

Prevalência de fungos anemófilos no Brasil e a correlação com doenças respiratórias e infecções fúngicas

Prevalence of airborne fungi in Brazil and correlations with respiratory diseases and fungal infections

Marcelo Batista Suehara (<https://orcid.org/0000-0002-9631-3372>)¹

Mayara Cristina Pinto da Silva (<https://orcid.org/0000-0002-1868-6931>)²

Abstract Airborne fungi are dispersed through the air. The aim of this study was to determine the prevalence of airborne fungi in Brazil and understand the relationship between fungal growth and respiratory diseases and infections. We conducted an integrative literature review of studies conducted in Brazil based on searches of the PubMed, MEDLINE-BIREME, SciELO, and LILACS databases for full-text articles published between 2000 and 2022. The searches returned 147 studies, of which only 25 met the inclusion criteria. The most prevalent genera of airborne fungi in Brazil are *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Curvularia*, and *Fusarium*. The studies were conducted in the states of Maranhão, Ceará, Piauí, Sergipe, Mato Grosso, Pernambuco, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Rio de Janeiro, São Paulo, and Minas Gerais. The findings also show the relationship between fungi and meteorological factors and seasonality, the sensitivity of atopic individuals to fungi, and the main nosocomial mycoses reported in the literature. This work demonstrates the importance of maintaining good microbiological air quality to prevent potential airborne diseases.

Key words Fungi, Air microbiology, Brazil

Resumo Fungos anemófilos se dispersam na natureza através do ar atmosférico. O presente estudo objetivou caracterizar a prevalência da microbiota fúngica anemófila no Brasil e correlacionar o crescimento fúngico com doenças respiratórias e quadros infecciosos. Este trabalho é uma revisão integrativa de literatura construída a partir da busca nas bases de dados PubMed, BIREME, SciELO e LILACS, com inclusão de trabalhos brasileiros publicados entre 2000 e 2022, em língua portuguesa ou inglesa com texto online integral. O universo do estudo foi constituído por 147 publicações, das quais 25 compuseram a amostra por atenderem aos critérios de inclusão. Os gêneros de fungos aerotransportados mais prevalentes no Brasil são: *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp., *Curvularia* sp. e *Fusarium* sp. Os locais de origem dos estudos incluem Maranhão, Ceará, Piauí, Sergipe, Mato Grosso, Pernambuco, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais. Além disso, foi possível determinar a relação dos fungos com parâmetros meteorológicos e sazonalidade, a sensibilização de indivíduos atópicos aos fungos e as principais micoses nosocomiais relatadas na literatura. Assim, o trabalho destaca a importância da manutenção da qualidade microbiológica do ar com vistas a se prevenir possíveis doenças transmitidas pelo ar. **Palavras-chave** Fungo, Microbiologia do ar, Brasil

¹ Universidade Federal da Integração Latino-Americana – Unidade PTI. Av. Tarquínio Joslin dos Santos 1000, Polo Universitário. 85870-650 Foz do Iguaçu PR Brasil. marcelosuehara@gmail.com

² Universidade Federal do Maranhão. São Luís MA Brasil.

Introdução

Os fungos são microrganismos heterotróficos e eucarióticos de caráter ubíquo, isto é, estão amplamente distribuídos no ar atmosférico, no solo, nas profundezas do oceano, nos desertos, nas geleiras, em vegetais, em reservatórios humanos e animais, inclusive em insetos, têm parede celular de quitina e organização celular que varia desde um organismo unicelular até filamentos altamente complexos^{1,2}. A diversidade fúngica nos ambientes é intensa e se traduz em relevância nos processos de ciclagem na natureza e em um abrangente potencial biotecnológico a partir dos metabólitos fúngicos, os quais resultam em bioprodutos como antibióticos, vitaminas e enzimas aplicadas em pesquisas clínicas³.

Fungos transportados na natureza através do ar atmosférico são denominados anemófilos, pertencem a distintos gêneros e espécies e têm esporos que permanecem hidrofóbicos e secos em função de proteínas ricas em cisteína presentes em sua superfície⁴. A disseminação aérea requer a presença de propágulos, que se distribuem conforme variações de temperatura, umidade do ar, precipitação volumétrica, pressão atmosférica, velocidade dos ventos e sazonalidade, além de fatores meteorológicos, e pode-se destacar a contribuição da vegetação e da poluição humana na distribuição desses microrganismos^{5,6}.

A microbiota fúngica anemófila, apesar de onipresente, também está associada a manifestações deletérias à saúde humana⁷. A inalação de propágulos fúngicos pode causar doenças alérgicas respiratórias importantes, como asma, rinite e sinusite⁸. A prevalência de doenças alérgicas respiratórias associadas à exposição fúngica foi estimada em 20 a 30% entre pacientes atópicos e em 6% na população em geral⁹. *Alternaria* sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. e *Cladosporium* sp. estão entre os gêneros mais associados a quadros de hipersensibilidade¹⁰.

A diversidade de partículas fúngicas aerotransportadas varia, a depender da localidade interna ou externa, das regiões geográficas e das estações climáticas¹⁰. O aumento da concentração da maioria dos fungos é favorecido diante de temperaturas mais elevadas e de alta umidade relativa do ar, condições que desencadeiam maior esporulação e, por conseguinte, aumento dos sintomas respiratórios alérgicos^{6,11}.

De modo geral, a qualidade da microbiota fúngica no ar de ambientes internos reflete a diversidade de fungos do ambiente externo e as espécies anemófilas são consideradas os principais

contaminantes em ambientes climatizados¹². A qualidade do ar de ambientes fechados pode suscitar, a curto ou longo prazo, infecções e oferecer riscos de doenças ocupacionais, mesmo fungos identificados como não patogênicos apresentam alto risco de desencadear micotoxicoses, infecções de ouvido e de unha¹³. A partir da introdução dos propágulos em espaços fechados, esses elementos encontram substratos adequados, nos quais ocorre a colonização e a multiplicação, como resultado, aumenta-se o risco biológico ocupacional das pessoas^{8,14}.

A contaminação ambiental por fungos tem oferecido risco a pacientes hospitalizados, em função de possíveis infecções hospitalares oriundas desses germes¹⁵. Algumas das complicações por infecções fúngicas mais conhecidas são a aspergilose pulmonar invasiva, a sinusite fúngica alérgica, otomicoses e reações tóxicas graves induzidas por micotoxinas que eventualmente levam a óbito pacientes imunocomprometidos⁹.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) destaca a ameaça do aumento global de doenças fúngicas invasivas, que apresentam limitações significativas de diagnóstico e tratamento, além disso, a OMS reforça sua crescente preocupação com a resistência aos medicamentos antifúngicos¹⁶. A pandemia da doença de coronavírus (COVID-19) acendeu o alerta para a incidência de infecções fúngicas comórbidas, entre as quais a aspergilose, a mucormicose e a candidemia ganharam destaque na literatura¹⁷.

