.com](mailto:marcosmoura11@gmail.com); ORCID: 0000-0003-0641-504X ; responsável pela estratégia de busca e contribuição na discussão.**

**Nelzair Araújo Vianna - Instituto Gonçalo Muniz, Fiocruz - Bahia. E-mail: [nelzair.vianna@fiocruz.br](mailto:nelzair.vianna@fiocruz.br); ORCID: 0000-0002-5183-6671; desenvolvimento do tema, orientação, escrita, contribuição na discussão, estrutura e revisão do artigo.**

## REFERÊNCIAS

Abbas, Abul K.; Pillai, Shiv; Lichtman, Andrew H.. *Imunologia: Celular e Molecular*. 9 ed. Rio De Janeiro: Editora Elsevier Ltda, 2019.

Allen JG, MacNaughton P, Satish U, Santanam S, Vallarino J, Spengler JD. Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers: A controlled exposure study of green and conventional office environments. *Environ Health Perspect*. 2016 Jun 1;124(6):805–12.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RE nº 09, de 16 de janeiro de 2003. Diário Oficial da União nº 14, de 20 de janeiro de 2003.

Barnes C. Fungi and Atopy. *Clin Rev Allergy Immunol*. 2019 Dec;57(3):439-448. doi: 10.1007/s12016-019-08750-z. PMID: 31321665.

Best R, Malava J, Dube A, Katundu C, Kalobekamo F, Mortimer K, et al. A secondary data analysis of a cluster randomized controlled trial: improved cookstoves associated with reduction in incidence of low birthweight in rural Malawi. *Int J Epidemiol*. 2022 Dec 1;51(6):1803–12.

Cincinelli A, Martellini T. Indoor air quality and health. Vol. 14, *International Journal of Environmental Research and Public Health*. MDPI; 2017.

Cruvinel W de M, Mesquita Júnior D, Araújo JAP, Catelan TTT, Souza AWS de, Silva NP da, et al.. Sistema imunitário: Parte I. Fundamentos da imunidade inata com ênfase nos mecanismos moleculares e celulares da resposta inflamatória. *Rev Bras Reumatol [Internet]*. 2010 Jul; 50(4):434–47. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0482-50042010000400008>

IEA,IRENA,UNSD,WorldBank,WHO.2022.Tracking SDG 7: The Energy Progress Report. Chapter 2, Access to Clean Fuels and Technologies for Cooking. World Bank, Washington DC. © World Bank. License: Creative Commons Attribution–NonCommercial 3.0 IGO (CC BY-NC 3.0 IGO). Available from: <https://trackingsdg7.esmap.org/downloads>

Ferreira, A. M. da C., & Cardoso, M.. (2014). Indoor air quality and health in schools. *Jornal Brasileiro De Pneumologia*, 40(3), 259–268. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132014000300009>

Fong WCG, Kadalayil L, Lowther S, Grevatt S, Potter S, Tidbury T, et al. The efficacy of the Dyson air purifier on asthma control: A single-center, investigator-led, randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Annals of Allergy, Asthma and Immunology*. 2023 Feb 1;130(2):199-205.e2.

