

OCORRÊNCIA DE FUNGOS ANEMÓFILOS EM UNIDADES ESCOLARES DA CIDADE DE LAGES, SANTA CATARINA, BRASIL

Rosiléia Marinho de Quadros¹, Jary André Carneiro Júnior²,
Monalise Kuspther³, Bruno Pitz da Silva⁴, Carlos José Raupp Ramos⁵,
Beatriz Valgas Marques⁶, Gabriela Elisa de Oliveira Chaves⁷

Resumo: Os fungos anemófilos são caracterizados por apresentar suas estruturas dispersas pelo ar. Estas estruturas quando inaladas, podem ser responsáveis por manifestações respiratórias. Os ambientes fechados com grande trânsito de pessoas como os hospitais, as escolas, os presídios entre outros, podem ser locais onde a propagação fúngica desta natureza é mais frequente. O estudo teve por objetivo identificar a presença de fungos anemófilos em unidades escolares da cidade de Lages, Santa Catarina, Brasil. Para a realização do experimento, foram depositadas cinco placas de Petri contendo meio de cultura de ágar Sabouraud Dextrose em cada unidade escolar, em ambientes variados como salas de aula, sala dos professores e bibliotecas, totalizando vinte e cinco placas no mês de julho e outras vinte e cinco nas mesmas unidades escolares no mês de outubro do ano de 2023, contabilizando 50 placas. Foram amostradas 101 colônias de fungos filamentosos, *Penicillium* sp. foi o mais ocorrente, seguido por *Aspergillus* sp. e *Curvularia* sp. Em relação as estações do ano, no inverno *Penicillium* sp. e *Curvularia* sp.

¹ Bióloga e Médica Veterinária; Doutorado em Ciências Veterinária; Profa da Universidade do Planalto Catarinense (UNIPLAC).

² Biólogo; Setor de Comunicação; Universidade do Planalto Catarinense (UNIPLAC).

³ Biomédica; Universidade do Planalto Catarinense (UNIPLAC).

⁴ Biomédico; Mestrando em Bioquímica e Biologia Molecular; Universidade do Planalto Catarinense (UNIPLAC).

⁵ Médico Veterinário; Doutorado em Ciência Animal; Prof. Adjunto da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS).

⁶ Acadêmica do curso de Medicina Veterinária; Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

⁷ Acadêmica do curso de Medicina Veterinária; Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

foram mais prevalentes, enquanto na primavera predominou *Aspergillus* sp. A presença de *Aspergillus* sp., causador da aspergilose é de extrema relevância, visto que a doença está na lista de doenças negligenciada e de caráter crítico, segundo a Organização Mundial da Saúde.

Palavras-chave: fungos anemófilos; fungos filamentosos; escolas.

Abstract: Anemophilous fungi are characterized by having their structures dispersed through the air. When inhaled, these structures can cause respiratory manifestations. Enclosed environments with high foot traffic, such as hospitals, schools, and prisons, among others, can be places where fungal propagation of this nature is more frequent. The objective of this study was to identify the presence of anemophilous fungi in school units in the city of Lages, Santa Catarina, Brazil. To carry out the experiment, five Petri dishes containing Sabouraud Dextrose Agar culture medium were placed in each school unit, in various environments such as classrooms, teachers' lounges, and libraries, totaling twenty-five plates in July and another twenty-five in the same school units in October 2023, for a total of 50 plates. A total of 101 colonies of filamentous fungi were sampled, with *Penicillium* sp. being the most frequent, followed by *Aspergillus* sp. and *Curvularia* sp. Regarding the seasons of the year, *Penicillium* sp. and *Curvularia* sp. were more prevalent in winter, while *Aspergillus* sp. predominated in spring. The presence of *Aspergillus* sp., the causative agent of aspergillosis, is extremely significant, given that the disease is listed as a neglected and critical disease by the World Health Organization.

Keywords: anemophilic fungi; filamentous fungi; schools.

1 INTRODUÇÃO

As estruturas dos fungos dispersam-se na natureza através do ar, da água, de insetos, do homem e de animais. Quando essa propagação se dá pelo ar, os fungos são denominados anemófilos ou alergizantes, cujos esporos são aeroalérgenos, responsáveis por manifestações respiratórias, principalmente em elevadas exposições ou de caráter oportunistas em hospedeiros imunocomprometidos (Tiago *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2021).

As avaliações recentes sugerem que mais de 300 milhões de pessoas sejam afetadas por infecções graves por fungos, causando 1,5 milhão de mortes por ano em todo o mundo (Fisher; Denning, 2023). Estas infecções são principalmente importantes para as pessoas com alguma função imunológica comprometida, resultando em alta morbimortalidade (Bongomin *et al.*, 2017; Rayens; Norris, 2022).

As doenças fúngicas podem variar desde infecções leves da pele até doenças invasivas (Thambugala *et al.*, 2024). Estas doenças também levam a grandes custos econômicos que impactam o sistema de saúde, com custos diretos e indiretos, sendo que nos Estados Unidos as perdas podem chegar a 11,5 bilhões de dólares a cada ano (Smith *et al.*, 2023). Em relação as infecções fúngicas, acredita-se que a aspergilose invasiva afete anualmente 300.000 pessoas em 10 milhões de pessoas em risco (Firacative, 2020).