Segundo a Resolução RE nº 9, de janeiro de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), a contaminação microbiológica torna-se um parâmetro referencial de qualidade do ar interior em ambientes climatizados. Portanto, o valor de contaminação máximo tolerado deve ser inferior a 750 UFC/m³ (UFC é a unidade formadora de colônia) de fungos, e a relação da quantidade de fungos no ambiente interior pela quantidade de fungos no ambiente exterior (I/E) deve ser igual ou menor a 1,5¹⁸.

Dessa forma, este estudo objetiva caracterizar a prevalência de fungos anemófilos no país, demonstrar a relação dos alérgenos fúngicos a quadros alérgicos respiratórios e conhecer a relação de fungos anemófilos potencialmente patogênicos à ocorrência de infecções.

O presente trabalho se justifica pela necessidade de atualização científica acerca dos dados de prevalência da microbiota fúngica anemófila em território brasileiro. Até o momento, não existe uma revisão integrativa brasileira que aborde a prevalência de fungos aerotransportados no país,

muito menos os impactos desses microrganismos à saúde humana. Os dados gerados a partir desta pesquisa são uma fonte de informações sobre qualidade do ar, contaminação microbiana e prevenção de doenças transmitidas pelo ar.

Métodos

Este estudo é um artigo de revisão integrativa de literatura de caráter analítico realizado a partir da elaboração de uma questão norteadora, com definição de critérios para a seleção dos artigos, busca de fontes, coleta de dados, análise, interpretação e discussão dos resultados. A questão norteadora foi: “Quais os principais fungos anemófilos encontrados no Brasil e suas correlações com doenças respiratórias e infecções fúngicas?”

Para a busca dos artigos, foram consultadas as bases de dados eletrônicas PubMed, Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (Medline), acessada pela interface Biblioteca Regional de Medicina (BIREME), Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS). A busca de dados ocorreu de fevereiro de 2021 a dezembro de 2022. Houve algumas etapas de construção da revisão.

A primeira etapa consistiu na busca nas bases de dados eletrônicas por estudos relacionados ao tema e condizentes com os critérios de inclusão e exclusão deste trabalho. Os Descritores em Ciências da Saúde (DeCs) empregados foram: “fungos”, “anemófilos”, “Brasil”, e seus correspondentes Medical Subject Headings (MeSH) em inglês foram “fungi”, “airborne”, “Brazil”. Os critérios de inclusão foram: artigos científicos brasileiros publicados em revistas científicas, nacionais ou internacionais, entre os anos 2000 e 2022. O critério de inclusão se valeu ainda de trabalhos publicados em inglês ou em português com texto *online* integral. Os artigos que não responderam à questão norteadora ou que tiveram dissociação do tema proposto foram excluídos, assim como os artigos em duplicidade.

A segunda etapa envolveu a coleta de dados e a exportação das referências para o Rayyan QCRI, uma plataforma de seleção que auxilia a remoção das duplicatas e facilita o processo de triagem dos títulos e resumos de acordo com os critérios de elegibilidade. O objetivo é determinar quais trabalhos serão lidos de forma integral. A partir dessa seleção, seguiu-se à leitura exploratória de todo o material encontrado nas buscas, que consistiu em uma leitura rápida para verificar se o material atendia aos requisitos da pesqui-

sa. Por fim, houve uma leitura seletiva, com uma análise mais aprofundada das partes de interesse das obras selecionadas.

A terceira etapa exigiu a análise e interpretação dos resultados. Nessa etapa, os artigos foram catalogados em um instrumento específico, contendo itens como: título, objetivos e principais resultados encontrados. O objetivo dessa etapa é organizar o conteúdo, possibilitando a obtenção de respostas ao questionamento levantado na pesquisa.

A quarta etapa consistiu na discussão dos resultados. Nesse momento, o conteúdo dos estudos selecionados na etapa anterior foi analisado e discutido a partir do referencial teórico levantado.

Resultados

Inicialmente, foram encontrados 147 estudos após a pesquisa com os descritores citados, dos quais 122 foram excluídos por estarem duplicados, por não estarem relacionados ao tema definido ou não atenderem aos critérios de elegibilidade. Ao final, foram incluídos para discussão nessa revisão 25 estudos (Figura 1).

Na base LILACS foi empregada a combinação “fungos”, “anemófilos” e “Brasil” com o operador booleano “AND”. Na base Medline-BIREME foi utilizado o termo “microbiologia do ar”. Como resultado, foram obtidos 15 artigos na LILACS e 30 artigos na Medline-BIREME.

Nas bases PubMed e SciELO foram utilizados os termos “fungi”, “airborne” e “Brazil”, juntamente com o operador booleano “AND”. Foram obtidos 86 artigos na PubMed e 16 na SciELO.

Após a seleção dos artigos, foram realizadas a leitura e a interpretação dos textos. A partir dos resultados encontrados, os estudos foram categorizados em um quadro contendo nome do artigo, objetivos e principais resultados encontrados (Quadro 1).

Entre os 25 trabalhos avaliados, observou-se que seis foram conduzidos na região Sul, sete na região Sudeste, um no Norte, nove no Nordeste e apenas dois trabalhos no Centro-Oeste (Figura 2). Os estudos demonstram que o Brasil apresenta importante diversidade na composição da microbiota fúngica anemófila, a depender da região estudada. Os seguintes gêneros fúngicos se destacaram pela alta incidência documentada nas diferentes regiões do território brasileiro: *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp., *Fusarium* sp., *Curvularia* sp. e *Alternaria* sp.

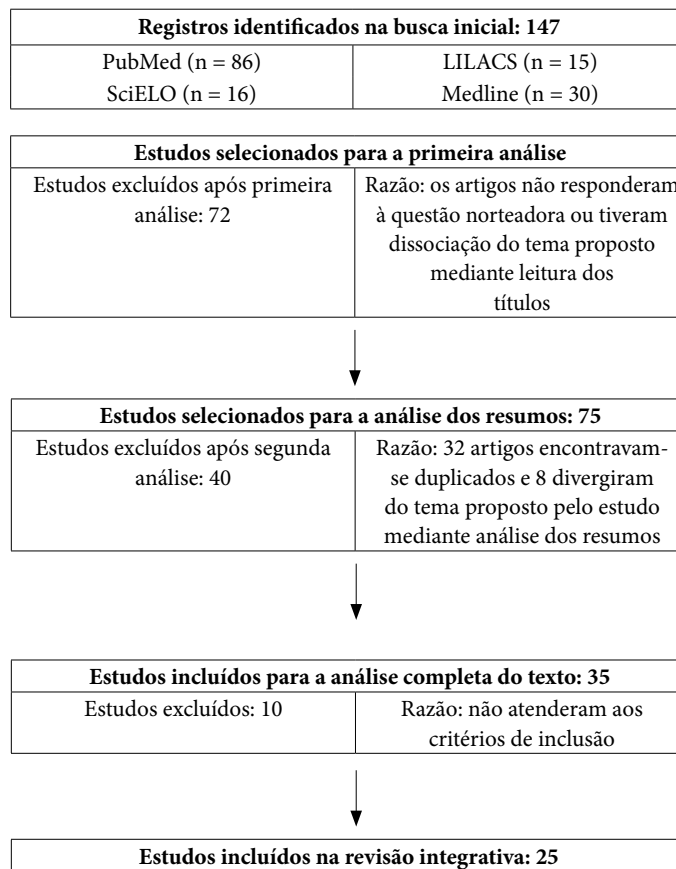


Figura 1. Fluxograma de seleção dos artigos para inclusão no estudo.