- Floss M, Zandavalli RB, Leão JRB, Lima CV, Vianna N, Barros EF, Saldiva PHN. Poluição do ar: uma revisão de escopo para recomendações clínicas para a medicina de família e comunidade. *Rev Bras Med Fam Comunidade* [Internet]. 19º de novembro de 2022 [citado 7º de maio de 2024];17(44):3038. Disponível em: <https://rbmfc.org.br/rbmfc/article/view/3038>.
- Gioda A, Tonietto GB, Leon AP de. Exposição ao uso da lenha para cocção no Brasil e sua relação com os agravos à saúde da população. *Ciência saúde coletiva* [Internet]. 2019 Aug; 24(8):3079–88. Available from: <https://doi.org/10.1590/1413-81232018248.23492017>.
- Guo M, Du C, Li B, Yao R, Tang Y, Jiang Y, Liu H, Su H, Zhou Y, Wang L, Yang X, Zhou M, Yu W. Reducing particulates in indoor air can improve the circulation and cardiorespiratory health of old people: A randomized, double-blind crossover trial of air filtration. *Sci Total Environ*. 2021 Dec 1;798:149248. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.149248. Epub 2021 Jul 23. PMID: 34325134.
- Kapfhammer HP. Sick-Building-Syndrom oder Schimmelpilzallergie? Wenn Häuser krank machen [Sick building syndrome or fungal allergy? When houses cause illness]. *MMW Fortschr Med*. 2003 Aug 21;145(33-34):26-30. German. PMID: 14526570.
- Keogan S, Alonso T, Sunday S, Hanafin J, Tigova O, Fernandez E, et al. Particle Exposure Hazards of Visiting Outdoor Smoking Areas for Patients with Asthma or COPD Even in EU Countries with Comprehensive Smokefree Laws. *Int J Environ Res Public Health*. 2023 Jun 1;20(11).
- Klausen FB, Amidi A, Kjærgaard SK, Schlünssen V, Ravn P, Østergaard K, et al. The effect of air quality on sleep and cognitive performance in school children aged 10–12 years: a double-blinded, placebo-controlled, crossover trial. *Int J Occup Med Environ Health*. 2023;36(1).
- Kumar P, Singh AB, Singh R. Comprehensive health risk assessment of microbial indoor air quality in microenvironments. *PLoS One*. 2022 Feb 25;17(2):e0264226. doi: 10.1371/journal.pone.0264226. PMID: 35213573; PMCID: PMC8880710.
- La Guardia MJ, Schreder ED, Uding N, Hale RC. Human indoor exposure to airborne halogenated flame retardants: Influence of airborne particle size. *Int J Environ Res Public Health*. 2017 May 9;14(5).
- McNamara ML, Thornburg J, Semmens EO, Ward TJ, Noonan CW. Reducing indoor air pollutants with air filtration units in wood stove homes. *Sci Total Environ*. 2017 Aug 15;592:488-494. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.03.111. Epub 2017 Mar 18. PMID: 28320525; PMCID: PMC6394836.
- Mitter SS, Vedanthan R, Islami F, Pourshams A, Khademi H, Kamangar F, Abnet CC, Dawsey SM, Pharoah PD, Brennan P, Fuster V, Boffetta P, Malekzadeh R. Household Fuel Use and Cardiovascular Disease Mortality: Golestan Cohort Study. *Circulation*. 2016 Jun 14;133(24):2360-9. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.115.020288. PMID: 27297340; PMCID: PMC4910632.
- Reponen T, Levin L, Zheng S, Vesper S, Ryan P, Grinshpun SA, LeMasters G. Family and home characteristics correlate with mold in homes. *Environ Res*. 2013 Jul;124:67-70. doi: 10.1016/j.envres.2013.04.003. Epub 2013 May 14. PMID: 23683889; PMCID: PMC3714399.
- Tischer C, Chen CM, Heinrich J. Association between domestic mould and mould components, and asthma and allergy in children: a systematic review. *Eur Respir J*. 2011 Oct; 38(4):812-24. doi: 10.1183/09031936.00184010. Epub 2011 May 3. PMID: 21540311.
- Torres G, Mourad M, Leheste JR. Indoor Air Pollution and Decision-Making Behavior: An Interdisciplinary Review. *Cureus*. 2022 Jun 23;14(6):e26247. doi: 10.7759/cureus.26247. PMID: 35911286; PMCID: PMC9313076.
- Wallner P, Tappler P, Munoz U, Damberger B, Wanka A, Kundi M, et al. Health and wellbeing of occupants in highly energy efficient buildings: A field study. *Int J Environ Res Public Health*. 2017 Mar 19;14(3).
- Wang L, Li Z, Jin L, Li K, Yuan Y, Fu Y, Zhang Y, Ye R, Ren A. Indoor air pollution and neural

tube defects: effect modification by maternal genes. *Epidemiology*. 2014 Sep;25(5):658-65. doi: 10.1097/EDE.0000000000000129. PMID: 25051309.

Woo H, Koehler K, Putcha N, Lorizio W, McCormack M, Peng R, et al. Principal stratification analysis to determine health benefit of indoor air pollution reduction in a randomized environmental intervention in COPD: Results from the clean air study. *Science of the Total Environment*. 2023 Apr 10;868.

WHO - World Health Organization. Regional Office for Europe. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. 2010, Oct 1. Available from: <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289002134>.

Younger A, Alkon A, Harknett K, Kirby MA, Elon L, Lovvorn AE, et al. Effects of a LPG stove and fuel intervention on adverse maternal outcomes: A multi-country randomized controlled trial conducted by the Household Air Pollution Intervention Network (HAPIN). *Environ Int*. 2023 Aug 1;178.