

## ARTIGO DE REVISÃO

### Mofo e qualidade do ar interno: uma revisão narrativa sobre os efeitos na saúde

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

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

**Jair Brandão de Souza Meira Júnior<sup>1,4</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: [alessandracosta21.1@bahiana.edu.br](mailto:alessandracosta21.1@bahiana.edu.br)

## RESUMO

Fungos são estruturas microscópicas com capacidade de crescimento no formato de filamentos multicelulares, chamados de hifas que dão origem ao mofo. O crescimento do mofo é favorecido pelo excesso de umidade, vazamentos ou degradação de materiais, que ocorrem a partir de diversos aspectos estruturais que compõem os ambientes internos. A concentração desses seres vivos e de seus metabólitos é transportada pelo ar em diferentes ambientes como residências, escolas, hospitais, edifícios comerciais, dentre outros espaços "fechados", e afeta diretamente a qualidade do ar interno, relacionando-se com efeitos respiratórios e outros aspectos na saúde. A reação fisiológica a patógenos, através da inflamação e das respostas imunes inata e adaptativa, também ocorre diante das micotoxinas do mofo. Estas, por sua vez, agem no organismo e provocam uma cascata de eventos inflamatórios e imunes a nível molecular, refletindo sob a forma de doenças e quadros sintomáticos importantes na saúde dos seres vivos, como formas respiratórias, atópicas, emocionais, neurológicas, entre outras. Portanto, a presente revisão narrativa tem o objetivo de discutir evidências científicas sobre os efeitos dos fungos na saúde humana, bem como promover uma base de orientação clínica e geral para medidas preventivas que possam evitar a exposição aos perigosos bioaerossóis.

**Palavras-chave:** mofo, fungos, qualidade do ar interno, efeitos na saúde, poluição do ar.

## ABSTRACT

*Fungi are microscopic structures capable of growing in the form of multicellular filaments, called hyphae, that give rise to mold. The growth of mold is favored by excess moisture, leaks or degradation of materials, which occur from various structural aspects that make up the internal environments. The concentration of these living beings and their metabolites is airborne in residential environments, schools, hospitals, among other "closed" spaces and directly affects indoor air quality, relating to respiratory effects and other aspects of health. The physiological reaction to pathogens, which occurs through inflammation and innate and adaptive immune responses, also occurs in the face of mold mycotoxins. They act in the body and cause a cascade of inflammatory and immune events at a molecular level, reflecting in the form of diseases and symptomatic conditions in the health of living beings, in respiratory, atopic, emotional, and neurological forms, among others. Therefore, this narrative review aims to discuss scientific evidence on the effects of fungi on human health and promote clinical and general guidance for preventive measures that can avoid exposure to dangerous bioaerosols.*

**Keywords:** mold, fungi, indoor air quality, health effects, air pollution.

## INTRODUÇÃO

Misturas complexas de micro-organismos vivos, fragmentos, toxinas, alérgenos, compostos orgânicos microbianos voláteis e outros produtos químicos são encontrados nos ambientes internos, incluindo esporos precursores do mofo (Mosley *et al.*, 2001). Mofo ou bolor é uma das estruturas que alguns fungos podem formar. Seu aspecto esverdeado e semelhante à poeira é resultado da formação de esporos que contém metabólitos secundários de fungos, sendo os esporos as unidades de dispersão dos fungos (Moore *et al.*, 2011). A concentração desses componentes, transportada pelo ar em ambientes residenciais, escolares, hospitalares, entre outros espaços "fechados", afeta diretamente a qualidade do ar interno, relacionando-se com efeitos respiratórios e outros aspectos na saúde, podendo influenciar o surgimento de quadros sindrômicos (Kumar *et al.*, 2022). Sob essa óptica, estudos mostram que exposições a esporos e fragmentos de hifas podem atuar como alérgenos e mediadores pró-inflamatórios e danificar as vias aéreas pela produção de toxinas, enzimas e compostos orgânicos voláteis (COV). A fração de fragmentos de hifas fúngicas no ar interno é muito maior do que a de esporos transportados, e os fragmentos de hifas geralmente têm um maior potencial pró-inflamatório, sendo potencialmente uma ameaça à saúde daqueles que são submetidos a constantes exposições a essas estruturas (Holme *et al.*, 2020). Contudo, o impacto potencial dessa exposição à saúde deve ser melhor explorado através da avaliação de informações de estudos experimentais que

elucidam possíveis mecanismos biológicos podendo aumentar nossa compreensão do papel potencial da exposição ao mofo. Portanto, essa revisão se propõe a discutir evidências científicas sobre os efeitos de fungos na saúde humana e servirá como base de orientação clínica e geral para medidas preventivas que possam evitar a exposição aos perigosos bioaerossóis.