Fonte: Autores.

Observou-se que o clima quente dos trópicos favorece a ocorrência de fungos aerotransportados, contudo não ficou bem estabelecido o papel da umidade relativa do ar no processo de dispersão e crescimento dos fungos. Os resultados sugerem que a umidade pode favorecer a concentração de fungos, mas o seu excesso, todavia, tem efeito negativo no transporte das partículas biológicas. Ao contrário, luz solar e vento aumentam a distribuição atmosférica dos esporos.

Os trabalhos compilados nesta revisão pavimentam o caminho do conhecimento sobre as alergias provocadas por fungos. A exposição a esporos fúngicos aumenta o risco de pacientes atópicos apresentarem crises alérgicas de asma ou rinite. Com relação aos estudos avaliados, foram identificadas diversas espécies de aeroalérgenos fúngicos associados a doenças respiratórias. Além dos processos alérgicos, a literatura tem

documentado infecções fúngicas provocadas por fungos anemófilos. Foram encontrados fungos potencialmente patogênicos dos gêneros *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. e *Cladosporium* sp. em ambientes controlados de unidades hospitalares brasileiras. As infecções hospitalares de etiologia fúngica têm alto impacto na morbimortalidade de pacientes internados, portanto torna-se imperativo um efetivo monitoramento aerobiológico desses ambientes para prevenir infecções.

Discussão

Os artigos selecionados foram discutidos com base em três categorias: a) prevalência de fungos anemófilos no Brasil; b) fungos anemófilos e suas implicações em processos alérgicos; c) fungos anemófilos e suas implicações em infecções fúngicas.

Quadro 1. Categorização das informações dos estudos analisados.

Título	Objetivos	Principais Resultados
Airborne fungi in the region of Cubatão, São Paulo State, Brazil	Comparar a diversidade de fungos anemófilos de um local altamente poluído com a de uma área menos afetada.	Na área poluída foram encontradas 17 espécies comuns, 12 raras e 1 constante, ao passo que na área menos poluída ocorreram 19 espécies comuns, 10 raras e 2 constantes.
Airborne fungi in the city of Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil	Investigar a prevalência e variação sazonal de fungos anemófilos em Porto Alegre.	Fungos predominantes em Porto Alegre, foram ascósporos, <i>Cladosporium</i> , <i>Aspergillus</i> e <i>Penicillium</i> . O maior número de esporos ocorreu no verão e o menor no outono.
Airborne fungi and sensitization in atopic individuals in Porto Alegre, RS, Brazil	Determinar a prevalência de fungos anemófilos em Porto Alegre e a sensibilização em indivíduos atópicos.	Fungos predominantes foram: <i>Cladosporium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Helminthosporium</i> , ascósporos e basidiósporos. 15,38% dos indivíduos atópicos são sensibilizados por fungos anemófilos.
Airborne fungi isolated from Fortaleza city, State of Ceará, Brazil	Determinar a prevalência e variação sazonal de fungos anemófilos em Fortaleza.	Os gêneros <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Mycelia sterilia</i> , <i>Fusarium</i> e <i>Alternaria</i> foram encontrados durante todos os meses do ano.
Airborne fungi causing respiratory allergy in patients from Fortaleza, Ceará, Brazil	Estudar a relação entre fungos isolados no ar e pacientes com alergia respiratória em Fortaleza.	Todos os 10 fungos anemófilos mais prevalentes podem provocar reações nos testes cutâneos em indivíduos com alergia respiratória em Fortaleza.
Monitoring of airborne fungus and yeast species in a hospital unit	Monitorar e caracterizar fungos filamentosos e leveduras aerotransportados em uma unidade hospitalar.	32 gêneros foram recuperados do centro cirúrgico e 31 das UTIs. Os gêneros mais isolados foram <i>Cladophialophora</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Chrysosporium</i> sp. e <i>Aspergillus</i> sp.
Microbiota fúngica dos condicionadores de ar nas unidades de terapia intensiva de Teresina, PI	Identificar fungos anemófilos em ar-condicionado nas UTIs de Teresina-PI.	Foram encontrados 8 gêneros e 33 espécies em condicionadores de ar em UTIs. Todas as espécies isoladas são patogênicas e podem agravar o quadro dos hospitalizados.
Isolation of pathogenic yeasts in the air from hospital environments in the city of Fortaleza, northeast Brazil	Realizar o monitoramento de leveduras patogênicas em 2 hospitais de Fortaleza.	As áreas crítica e semicrítica apresentaram o mesmo número de leveduras. 4 gêneros foram isolados: <i>Candida</i> , <i>Rhodotorula</i> , <i>Trichosporon</i> e <i>Saccharomyces</i> .
Indoor and outdoor atmospheric fungal spores in the São Paulo metropolitan area (Brazil): species and numeric concentrations	Estimar as concentrações internas e externas de esporos fúngicos na Região Metropolitana de São Paulo.	<i>Penicillium</i> sp. e <i>Aspergillus</i> spp. foram as espécies dominantes em ambientes internos e externos, em todas as estações testadas.
Fungal microbiota in air-conditioning installed in both adult and neonatal intensive treatment units and their impact in two university hospitals of the central western region, Mato Grosso, Brazil	Avaliar a microbiota fúngica em aparelhos de ar-condicionado em UTIs de dois hospitais do Mato Grosso.	Os gêneros mais frequentemente detectados em ambos os hospitais foram <i>Aspergillus</i> sp., <i>Penicillium</i> sp. e <i>Cladosporium</i> sp.
Trichocomaceae: Biodiversity of <i>Aspergillus</i> sp and <i>Penicillium</i> sp residing in libraries	Determinar a prevalência de fungos anemófilos dos gêneros <i>Aspergillus</i> e <i>Penicillium</i> em bibliotecas.	<i>Aspergillus</i> sp. foi identificado em 89,6% amostras e <i>Penicillium</i> sp. 10,4%. O período de seca exibiu um maior número de esporos isolados dos dois gêneros.
Frequency of airborne fungus in critical areas at hospital unit of Aracaju, Sergipe, Brazil	Verificar a frequência de fungos anemófilos em 4 áreas críticas de unidade hospitalar.	Os gêneros mais detectados foram <i>Aspergillus</i> sp (43%), <i>Penicillium</i> sp (12%), <i>Fusarium</i> sp. (11%), <i>Candida</i> sp. (6%) e <i>Curvularia</i> sp. (5%).
The indoor air as a potential determinant of the frequency of invasive aspergillosis in the intensive care	Isolar fungos anemófilos em UTIs brasileiras e correlacionar a presença de <i>Aspergillus</i> sp. a amostras clínicas de pacientes.	Mais da metade dos fungos isolados foram <i>Cladosporium</i> sp. ou <i>Penicillium</i> sp. A contaminação fúngica do ar interno pode influenciar a frequência de aspergilose invasiva em pacientes de UTI.

continua

Quadro 1. Categorização das informações dos estudos analisados.