## MÉTODOS

Este trabalho se trata de uma revisão narrativa, que visa avaliar e sintetizar, sob a ótica do conhecimento científico, dados de estudos de maior relevância para que haja a obtenção de informações sobre o mofo e qualidade do ar interno, além de suas repercussões na saúde humana. A pesquisa se deu através da navegação nas bases de dados das plataformas virtuais *Pubmed* e *Cochrane* com a utilização dos descritores: "Fungi" OR "Mould" OR "Mold" AND "Air Pollution, Indoor" OR "Air Quality, Indoor" OR "Indoor Air Pollution" OR "Indoor Air Quality" OR "Pollution, Indoor Air" AND "Health Effects" OR "Adverse Effects". O total de 30 referências foram incluídas no presente trabalho, listadas na Tabela 1.

**Tabela 1. Características dos estudos selecionados para a revisão narrativa.**

<b>AUTOR, ANO</b>	<b>DATABASE</b>	<b>TÓPICO</b>
<b>Anyanwu, 2003</b>	Scientific World Journal	Sistema neural em resposta às toxinas do mofo
<b>Ashrae, 2007</b>	American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers	Qualidade do ar interno
<b>Barnes, 2019</b>	Clinical Review in Allergy and Immunology	Fungos e atopia
<b>Coulburn, 2022</b>	International Journal of Environmental Research and Public Health	Mofo em residências
<b>Crago, 2003</b>	Environmental Health	Neurofisiologia e efeitos eletrocorticais do mofo
<b>Cruvinel, 2010</b>	Revista Brasileira de Reumatologia	Imunidade inata
<b>Felipo, 2022</b>	International Journal of Environmental Research and Public Health	Fatores de risco para o mofo em residências
<b>Golofit-Szymczak, 2023</b>	Environmental Science and Pollution Research International	Toxinas do mofo em automóveis
<b>Guo, 2020</b>	Indoor air	Níveis de mofo em ambientes fechados
<b>Harding, 2023</b>	Behavioural Brain Research	Efeitos neurológicos do mofo
<b>Holme, 2020</b>	Indoor Air	Mofo e qualidade do ar interno
<b>Will Cole, 2023</b>	Change the Air Summit	Mecanismo autoimune contra o mofo
<b>Kilburn, 2003</b>	Archives of Environmental & Occupational Health	Exposição ao mofo e efeitos neurológicos e respiratórios
<b>Kumar, 2022</b>	Plos One	Risco de micro-organismos no ar interno
<b>Lee, 2024</b>	Nature	Mofo no ar interno e alergias
<b>Lu, 2020</b>	Environment International	Mofo e rinite
<b>Madigan, 2012</b>	Biology of Microorganisms	Propriedades do mofo
<b>Moore, 2011</b>	Century Guidebook to Fungi	Descrição dos aspectos do mofo
<b>Mosley, 2001</b>	Aerosol Science and Technology	Penetração do ar interno por partículas
<b>Oya, 2019</b>	International Journal of Environmental Research and Public Health	Bronquite induzida por esporos
<b>Prapamontol, 2023</b>	Environmental Research	Mofo em escolas e reações respiratórias

<b>Puhlmann, 2023</b>	Microorganisms	Exposição ao mofo em hospital
<b>Schaller, 2019</b>	Revue des Maladies Respiratoires	Alergias respiratórias relacionadas ao mofo
<b>Shenassa, 2007</b>	American Journal of Public Health	Depressão e mofo em residência
<b>Sothorn, 2022</b>	Annals Of the American Thoracic Society	Antígenos de mofo encontrados em residências
<b>Suojalehto, 2021</b>	International Journal of Molecular Science	Mofo relacionado com sintomas de asma
<b>Vesper, 2023</b>	International Journal of Hygiene and Environmental Health	Queixas respiratórias em ambientes com mofo
<b>Vílen, 2022</b>	Environmental Research	Melhora de função pulmonar em ambientes livres de mofo
<b>Wang, 2019</b>	European Respiratory Journal	Exposição ao mofo e sintomas respiratórios

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Descrição e propriedades do mofo

O mofo é caracterizado pelas espécies de fungos microscópicos que crescem na forma de filamentos multicelulares, chamados de hifas, diferentemente dos fungos microscópicos que crescem como células únicas, chamados de leveduras (Madigan *et al.*, 2012). O crescimento do mofo é favorecido pelo excesso de umidade, vazamentos ou degradação de materiais, que ocorrem a partir de diversos aspectos estruturais que compõem os ambientes internos (Ashrae *et al.*, 2007). Medidas de conservação de energia que não são devidamente implementadas (envelopes de edifícios apertados, *déficits* de ventilação, isolamento inadequado); urbanização (migração, tipo e densidade de edificação, degradação urbana, disponibilidade e

desigualdade social); alterações climáticas (aumento da frequência de condições meteorológicas extremas, mudança de zonas climáticas); e a má qualidade e globalização dos materiais e componentes de construção, conceitos e técnicas de construção são condições que aumentam o crescimento e os riscos de efeitos adversos à saúde pelo mofo (Ashrae *et al.*, 2007).

### Mofo e qualidade do ar interno

Fragmentos de hifas de fungos com forte potencial pró-inflamatório podem ser candidatos relevantes para doenças respiratórias associadas ao ar interno úmido e contaminado pelo mofo. Nessas estruturas, existem efeitos sinérgicos de toxicidade pró-inflamatória do material particulado do ar interno e fragmentos de hifas de espécies patogênicas e não patogênicas de mofo (Holme *et al.*, 2020).

A exposição ao ar interno que contém esporos e fragmentos de hifas permite o contato com alérgenos e mediadores químicos naturais que podem danificar as vias aéreas pela produção de toxinas, enzimas e compostos orgânicos voláteis (COV) (Holme *et al.*, 2020).

Ambientes residenciais, comerciais, escolas, hospitais e automóveis são sujeitos à circulação do ar interno, muitas vezes contaminado e contribuinte para a proliferação de diversas doenças. Em um estudo realizado na Austrália, observou-se que más condições de moradia como tetos e janelas antigos, ausência de aquecimento ou resfriamento funcional, aumento da umidade, pintura descascada, telhados com vazamento, tubulações e tetos com vazamento, amenidades quebradas, problemas estruturais, grandes rachaduras e superlotação predisuseram o aumento do mofo e sua estrutura visível em paredes (Coulburn *et al.*, 2022). De acordo com Coulburn e colaboradores, a prevalência de moradias afetadas por mofo foi relatada em aproximadamente metade dos estudos incluídos em sua pesquisa. Além disso, análise dos dados realizada por Felipe *et al.* demonstrou que os defeitos de construção foram a causa proeminente da proliferação de mofo no ambiente residencial e, entre esses defeitos, a infiltração de água por vazamentos em telhados ou paredes foi a principal razão (Felipe *et al.*, 2022).

O impacto do mofo na qualidade do ar interno também é resultado de aparelhos de ar-condicionado sem devida manutenção, e diferenças de temperatura entre um espaço condicionado e não condicionado, gerando excesso de umidade na superfície das

paredes e, por consequência, proliferação de mofo (Coulburn *et al.*, 2022). Estudos mostraram que a concentração de fungos varia de 12 a 9730 UFC m<sup>-3</sup>, com mediana de 526 UFC m<sup>-3</sup> nos ambientes fechados, sendo que o nível de concentração de contaminantes varia em diferentes zonas climáticas, com maiores concentrações de fungos na zona quente de verão e inverno quente (Guo *et al.*, 2020).

Dessa forma, a água que abastece moradias também é vetor de contaminantes potenciais para a proliferação de mofo, quando relacionada a dano residencial. Em uma avaliação de dados de cultura de 24.455 amostras de ar interno de 7.547 residências, cinco espécies de *Penicillium* (*P. aurantiogriseum*, *P. brevicompactum*, *P. citrinum*, *P. crustosum* e *P. variabile*) e três de *Aspergillus* (*A. versicolor*, *A. sydowii* e *A. niger*) foram identificadas como fungos predominantes relacionados a danos causados pela água em ambientes fechados (Sorthern *et al.*, 2022).

No que tange a qualidade do ar interno em hospitais, Puhmann e colaboradores observaram nos meses de verão europeu (maio-outubro) o aumento da contaminação por mofo no ar interno em comparação com os meses de inverno (novembro-abril). Os níveis de mofo nos quartos dos pacientes de seu estudo seguiram o mesmo padrão climático apresentando duas infecções nosocomiais por *Aspergillus*, uma infecção nosocomial por *Mucorales* (*Rhizopus spp.*) e cinco infecções por *Aspergillus spp.* (Puhmann *et al.*, 2023). Dados como esse demonstram o risco à exposição ao ar interno contaminado, sobretudo aos indivíduos imunossuprimidos, vulneráveis

a infecções. Os fatores de risco, efeitos na saúde e meios de exposição relacionados ao mofo estão ilustrados na Figura 1. Dentre os principais tipos de fungos, precursores do mofo que afetam a qualidade do ar interno, destacam-se: *Aspergillus spp.*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Fusarium* e *Mucor*. Eles estão em maior frequência nos ambientes internos e podem atuar significativamente no sistema imune, ocasionando doenças como alergias e atopias, sintomas respiratórios, asma, dermatite e rinite alérgica (Kumar *et al.*, 2022).