Título	Objetivos	Principais Resultados
Diversity and dynamics of airborne fungi in São Luis, State of Maranhão, Brazil	Identificar fungos anemófilos em São Luís e correlacioná-los com a área e sazonalidade.	Fungos mais comuns foram <i>Aspergillus Penicillium, Cladosporium, Curvularia e Fusarium</i> . Diversidade fúngica sem grandes variações sazonais.
Respiratory allergy to airborne fungi in São Luís--MA: clinical aspects and levels of IgE in a structured asthma program	Analisar o nível de IgE específica contra fungos anemófilos em pacientes com diagnóstico clínico de asma e rinite/sinusite.	79,7% foram positivos para o <i>Penicillium</i> sp; 77,8% para <i>Neurospora</i> sp; 77,8% para o <i>Fusarium</i> sp; e 44,9% foram positivos para <i>Aspergillus</i> sp.
Effect of the implosion and demolition of a hospital building on the concentration of fungi in the air	Avaliar o impacto da demolição de uma das alas de um hospital no Rio de Janeiro na concentração de fungos dentro e fora do hospital.	A implosão do prédio e sua demolição mecânica resultaram em um grande aumento na concentração de fungos no ar.
IgE serum concentration against airborne fungi in children with respiratory allergies	Avaliar as concentrações de anticorpos totais e específicos de IgE em crianças de 10 a 14 anos com doenças alérgicas respiratórias.	A concentração sérica total de IgE estava aumentada em 97% dos indivíduos atópicos.
Antimicrobial and enzymatic activity of anemophilous fungi of a public university in Brazil	Determinar a qualidade do ar do Centro Acadêmico e analisar o potencial enzimático e antimicrobiano dos fungos isolados.	Os gêneros fúngicos mais encontrados foram: <i>Aspergillus, Penicillium, Talaromyces, Curvularia e Paecilomyces</i> . Os fungos isolados têm potencial para atividade enzimática e antimicrobiana.
Airborne fungi in an intensive care unit	Isolar e identificar os fungos anemófilos presentes em uma UTI de um Hospital Universitário de Pelotas, RS.	Os gêneros fúngicos identificados foram: <i>Penicillium</i> sp., seguido de <i>Aspergillus</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Paecilomyces</i> sp., <i>Curvularia</i> sp., <i>Alternaria</i> sp.
Airborne fungi isolated from different environments of a primary school in the city of Manaus, Amazonas, Brazil	Identificar os fungos do ar de uma escola de ensino fundamental e verificar influência da sazonalidade.	Durante o período seco, o gênero mais frequente foi o <i>Aspergillus</i> sp. (19,21%), e no período chuvoso, o gênero <i>Cladosporium</i> sp. (34,8%). Prevaleceu.
Air pollution and its impact on the concentration of airborne fungi in the megacity of São Paulo, Brazil	Monitorar fungos e bactérias anemófilas e avaliar sua correlação com condições meteorológicas e poluentes em São Paulo.	O número de UFCs aumentou 80% durante o período de amostragem em resposta às mudanças ambientais favorecidas por uma greve de caminhoneiros.
Study of the fungal microbiota from the air in three environments of a University in Santa Catarina	Analisar presença de fungos anemófilos em ambiente interno e externo de uma universidade em Santa Catarina.	Os gêneros de fungos mais prevalentes foram <i>Gliocladium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp. e <i>Cladosporium</i> sp.
Monitoramento de fungos anemófilos no ambiente de uma biblioteca no município de São José do Rio Preto - SP, Brasil	Detectar a presença de fungos anemófilos no ambiente de uma biblioteca em São José do Rio Preto.	Os gêneros identificados foram: <i>Aspergillus</i> sp. (19 isolados) <i>Cladosporium</i> sp. (6 isolados); <i>Curvularia</i> sp. e <i>Trichoderma</i> sp. (3 isolados cada); <i>Cunninghamella</i> sp., <i>Penicillium</i> sp. e <i>Scopulariopsis</i> sp. (2 isolados cada); <i>Beauveria</i> sp., <i>Chaetomium</i> sp., <i>Mucor</i> sp. e <i>Nigrospora</i> sp. (1 isolado cada).
Evaluation of microbiological air parameters and the fungal community involved in the potential risks of biodeterioration in a cultural heritage of humanity, Ouro Preto, Brazil	Investigar os parâmetros microbiológicos do ar no interior da Igreja Nossa Senhora da Conceição e identificar a população de fungos anemófilos.	Foi detectada a presença de 2 espécies de fungos colonizando obras de arte: <i>Cladosporium cladosporioides</i> e <i>Aspergillus versicolor</i> . O monitoramento da qualidade do ar na Igreja estava de acordo com os padrões exigidos pela legislação brasileira
Fungos anemófilos na Praia do Laranjal, Pelotas, RS, Brasil	Identificar os fungos anemófilos presentes na Praia do Laranjal durante 1 ano.	Os fungos anemófilos de maior predominância são <i>Cladosporium</i> sp., <i>Alternaria</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Curvularia</i> sp. e as formas não esporuladas

Fonte: Autores.

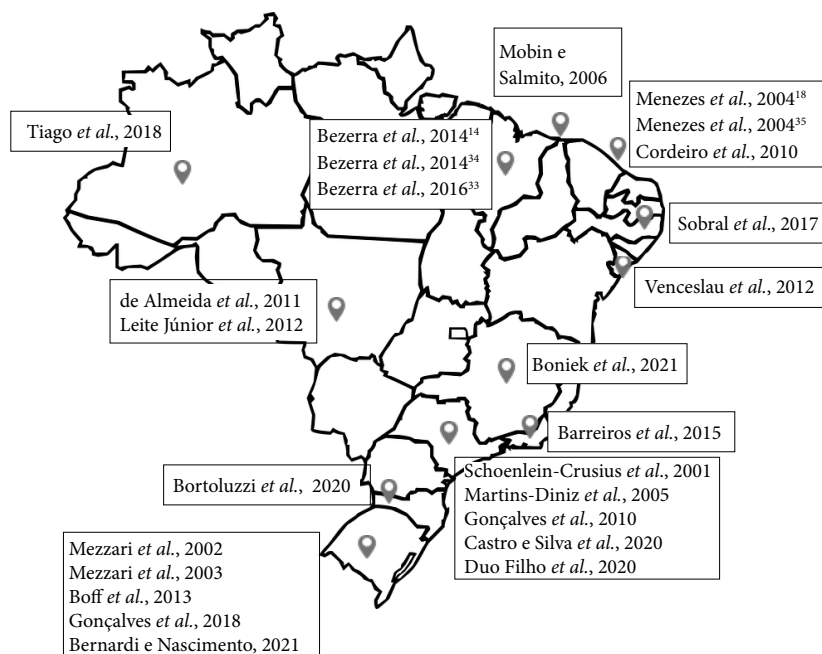


Figura 2. Distribuição dos estudos selecionados nesta revisão no território brasileiro.