**Figura 1.** Fatores de risco, efeitos na saúde e meios de exposição relacionados ao mofo.  
**Autor da figura:** Os próprios autores do artigo.

## Resposta fisiológica contra patógenos

A reação fisiológica a patógenos e corpos estranhos se dá através da inflamação, concomitantemente às respostas imunes inata e adaptativa, com participação celular e humoral. Na inflamação, ocorre aumento no fluxo sanguíneo, permeabilidade vascular e exsudação de líquido derivado do sangue, com acúmulo de leucócitos e proteínas plasmáticas, que são representadas pela dor, calor, rubor e edema da região afetada. Já na formulação de respostas imunes, o processo também envolve diversas células de defesa, como granulócitos, células natural *killer*, células dendríticas, linfócitos, monócitos, entre outras estruturas que participam dessa resposta (Abbas *et al.*, 2019).

Diante de um corpo estranho, ocorre fagocitose, com liberação de mediadores inflamatórios, ativação de proteínas do sistema complemento, citocinas e quimiocinas. Esses mecanismos são ativados por estímulos específicos, representados por estruturas moleculares presentes nos microrganismos, como as micotoxinas, por exemplo (Cruvinel *et al.*, 2010). Essas estruturas recebem o nome de Padrões Moleculares Associados a Patógenos (PAMPs) e ativam a resposta imune inata, com produção de grânulos, entre outras substâncias, que desencadeiam uma cascata contra o patógeno, mas que repercute sistemicamente com alguns efeitos no organismo.

As micotoxinas do mofo, por sua vez, agem no organismo e provocam uma cascata de eventos inflamatórios e imunes a nível molecular, refletindo sob a forma de

algumas doenças e quadros sintomáticos importantes na saúde dos seres vivos (Cruvinel *et al.*, 2010; Abbas *et al.*, 2019). Em adição, a microbiota que faz parte do organismo de forma natural, quando em contato com outras toxinas presentes no ar, são determinantes para características do sistema nervoso, na participação do espectro de inflamação autoimune nesse tecido e em outros afetados por toxinas presentes no ar interno (Will Cole, 2023).

### Atopia

Os mecanismos do sistema imune inato em relação à atopia atuam na sensibilidade fúngica tanto de indivíduos atópicos quanto dos não atópicos. A exposição através de esporos intactos, bem como fragmentos de esporos e micélios produzem um quadro alérgico intenso, que faz parte da atopia relacionada à exposição ao mofo (Barnes *et al.*, 2019).

Os níveis de mofo em ambientes fechados, resultado de danos residenciais, causados pela água e seu excesso de umidade, por exemplo, podem se relacionar com o aumento da atopia dos indivíduos expostos. Schaller mostrou que quadros de dermatite atópica associaram-se com andares de maior nível de mofo interno assim como casos de doenças alérgicas, definidas como um grupo de casos que já sofreram duas em cada três doenças alérgicas, como por exemplo asma e rinite alérgica e dermatite (Schaller *et al.*, 2019).

### Asma e outros efeitos respiratórios

A umidade e o mofo pioram casos de sintomas respiratórios além de dificultar sua

remissão. Sob essa visão, estudos mostram que o odor de mofo está associado ao início dos sintomas respiratórios e ao diagnóstico médico de doenças como asma. Dessa forma, a exposição à umidade presente no ambiente interno, tanto em casa quanto no trabalho, escolas e hospitais aumenta o risco de aparecimento de sintomas de rinite, asma e redução da função pulmonar (Wang *et al.*, 2019). Somado a isso, residentes de condomínios cujos níveis de mofo são mais elevados no ar interno estão associados a maior frequência de queixas respiratórias (Vesper *et al.*, 2023).

Por conseguinte, foi observado por Lee que o mofo age como gatilho dos sintomas de asma. Seu estudo mostrou a exposição ao mofo como fator desencadeante de sintomas respiratórios e, em um contexto molecular, interagiu de forma significativa com o locus 17q12-21, que participa de doenças de ordem respiratória (Lee *et al.*, 2024). Outras pesquisas também exploram o aspecto molecular da ação do mofo, apresentando, inclusive, possível relação com expressão gênica desencadeada por algumas micotoxinas (Suojalehto *et al.*, 2021).

No que tange à infância, o ar interno contaminado pelo mofo é fator de risco maior para asma em indivíduos atópicos ou não. A exposição ou sensibilização a fungos atua em quadros de exacerbações em crianças, sugerindo uma relação causal entre exposição, asma e outras condições como rinite (Schaller *et al.*, 2019; Lu *et al.*, 2020). Esta ligação parece menos significativa em adultos, embora nessa faixa etária a asma sensível ao mofo apresente fenótipo grave e, muitas vezes,

associada a doença pulmonar obstrutiva mais acentuada (Schaller *et al.*, 2019).

Em um aspecto de cascata inflamatória, os fungos podem estimular a imunidade inata ou adquirida, sendo eles os responsáveis por uma inflamação através de linfócitos Th2 mais acentuada, que leva a asma mais grave, considerando também os mecanismos imunológicos e tóxicos que participam do processo (Schaller *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2019). De acordo com Oya e colaboradores, fragmentos de hifas de *A. fumigatus* e *P. chrysogenum* aumentaram a expressão de IL-1 $\alpha$ , IL-1 $\beta$  e fator de necrose tumoral (TNF)- $\alpha$ , participantes dos processos inflamatórios intrínsecos (Oya *et al.*, 2019). Esse quadro ainda é intensificado

em estações secas, umidade doméstica e conseqüentemente ao aumento do mofo interno (Prapamontol *et al.*, 2023).

A redução da exposição a ambientes internos contaminados pelo mofo é benéfica e preventiva. Nesse sentido, Vilén e colaboradores constataram que após a transferência para instalações temporárias livres de mofo, dos 50 % participantes de sua pesquisa que tiveram a função pulmonar diminuída no início do estudo expostos ao mofo em ambientes internos, 82 % sentiram que seus sintomas melhoraram ou se resolveram (Vilén *et al.*, 2021). As recomendações clínicas e gerais para medidas preventivas e de mitigação estão apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2. Meios de exposição, fatores de risco, efeitos na saúde e recomendações clínicas para o ar interno contaminado pelo mofo.**

AMBIENTES COMO MEIO DE EXPOSIÇÃO	FATORES DE RISCO	EFEITOS NA SAÚDE	RECOMENDAÇÕES	ARTIGOS
<b>Residência</b>	Má circulação de ar, tetos e janelas antigos, ausência de aquecimento ou resfriamento funcional, aumento da umidade, pintura descascada, telhados com vazamento, tubulações e tetos com vazamento, amenidades quebradas, problemas estruturais, grandes rachaduras.	Atopias, asma, bronquite, rinite, depressão e distúrbios neurológicos.	Residências com ventilação natural e menos propensas à aumento da umidade, como casas de madeira. Solicitação de inspeções residenciais por agentes da saúde e profissionais que possam focar nos problemas estruturais que proliferam o mofo.	Crago <i>et al.</i> , 2003; Kilburn, 2003; Shenassa 2007; Schaller <i>et al.</i> , 2019; Oya <i>et al.</i> , 2019; Guo <i>et al.</i> , 2020; Coulburn <i>et al.</i> , 2022; Sorthern <i>et al.</i> , 2022; Felipo <i>et al.</i> , 2022; Harding <i>et al.</i> , 2023; Lee <i>et al.</i> , 2024.

<b>Escolas e Escritórios de trabalho</b>	Superlotação, umidade excessiva e mofo preexistente.	Rinite, asma e alergias.	Solicitação de inspeções por agentes da saúde e profissionais que possam focar nos problemas estruturais que proliferam o mofo. Optar pela ventilação com circulação do ar. Transferência para ambientes saudáveis e menos contaminados.	Lu <i>et al.</i> , 2020; Guo <i>et al.</i> , 2020; Vilen <i>et al.</i> , 2022; Propamantol <i>et al.</i> , 2023.
<b>Hospitais</b>	Pacientes hematolológicos, umidade excessiva e colonização preexistente.	Infecções nosocomiais; piora da imunidade em imunossuprimidos.	Optar pela ventilação com circulação do ar. Optar por alocar pacientes imunossuprimidos em áreas menos contaminadas.	Puhlmann <i>et al.</i> , 2023.
<b>Automóveis</b>	Refrigeração por aparelhos sem devida manutenção, como ar-condicionado com filtro sujo.	Rinite, asma e alergias.	Trocar filtro de ar-condicionado com frequência, evitar umidade.	Gołofit-Szymczak <i>et al.</i> , 2023.