Fonte: Autores.

Prevalência de fungos anemófilos no Brasil

Os fungos transportados pelo ar atmosférico são organismos ubíquos e abundantes nos ambientes e se destacam pela capacidade de produção de esporos ou propágulos fúngicos¹⁹. Os esporos são estruturas onipresentes e essenciais para distribuição e colonização fúngica em diferentes locais, suas concentrações, diâmetros aerodinâmicos e composições taxonômicas são diversas e sofrem grande influência de fatores ambientais, como temperatura, umidade relativa do ar e estação do ano^{14,20}.

De acordo com os achados do presente estudo, o clima tropical é propício para o crescimento de fungos, uma vez que condições climáticas de países como o Brasil resultam em alta liberação de esporos e maior concentração de fungos na atmosfera^{14,21}. Os fungos anemófilos, na presença de condições adequadas de oxigênio, temperatura e umidade, produzem metabólitos que favorecem o seu desenvolvimento em substratos aos quais se integram¹². O conhecimento que se tem acerca do transporte de bioaerossóis demonstra que fatores meteorológicos influem na distribui-

ção de partículas fúngicas – temperaturas mais elevadas, luz solar e vento potencializam sua dispersão pelo ar²². Uma correlação positiva entre a umidade e a quantidade de fungos também pode ser encontrada, ao contrário de estudos mais antigos que apontam predomínio de esporos fúngicos em estações mais secas e quentes^{21,23}.

A literatura não apresenta um consenso em relação às particularidades da sazonalidade na distribuição de esporos. Estudo feito em Porto Alegre demonstrou maior número de esporos no verão e menor no outono, todavia, trabalho concluído em Fortaleza demonstrou maior concentração de propágulos com temperaturas ligeiramente mais baixas nos meses de janeiro a junho^{20,21}. Um estudo no Sul que avaliava a qualidade do ar de unidades de terapia intensiva constatou acentuada variação na contagem de fungos entre as estações, com prevalência nos meses de outono²³. Existe um evidente contraste das características climáticas quando se compara as regiões Sul e Nordeste do país, por isso, torna-se difícil estabelecer um padrão de crescimento fúngico frente a contextos tão distintos. Em 2021, Bernardi e Nascimento corroboraram os resultados

de pesquisadores de Manaus que demonstraram que alguns gêneros são mais representativos em determinadas estações do ano, por exemplo: *Cladosporium* sp. tem maior incidência na estação chuvosa e *Aspergillus* sp., *Curvularia* sp. e *Penicillium* sp. predominam no período mais seco^{24,25}.

Alguns gêneros de fungos anemófilos, como *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp. e *Cladosporium* sp., são encontrados em todo o mundo²⁰. Existe diferença na distribuição de fungos ao longo das estações do ano e em relação aos ambientes externos ou internos²¹. Nesta compilação de estudos sobre fungos aerotransportados foi observado que os mesmos gêneros de fungos de maior incidência foram encontrados em ambientes externos de cidades brasileiras distintas e em épocas diferentes^{14,26}.

Em 2001 foi publicado um dos estudos pioneiros acerca da prevalência de fungos anemófilos em Porto Alegre, sendo os gêneros predominantes no ar da cidade: *Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Curvularia* sp., *Alternaria* sp., *Fusarium* sp. e outros²¹. Achados semelhantes ocorreram em 2021 em Pelotas, onde foram identificados *Cladosporium* sp. (18,22%), *Alternaria* sp. (13,84%), *Penicillium* sp. (10,20%), *Curvularia* sp. (7,47%) e *Aspergillus* sp. (3,28%)²⁴. Em trabalho conduzido em Fortaleza em 2004, os gêneros prevalentes na cidade foram: *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Curvularia* sp., *Cladosporium* sp., *Mycelia sterilia*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Neurospora* sp., *Rhodotorula* sp. e *Aureobasidium* sp., assim como *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp. foram mais frequentes em Recife e Natal, cidades climaticamente idênticas²⁰. Em São Luís, os principais gêneros encontrados no ar de ambientes externos foram *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp., *Curvularia* sp. e *Fusarium* sp.¹⁴ Os estudos estão em concordância com os resultados de uma pesquisa semelhante desenvolvida na Região Metropolitana de São Paulo que observou o *Penicillium* sp. E o *Aspergillus* sp. como espécies dominantes tanto em ambientes internos quanto externos²⁷.

Pode-se destacar a presença contínua no território brasileiro de esporos dos gêneros *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp., *Curvularia* sp. e *Fusarium* sp. ao longo de toda uma década.

Nesta revisão também foram integrados estudos que demonstraram a prevalência de fungos aerotransportados em ambientes internos. Trabalho de pesquisadores de Pernambuco avaliou a qualidade microbiológica de ambientes de uma universidade e constatou a presença dos seguin-

tes gêneros: *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Talaromyces* sp., *Curvularia* sp. e *Paecilomyces* sp., sendo as frequências de *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp. iguais a 50% e 21%, respectivamente¹². Júnior *et al.* analisaram a diversidade de fungos anemófilos em uma biblioteca do Mato Grosso e observaram o predomínio do *Aspergillus* sp. como um dos principais fungos presentes em ambientes internos. O *Aspergillus* sp. foi identificado em 89,6% das amostras, e o *Penicillium* sp. em 10,4%¹⁹. O monitoramento da microbiota do ar de uma biblioteca também ocorreu em 2020 em São José do Rio Preto, sendo identificados *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp., *Scopulariopsis* sp. e *Trichoderma* sp.²⁸ Avaliou-se no Rio de Janeiro o impacto da demolição de uma das alas de um hospital na concentração de fungos e, de modo similar, o gênero mais frequente foi o *Cladosporium* sp. (média de 45,09 UFC m³ de ar), seguido por *Penicillium* sp. (média de 14,35 UFC m³) e *Aspergillus* sp. (média de 9,22 UFC m³)²⁹.

Fungos anemófilos também podem ser empregados como bioindicadores para monitoramento ambiental³⁰. Estudo de 2020 que pesquisou a correlação de fungos e poluentes atmosféricos observou a influência da redução da frota de veículos, decorrente de uma greve de caminhoneiros, no crescimento fúngico. Durante a greve houve aumento de 80% no número de fungos atmosféricos, com diferença significativa ($p < 0,05$) quando se compara os períodos anteriores e posteriores à greve³¹.

Fungos anemófilos e suas implicações em processos alérgicos

Os esporos fúngicos correspondem a aeroalérgenos passíveis de serem inalados e estão associados a diversas doenças respiratórias no ser humano, como a rinite alérgica e a asma alérgica²⁰. Entre os grupos de fungos que dispersam esporos aéreos estão os zigomicetos, ascomicetos, basidiomicetos e deuteromicetos, neste último grupo encontram-se agentes causadores de sintomas alérgicos, como o *Aspergillus* sp., o *Penicillium* sp., o *Cladosporium* sp. E o *Alternaria* sp.²⁶

Os seres humanos apresentam exposição contínua a bioaerossóis e partículas fúngicas em suas vidas pessoais e profissionais, constituindo um verdadeiro risco ocupacional biológico potencial¹⁴. Altas concentrações de esporos no ar podem levar a um quadro de hipersensibilidade do trato respiratório e ao aumento de sintomas típicos da síndrome do edifício doente (SED),

como pneumonia, rinites, sinusites alérgicas, falta de concentração e fadiga^{23,32}.

Métodos de pesquisa imunológica com teste cutâneo e pesquisa de IgE específica para fungos anemófilos foram aplicados em Porto Alegre e demonstraram que 15,38% dos indivíduos atópicos com asma e/ou rinite na cidade são sensibilizados por fungos anemófilos²⁶. Em pesquisa realizada em São Luís, concentrações aumentadas de IgE foram observadas em 96,9% dos pacientes pediátricos com asma e/ou rinite alérgica. Nesse estudo, participaram 100 crianças, das quais 75% foram positivas para *Aspergillus*, 87% para o *Penicillium*, 46% para o *Neurospora* e 45% para o *Fusarium*³³. Pesquisa com muitas semelhanças realizada também em São Luís se propôs a analisar o nível de IgE específico contra fungos anemófilos em indivíduos adultos atópicos – 79,7% foram positivos para o *Penicillium*; 77,8% para *Neurospora* e 44,9% para *Aspergillus*³⁴.

Em Fortaleza, extratos fúngicos foram aplicados em testes de reatividade cutânea em indivíduos com alergia respiratória, nesse estudo, todos os pacientes avaliados tiveram resposta positiva aos extratos de *Aspergillus*, *Alternaria* e *Drechslera*; 70% dos avaliados tiveram resposta positiva aos extratos de *Penicillium* e *Curvularia*, e nenhum dos pacientes-controle tiveram respostas positivas aos testes cutâneos³⁵.

A caracterização da microbiota fúngica anemófila orienta a epidemiologia, o diagnóstico e tratamento das manifestações alérgicas¹². Os processos alérgicos abordados nos estudos indicam a capacidade de fungos anemófilos provocarem reações em indivíduos predispostos a produzirem uma resposta IgE a alérgenos ambientais.

Fungos anemófilos e suas implicações em infecções fúngicas

Sabe-se que os fungos anemófilos são importantes contaminantes biológicos do ar, no entanto, a Anvisa considera inaceitável a presença de espécies patogênicas ou toxigênicas ao se avaliar a qualidade do ar de ambientes internos¹⁸. A ocorrência de infecções fúngicas por microrganismos aerotransportados tem ganhado destaque na literatura médica nos últimos anos, especialmente as infecções de origem hospitalar. Os pacientes mais acometidos por micoses oportunistas são os pacientes imunocomprometidos, como os oncológicos, transplantados, com Aids, politraumatizados e neonatos^{36,37}. As infecções nosocomiais estão particularmente relacionadas a fungos dos gêneros *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp., *Paeci-*

lomyces sp., *Penicillium* sp. e *Scopulariopsis* sp., e em menor grau a *Candida* sp., *Rhodotorula* sp., *Cryptococcus* sp. e *Trichosporon* sp.²²

De acordo com uma avaliação quantitativa a respeito da presença de fungos no ar de três unidades de terapia intensiva (UTI) em Porto Alegre, houve uma marcante predominância dos gêneros *Cladosporium* sp. em ambientes internos e de *Penicillium* sp. em ambientes externos, seguido pelo gênero *Aspergillus* sp, com destaque para *A. fumigatus*, *A. niger* e *A. flavus*²³. Seus resultados foram semelhantes ao de estudo realizado em uma UTI de Pelotas que destacou a ocorrência dos gêneros *Penicillium*, *Aspergillus* e *Cladosporium*¹⁵.

Achados no Mato Grosso apontam similaridades, uma vez que os gêneros mais frequentemente detectados em UTIs foram *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp e *Cladosporium* sp.³⁸ Investigação conduzida no centro cirúrgico e nas UTIs (adulto e neonatal) de um hospital de Araraquara determinou a predominância de *Cladophialophora* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Chrysosporium* sp. e *Aspergillus* sp.³⁹

Por outro lado, trabalho de monitoramento de ambiente conduzido em UTIs e enfermarias de dois hospitais de Fortaleza isolou quatro gêneros de levedura diferentes dos achados no Sul do país: *Candida* sp., *Rhodotorula* sp., *Trichosporon* sp. e *Saccharomyces* sp.²². Em Sergipe foram isolados do centro cirúrgico quatro gêneros de fungos, quatro no centro de terapia intensiva, quatro na UTI e cinco na unidade de terapia de queimados, os gêneros detectados foram *Aspergillus* sp. (43%), *Penicillium* sp. (12%), *Fusarium* sp. (11%), *Candida* sp. (6%) e *Curvularia* sp. (5%)⁴⁰. Ainda no Nordeste, estudo que avaliou os condicionadores de ar de UTIs públicas e privadas no Piauí observou uma evidente hegemonia do gênero *Aspergillus* sp. Nesse estudo, a *A. niger* foi a espécie mais prevalente, seguida por *A. fumigatus* e *Trichoderma koningii*, *A. flavus* e *A. tamarii*³².

Os resultados desta revisão demonstram que a microbiota fúngica do ar em ambientes hospitalares no Brasil é diversa, mas com destaque para *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp., *Fusarium* sp. e *Candida* sp. Há uma evidente contribuição do gênero *Aspergillus* sp. na composição dessa microbiota e nas consequentes implicações em problemas ocupacionais e processos infecciosos.

A toxicidade das espécies de *Aspergillus* sp. é reconhecida na literatura e decorre da capacidade dos fungos de produzirem alfatoxinas, causando intoxicações³⁶.

A aspergilose é uma micose que surge após a inalação de esporos do gênero *Aspergillus* sp., pode se manifestar como uma doença bronco-pulmonar alérgica e como outras formas clínicas como invasiva e sistêmica, nesses quadros os agentes etiológicos mais envolvidos são: *A. fumigatus*, *A. flavus* e *A. niger*^{19,32}. A aspergilose invasiva ocorre comumente em indivíduos neutropênicos e portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), embora venha sendo cada vez mais identificada em pacientes não neutropênicos internados em unidades de terapia intensiva²³. *A. flavus* está associado a infecções pulmonares em pacientes imunocomprometidos, *A. fumigatus* é o principal agente de aspergilose e *A. niger* é frequente em otomicoses³².

O gênero *Cladosporium* sp. também apresenta frequência elevada em ambientes hospitalares, exercendo influência em doenças alérgicas sazonais e está associado a infecções do sistema nervoso central, como a formação de abscesso cerebral⁴¹.