### Repercussões psiquiátricas e neurológicas

Além das repercussões respiratórias, estudos também mostram a associação entre exposição ao mofo e risco de desenvolvimento de repercussões psiquiátricas e neurológicas. A exposição ao ar contaminado pelas micotoxinas pode desregular as emoções através de uma hipotivação do córtex frontal, levando a distúrbios depressivos, por exemplo (Crago *et al.*, 2003). Shenassa *et al.* observou que umidade e mofo foram associados à depressão, independentemente das características individuais da moradia.

Ademais, esse quadro foi mais proeminente entre indivíduos mais velhos, mulheres e desempregados (Shenassa *et al.*, 2007).

O mecanismo de ação do ar interno contaminado pelo mofo também interfere no desempenho cognitivo. Pela inalação de mofo, há interferência no processamento da cognição, decorrente de inflamação cerebral que condiciona significativamente mudanças comportamentais. A nível molecular, células imunorreativas à interleucina-1 $\beta$  em muitas áreas do hipocampo são afetadas e geram impacto na realização de atividades psicomotoras

(Harding *et al.*, 2023). Esses distúrbios do sistema imunológico, encontrados em pacientes que apresentam exposição às toxinas oriundas do mofo são resultantes de uma atividade anormal das células natural killer (Anyanwu *et al.*, 2003; Harding *et al.*, 2023). Dentre outros sinais e sintomas nessa anormalidade estão tosse, perda de memória, depressão, alterações de humor, distúrbios do sono, ansiedade, fadiga crônica, vertigem, tontura, e, em alguns casos, convulsões. Inclusive, o sono, participante de processos essenciais para o funcionamento do sistema imunológico, quando afetado pelas micotoxinas do mofo, corrobora com uma piora da imunidade (Anyanwu *et al.*, 2003).

Por fim, no ínterim das repercussões neurológicas, a ativação de uma resposta imune neural gerada pela exposição a ambientes fechados e contaminados por esporos e micotoxinas predispõe o comprometimento da concentração e repercussões neurocomportamentais, emocionais, e psicomotoras como equilíbrio, tempo de reação, latência do reflexo de piscar, discriminação de cores, campos visuais e preensão (Kilburn., 2003; Harding *et al.*, 2023).

## CONCLUSÕES

Diversos estudos têm estabelecido a relação entre repercussões na saúde relacionadas à exposição ao ar interno contaminado pelo mofo. A qualidade do ar interno é afetada por diversos fatores além das toxinas liberadas por esporos e hifas. Portanto, nesta revisão narrativa, infere-se que o mofo pode afetar

diferentes sistemas do organismo humano, bem como seu sinergismo com outras partículas presentes no ar, sugerindo que essa exposição está associada a comprometimentos respiratórios, dermatológicos, neurocomportamentais e outros que provavelmente resultam da presença de micotoxinas no ambiente interno. Diante disso, é importante que os parâmetros de contaminação por mofo sejam considerados, no que tange à qualidade do ar interno, tendo em vista as evidências científicas para recomendações clínicas e gerais, que visam reduzir a exposição e prevenir as doenças relacionadas aos diversos tipos de fungos.

## AGRADECIMENTOS/ FINANCIAMENTO

Os autores agradecem ao Instituto Gonçalo Moniz-Fiocruz, ao Programa institucional de Iniciação Científica, à Fapesb, pelo auxílio e incentivo à pesquisa.

## CONFLITO DE INTERESSE

Os autores deste trabalho declaram não possuir nenhum conflito de interesse.

## COLABORAÇÕES

Alessandra Lima Costa, Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública: responsável pela busca dos estudos, síntese, revisão e escrita de seus dados. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9152-4245>

**Gabriela Paes, Universidade Federal da Bahia: responsável pela estratégia de busca e contribuição na discussão. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4597-054X>**

**Jair Brandão de Souza Meira Júnior, Centro Universitário Dom Pedro II – UNIDOMPEDRO, Salvador: responsável pela estratégia de busca e contribuição na discussão. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6032-054X>**

**Marcos de Assis Moura - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdades de Ciências Médicas e de Saúde de Juiz de Fora - contribuição na discussão, estrutura e revisão do artigo. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0641-504X>**

**Nelzair Araújo Vianna, Instituto Gonçalo Moniz, Fiocruz - Bahia: Desenvolvimento do tema, orientação da escrita, contribuição na discussão, estrutura e revisão do artigo. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5183-6671>**

## REFERÊNCIAS

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

Anyanwu E, Campbell AW, Jones J, Ehiri JE, Akpan AI. The neurological significance of abnormal natural killer cell activity in chronic toxigenic mold exposures. *ScientificWorldJournal*. 2003 Nov 13; 3:1128-37. doi: 10.1100/tsw.2003.98. PMID: 14625399; PMCID: PMC5974762.