Outro gênero comum reconhecido em ambientes hospitalares é o *Penicillium* sp. Embora seja um gênero historicamente identificado por seu papel no desenvolvimento de antimicrobianos, engloba fungos contaminantes do ar atmosférico que podem suscitar peniciliose ao serem inalados por indivíduos imunodeprimidos. A doença tem inicialmente um comprometimento pulmonar e evolui com acometimento sistêmico^{12,19,23}. O *Penicillium* sp. também está associado a infecções disseminadas, como abscessos cerebrais múltiplos, peritonite e pneumonia em pacientes imunocomprometidos¹⁵.

A infecção por fungos anemófilos em ambiente hospitalar pode apresentar diferentes mecanismos de transmissão, ocorrendo por inalação de propágulos fúngicos transportados e distribuídos por um sistema de ventilação ou de ar condicionado contaminados, bem como pela deposição de partículas fúngicas em feridas cirúrgicas, instrumentais de procedimentos ou por contato direto com roupas ou mãos contaminadas de membros da equipe médica^{22,37}. Esta revisão confere destaque às potencialidades anemófilas dos fungos dispersos pelo ar – a via de transmissão mais documentada é certamente a inalatória.

A literatura aponta os sistemas de ar-condicionado como importantes focos de disseminação de esporos fúngicos e destaca a instalação de sistemas de filtração HEPA (*high efficiency parti-*

culate air) nos serviços de saúde como forma de melhorar a qualidade interna dos ambientes^{38,39}.

Nota-se a importância de conhecer a prevalência de fungos no ambiente e compreender os diferentes mecanismos pelos quais fungos presentes no ar atmosférico provocam complicações, agravos à saúde e, inclusive, óbitos. Os profissionais da saúde precisam estar cientes das diversas formas de contaminação fúngica, de modo a melhorar a assistência prestada aos pacientes. É importante destacar a adoção de medidas preventivas, como o uso de equipamentos de proteção individual, a conscientização sobre a existência de infecções fúngicas e o investimento em formas mais adequadas para ventilação de ambientes, com destaque para a limpeza dos climatizadores e o uso de filtros.

Conclusão

O estudo de fungos anemófilos no Brasil é um campo diverso e que tem ganhado cada vez mais destaque. A ocorrência de grande concentração de esporos no ar de ambientes externos e internos e uma possível contaminação microbiológica aérea enfatizam a importância deste estudo. Os gêneros de fungos aerotransportados mais prevalentes no Brasil são: *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp., *Curvularia* sp. e *Fusarium* sp. Altas concentrações de esporos no ar podem levar a quadros de hipersensibilidade e a sintomas de síndrome do edifício doente, como rinosinusites alérgicas, falta de concentração e fadiga. Os processos alérgicos afetam sobretudo indivíduos atópicos. Os fungos anemófilos podem ser patogênicos e toxigênicos, causando doenças fúngicas invasivas com consequências desastrosas para pacientes imunossuprimidos.

As limitações encontradas neste estudo foram: inclusão de artigos somente em português e inglês e foco de análise voltado apenas para trabalhos conduzidos no Brasil. Infelizmente, ainda são poucos os estudos relacionados à microbiota fúngica anemófila no Brasil, portanto, a amostra de artigos selecionados para a composição desta revisão não foi robusta.

Em função da importância da temática abordada, sugere-se que novos estudos com esse teor sejam conduzidos no Brasil. Esta revisão visa contribuir para novas discussões científicas para o desenvolvimento de políticas públicas em saúde pautadas na qualidade microbiológica do ar.

Colaboradores

Curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, redação e rascunho original: MB Suehara. Conceituação, curadoria de dados, análise formal, aquisição de financiamento, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, redação, revisão e edição: MCP Silva.

Financiamento

Este estudo teve apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código Financeiro 001, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA-BIC-01741/20) e da Universidade Federal do Maranhão (PIBIC/CNPq/FAPEMA/UFMA 2020-2021).

Referências

1. Naranjo-Ortiz MA, Gabaldón T. Fungal evolution: diversity, taxonomy and phylogeny of the Fungi. *Biol Rev* 2019; 94(6):2101-2137.
2. Köhler JR, Hube B, Puccia R, Casadevall A, Perfect JR. Fungi that infect humans. *Microbiol Spectr* 2017; 5(3):813-843.
3. Hernandez H, Martinez LR. Relationship of environmental disturbances and the infectious potential of fungi. *Microbiol* 2018; 164(3):233-241.
4. Cai F, Gao R, Zhao Z, Ding M, Jiang S, Yagtu C, Zhu H, Zhang J, Ebner T, Mayrhofer-Reinhartshuber M, Kainz P, Chenthamara K, Akcapinar GB, Shen Q, Druzhinina IS. Evolutionary compromises in fungal fitness: hydrophobins can hinder the adverse dispersal of conidiospores and challenge their survival. *ISME J* 2020; 14(10):2610-2624.
5. Souza PMS, Andrade SL, Lima AF. Pesquisa, isolamento e identificação de fungos anemófilos em restaurantes *self-service* do Centro de Maceió/AL. *CBioS* 2013; 1(3):147-154.
6. Odebode A, Adekunle A, Stajich J, Adeonipekun P. Airborne fungi spores distribution in various locations in Lagos, Nigeria. *Environ Monit Assess* 2020; 192(2):87.
7. Dubey T. Indoor air pollution due to mycoflora causing acute lower respiratory infections. *Microbiol Res Syst Infect* 2016; 1: 95-112.
8. Martins ODA. *Fungos anemófilos e leveduras isolados em ambientes de laboratórios de microbiologia em instituição de ensino superior* [dissertação]. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas; 2016.
9. Priyamvada H, Singh RK, Akila M, Ravikrishna R, Verma RS, Gunthe SS. Seasonal variation of the dominant allergenic fungal aerosols – one year study from southern Indian region. *Sci Rep* 2017; 7(1):11171.
10. Nageen Y, Asemoloye MD, Pölme S, Wang X, Xu S, Ramteke PW, Pecoraro L. Analysis of culturable airborne fungi in outdoor environments in Tianjin, China. *BMC Microbiol* 2021; 21(1):134.
11. Grinn-Gofroń A, Bosiacka B, Bednarz A, Wolski T. A comparative study of hourly and daily relationships between selected meteorological parameters and airborne fungal spore composition. *Aerobiologia* 2018; 34(1):45-54.
12. Sobral LV, Melo KN, Souza CM, Silva SF, Silva GLR, Silva ALF, Wanderley KAA, Oliveira IS, Cruz R. Antimicrobial and enzymatic activity of anemophilous fungi of a public university in Brazil. *An Acad Bras Cienc* 2017; 89(3):2327-2340.
13. Abbasi F, Samaei MR. The effect of temperature on airborne filamentous fungi in the indoor and outdoor space of a hospital. *Environ Sci Pollut Res* 2019; 26(17):16868-16876.
14. Bezerra GFDB, Gomes SM, Silva MACN, Santos RM, Muniz Filho WE, Viana GMC, Nascimento MDSB. Diversity and dynamics of airborne fungi in São Luis, State of Maranhão, Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop* 2014; 47(1):69-73.
15. Gonçalves CL, Mota FV, Ferreira GF, Mendes JF, Pereira EC, Freitas CH, Vieira JN, Villarreal JP, Nascence PS. Airborne fungi in an intensive care unit. *Brazilian J Biol* 2018; 78(2):265-270.

16. World Health Organization (WHO). *WHO fungal priority pathogens list to guide research, development and public health action*. Geneva: WHO; 2022.
17. Pal R, Singh B, Bhadada SK, Banerjee M, Bhogal RS, Hage N, Kumar A. COVID-19-associated mucormycosis: An updated systematic review of literature. *Mycoses* 2021; 64(12):1452-1459.
18. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Resolução – RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003. Determinar a publicação de orientação técnica elaborada por grupo técnico assessor, sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. *Diário Oficial da União* 2003; 20 jan.
19. Leite Júnior DP, Yamamoto ACA, Amadio JVRS, Martins ER, Santos FAL, Simões SAA, Hahn RC. Trichocomaecae: biodiversity of aspergillus spp and penicillium spp residing in libraries. *J Infect Dev Ctries* 2012; 6(10):734-743.
20. Menezes EA, Trindade ECP, Costa MM, Freire CCF, Cavalcante MDS, Cunha FA. Airborne fungi isolated from Fortaleza City, State of Ceará, Brazil. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo* 2004; 46(3):133-137.
21. Mezzari A, Perin C, Santos SA, Bernd LAG. Airborne fungi in the city of Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo* 2002; 44(5):269-272.
22. Cordeiro RA, Brilhante RS, Pantoja LD, Moreira Filho RE, Vieira P, Rocha MF, Monteiro AJ, Sidrim JJ. Isolation of pathogenic yeasts in the air from hospital environments in the city of Fortaleza, northeast Brazil. *Braz J Infect Dis* 2010; 14(1):30-34.
23. Boff C, Zoppas BCDA, Aquino VR, Kuplich NM, Miron D, Pasqualotto AC. The indoor air as a potential determinant of the frequency of invasive aspergillosis in the intensive care. *Mycoses* 2013; 56(5):527-531.
24. Bernardi E, Nascimento JS. Fungos anemófilos na Praia do Laranjal, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. *Arq Inst Biol* 2005; 72(1):93-97.
25. Tiago MRM, Oliveira JAA, Cortez ACA, Souza JVB. Airborne fungi isolated from different environments of a primary school in the city of Manaus, Amazonas, Brazil. *Arquiv Asma Alerg Imunol* 2018; 2(2):264-269.
26. Mezzari A, Perin C, Santos Júnior SA, Bernd LAG, Gesu GD. Airborne fungi and sensitization in atopic individuals in Porto Alegre, RS, Brazil. *Rev Assoc Med Bras* 2003; 49(3):270-273.
27. Gonçalves FLT, Bauer H, Cardoso MRA, Pukinskas S, Matos D, Melhem M, Puxbaum H. Indoor and outdoor atmospheric fungal spores in the São Paulo metropolitan area (Brazil): species and numeric concentrations. *Int J Biometeorol* 2010; 54(4):347-355.
28. Duo Filho VB, Siqueira JPZ, Colombo TE. Monitoramento de fungos anemófilos no ambiente de uma biblioteca no município de São José do Rio Preto – SP, Brasil. *Arq Cienc Saude UNIPAR* 2020; 24(2):75-80.
29. Barreiros G, Akiti T, Magalhães ACG, Nouér SA, Nucci M. Effect of the implosion and demolition of a hospital building on the concentration of fungi in the air. *Mycoses* 2015; 58(12):707-713.
30. Schoenlein-Crusius IH, Trufem SFB, Grandi RAP, Milanez AI, Pires-Zottarelli CLA. Airborne fungi in the region of Cubatão, São Paulo State, Brazil. *Braz J Microbiol* 2001; 32(1):61-65.
31. Castro e Silva DM, Marcusso RMN, Barbosa CGG, Gonçalves FLT, Cardoso MRA. Air pollution and its impact on the concentration of airborne fungi in the megacity of São Paulo, Brazil. *Heliyon* 2020; 6(10):e05065.
32. Mobin M, Salmito MDA. Microbiota fúngica dos condicionadores de ar nas unidades de terapia intensiva de Teresina, PI. *Rev Soc Bras Med Trop* 2006; 39(6):556-559.
33. Bezerra GFDB, Haidar DMC, Silva MACN, Muniz Filho WE, Santos RM, Rosa IG, Viana GMC, Zaror L, Nascimento MDSB. IgE serum concentration against airborne fungi in children with respiratory allergies. *Allergy Asthma Clin Immunol* 2016; 12(1):18.
34. Bezerra GFDB, Almeida FC, Silva MACN, Nascimento ACB, Guerra RNM, Viana GMDC, Muniz Filho WE, Costa MR, Zaror L, Nascimento MDB. Respiratory allergy to airborne fungi in São Luis-MA: clinical aspects and levels of IgE in a structured asthma program. *J Asthma* 2014; 51(10):1028-1034.
35. Menezes EA, Carvalho PG, Trindade ECPM, Madeira Sobrinho G, Cunha FA, Castro FFM. Airborne fungi causing respiratory allergy in patients from Fortaleza, Ceará, Brazil. *J Bras Patol Med Lab* 2004; 40(2):79-84.
36. Bortoluzzi BB, Maciel CG, Reis D, Freitas J. Estudo da microbiota fúngica do ar em três ambientes de uma Universidade em Santa Catarina. *Rev Prev Infec Saude* 2020; 6:9833.
37. Belizario JA, Lopes LG, Pires RH. Fungi in the indoor air of critical hospital areas: a review. *Aerobiologia* 2021; 37(3):379-394.
38. Almeida Alves Simões S, Júnior DPL, Hahn RC. Fungal microbiota in air-conditioning installed in both adult and neonatal intensive treatment units and their impact in two university hospitals of the Central Western Region, Mato Grosso, Brazil. *Mycopathol* 2011; 172(2):109-116.
39. Martins-Diniz JN, Silva RAM, Miranda ET, Mendes-Giannini MJS. Monitoring of airborne fungus and yeast species in a hospital unit. *Rev Saude Publica* 2005; 39(3):398-405.
40. Venceslau EM, Martins RPP, Oliveira ID. Frequência de fungos anemófilos em áreas críticas de unidade hospitalar de Aracaju, Sergipe, Brasil. *Rev Bras Anal Clin* 2012; 44(1):26-30.
41. Boniek D, Abreu CS, Santos AFB, Stoianoff MAR. Evaluation of microbiological air parameters and the fungal community involved in the potential risks of biodeterioration in a cultural heritage of humanity, Ouro Preto, Brazil. *Folia Microbiol (Praha)* 2021; 66(5):797-807.

Artigo apresentado em 31/05/2022

Aprovado em 02/04/2023

Versão final apresentada em 04/04/2023

Editores-chefes: Romeu Gomes, Antônio Augusto Moura da Silva