ASHRAE (2007b). ANSI/ASHRAE standard 62.2-2007: Ventilation and acceptable indoor air quality in low-rise residential buildings. Atlanta, American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers.

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

Change the Air Summit, 2023; Cole W. Disponível em: <https://www.changetheairsummit.org/videos/health-focused/the-autoimmune-inflammation-spectrum/>. Acesso em: 11 de março de 2024.

Coulburn L, Miller W. Prevalence, Risk Factors and Impacts Related to Mould-Affected Housing: An Australian Integrative Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Feb 7;19(3):1854. doi: 10.3390/ijerph19031854. PMID: 35162876; PMCID: PMC8835129.

Crago BR, Gray MR, Nelson LA, Davis M, Arnold L, Thrasher JD. Psychological, neuropsychological, and electrocortical effects of mixed mold exposure. *Arch Environ Health*. 2003 Aug;58(8):452-63. doi: 10.3200/AEOH.58.8.452-463. PMID: 15259424.

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>

Felipo R, Charpin D. Structural Home Defects Are the Leading Cause of Mold in Buildings: The Housing and Health Service Experience. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Dec 12;19(24):16692. doi: 10.3390/ijerph192416692. PMID: 36554570; PMCID: PMC9779167.

Gołofit-Szymczak M, Wójcik-Fatla A, Stobnicka-Kupiec A, Górny RL. Filters of automobile air conditioning systems as in-car source of exposure to infections and toxic moulds. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2023 Oct;30(49):108188-108200. doi: 10.1007/s11356-023-29947-y. Epub 2023 Sep 25. PMID: 37749467; PMCID: PMC10611836.

Guo K, Qian H, Zhao D, Ye J, Zhang Y, Kan H, Zhao Z, Deng F, Huang C, Zhao B, Zeng X, Sun Y, Liu W,

- Mo J, Sun C, Guo J, Zheng X. Indoor exposure levels of bacteria and fungi in residences, schools, and offices in China: A systematic review. *Indoor Air*. 2020 Nov;30(6):1147-1165. doi: 10.1111/ina.12734. Epub 2020 Sep 25. PMID: 32845998.
- Harding CF, Liao D, Persaud R, DeStefano RA, Page KG, Stalbow LL, Roa T, Ford JC, Goman KD, Pytte CL. Differential effects of exposure to toxic or nontoxic mold spores on brain inflammation and Morri's water maze performance. *Behav Brain Res*. 2023 Mar 28; 442:114294. doi: 10.1016/j.bbr.2023.114294. Epub 2023 Jan 10. PMID: 36638914; PMCID: PMC10460635.
- Holme JA, Øya E, Afanou AKJ, Øvrevik J, Eduard W. Characterization and pro-inflammatory potential of indoor mold particles. *Indoor Air*. 2020 Jul;30(4):662-681. doi: 10.1111/ina.12656. Epub 2020 Mar 18. PMID: 32078193.
- Kilburn KH. Indoor mold exposure associated with neurobehavioral and pulmonary impairment: a preliminary report. *Arch Environ Health*. 2003 Jul;58(7):390-8. doi: 10.1080/00039896.2003.11879139. PMID: 15143851.
- 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.
- Lee S, Ryu SH, Sul WJ, Kim S, Kim D, Seo S. Association of exposure to indoor molds and dampness with allergic diseases at water-damaged dwellings in Korea. *Sci Rep*. 2024 Jan 2;14(1):135. doi: 10.1038/s41598-023-50226-w. PMID: 38167981; PMCID: PMC10762174.
- Lu C, Norbäck D, Zhang Y, Li B, Zhao Z, Huang C, Zhang X, Qian H, Sun Y, Wang J, Liu W, Sundell J, Deng Q. Furry pet-related wheeze and rhinitis in pre-school children across China: Associations with early life dampness and mould, furry pet keeping, outdoor temperature, PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>. *Environ Int*. 2020 Nov; 144:106033. doi: 10.1016/j.envint.2020.106033. Epub 2020 Aug 11. PMID: 32795753.
- Madigan M. T., Martinko J. M., Stahl D. A. ***Brock Biology of Microorganisms***. San Fransisco: Pearsons Education Inc; 2012.
- ASHRAE (2007a). ANSI/ASHRAE standard 62.1-2007: Ventilation for acceptable indoor air quality. Atlanta, American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- Moore D, Robson GD, Trinci AP, eds. (2011). 21 st Century Guidebook to Fungi (1<sup>st</sup> ed.). Cambridge University Press. ISBN 978-0521186967.
- Mosley RB et al. (2001). Penetration of ambient fine particles into the indoor environment. *Aerosol Science and Technology*, 34:127–136.
- Øya E, Becher R, Ekeren L, Afanou AKJ, Øvrevik J, Holme JA. Pro-Inflammatory Responses in Human Bronchial Epithelial Cells Induced by Spores and Hyphal Fragments of Common Damp Indoor Molds. *Int J Environ Res Public Health*. 2019 Mar 26;16(6):1085. doi: 10.3390/ijerph16061085. PMID: 30917597; PMCID: PMC6466608.
- Prapamontol T, Norbäck D, Thongjan N, Suwannarin N, Somsunun K, Ponsawansong P, Radarit K, Kawichai S, Naksen W. Respiratory infections among junior high school students in upper northern Thailand: The role of building dampness and mould, biomass burning and outdoor relative air humidity (RH). *Environ Res*. 2023 Aug 15;231(Pt 1):116065. doi: 10.1016/j.envres.2023.116065. Epub 2023 May 4. PMID: 37149023.
- Puhlmann D, Bergmann D, Besier S, Hogardt M, Wichelhaus TA, Langhans S, Hack D, Reinheimer C, Vehreschild MJGT, Jung J, Kempf VAJ. Analysis of Mould Exposure of Immunosuppressed Patients at a German University Hospital. *Microorganisms*. 2023 Oct 28;11(11):2652. doi: 10.3390/microorganisms11112652. PMID: 38004663; PMCID: PMC10672964.
- Schaller A, Delmas C, De Blay F. Pathologies allergiques respiratoires liées aux moisissures de l'habitat [Allergic respiratory diseases related to mould in the home]. *Rev Mal*

Respir. 2019 Sep;36(7):889-901. French. doi: 10.1016/j.rmr.2018.10.619. Epub 2019 Jul 11. PMID: 31303366.

Shenassa ED, Daskalakis C, Liebhaber A, Braubach M, Brown M. Dampness and mold in the home and depression: an examination of mold-related illness and perceived control of one's home as possible depression pathways. *Am J Public Health.* 2007 Oct;97(10):1893-9. doi: 10.2105/AJPH.2006.093773. Epub 2007 Aug 29. PMID: 17761567; PMCID: PMC1994167.

Sothorn WM, O'Beirne SL, Berg M, Devine D, Khandaker N, Mikrut C, Kaner RJ. Misalignment between Clinical Mold Antigen Extracts and Airborne Molds Found in Water-damaged Homes. *Ann Am Thorac Soc.* 2022 May;19(5):746-755. doi: 10.1513/AnnalsATS.202101-096OC. PMID: 34788190.

Suojalehto H, Ndika J, Lindström I, Airaksinen L, Karvala K, Kauppi P, Lauerma A, Toppila-Salmi S, Karisola P, Alenius H. Transcriptomic Profiling of Adult-Onset Asthma Related to Damp and Moldy Buildings and Idiopathic Environmental Intolerance. *Int J Mol Sci.* 2021 Oct 1;22(19):10679. doi: 10.3390/ijms221910679. PMID: 34639020; PMCID: PMC8508786.

Vesper S, Carter E, Oke O, Rehder T, Eriksen S, Wymer L, Nye M. Higher mold levels found in the deteriorated housing in the Sun Valley neighborhood of Denver, Colorado compared to other Denver housing and higher rates of health insurance claims for some diseases documented for the Sun Valley residents compared to other Denver residents. *Int J Hyg Environ Health.* 2023 Apr; 249:114141. doi: 10.1016/j.ijheh.2023.114141. Epub 2023 Feb 20. PMID: 36812733; PMCID: PMC10023461.

Vilén L, Päivinen M, Atosuo J, Putus T. Transferring from moisture damaged school building to clean facilities - The avoidance of mold exposure induces a decline in symptoms and improvement in lung function among personnel. *Environ Res.* 2022 Sep;212(Pt D):113598. doi: 10.1016/j.envres.2022.113598. Epub 2022 May 31. PMID: 35660408.

Wang J, Pindus M, Janson C, Sigsgaard T, Kim

JL, Holm M, Sommar J, Orru H, Gislason T, Johannessen A, Bertelsen RJ, Norbäck D. Dampness, mould, onset and remission of adult respiratory symptoms, asthma and rhinitis. *Eur Respir J.* 2019 May 23;53(5):1801921. doi: 10.1183/13993003.01921-2018. PMID: 30880288.