A microbiota fúngica anemófila pode ser semelhante ou diferente em cada cidade ou região (Mezzari *et al.*, 2003).

A sazonalidade dos surtos de doenças fúngicas pode estar relacionada a períodos de maior dispersão pelo vento e aos efeitos das alterações climáticas que ocorrem na precipitação e na temperatura (Belizario; Lopes; Pires, 2021). Compreendendo o comportamento sazonal dessas variáveis é fundamental para o entendimento do impacto dos patógenos fúngicos no ser humano (Silva *et al.*, 2019).

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 geral (Nageen *et al.*, 2021).

Entre os gêneros de fungos anemófilos mais ocorrentes para as causas alergênicas estão: *Alternaria* sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. e *Cladosporium* sp. (Priyamvada *et al.*, 2017).

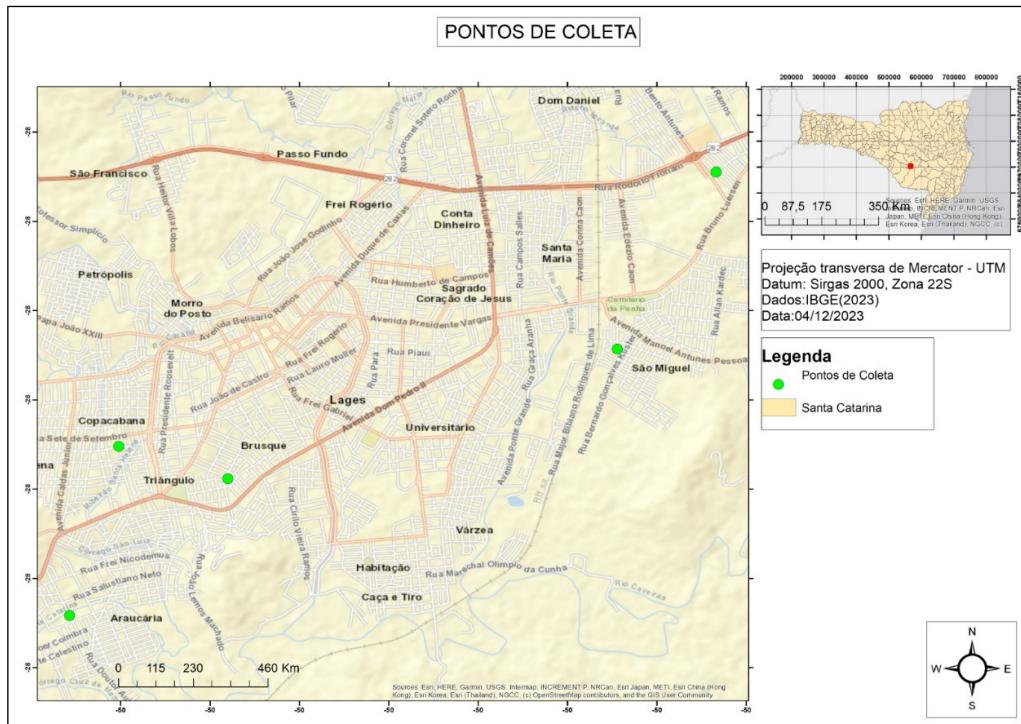
A presença dos fungos anemófilos ambientais deve levar em consideração a sazonalidade, a altitude, presença de radiação solar entre outros fatores (Odebode *et al.*, 2020).

O objetivo deste estudo foi identificar a presença dos principais fungos anemófilos em unidades escolares da cidade de Lages, Santa Catarina, Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo, foram amostradas cinco unidades escolares municipais do ensino fundamental da cidade de Lages, Santa Catarina. A amostragem foi de cunho aleatório, sendo as unidades escolares distribuídas em cinco pontos distantes da cidade, conforme representado na Figura 1.

Figura 1. Localização das escolas municipais da cidade de Lages, Santa Catarina, Brasil.



Em cada unidade escolar, foram depositadas cinco placas de Petri com ágar Sabouraud Dextrose (Kasvi®) em diferentes ambientes (salas de aulas, sala dos professores e bibliotecas), totalizando vinte e cinco placas para cada mês amostrado. As placas com meio de cultura foram deixadas entreabertas por um período de 10 dias em locais mais elevados das salas para a melhor captação das estruturas fúngicas. O experimento foi realizado no mês de julho e outubro de 2023. Durante o experimento também foram medidas a temperatura e a umidade relativa do ar (URA).

Após o período de crescimento dos fungos, as placas foram recolhidas dos ambientes escolares e foram levadas ao Laboratório de Microscopia da Universidade do Planalto Catarinense (UNIPLAC), localizado em Lages, Santa Catarina.

A identificação dos fungos foi inicialmente através da macroscopia das colônias e após, por meio da identificação microscópica, conforme Lacaz et al. (1998) e Minami (2003). Com auxílio de uma alça bacteriológica, foi colhida uma amostra de todas as colônias com colorações, elevações, bordas e relevos distintos. O segmento da colônia colhido foi depositado em lâmina, sendo adicionado uma gota de azul de lactofenol (azul de algodão) para a verificação

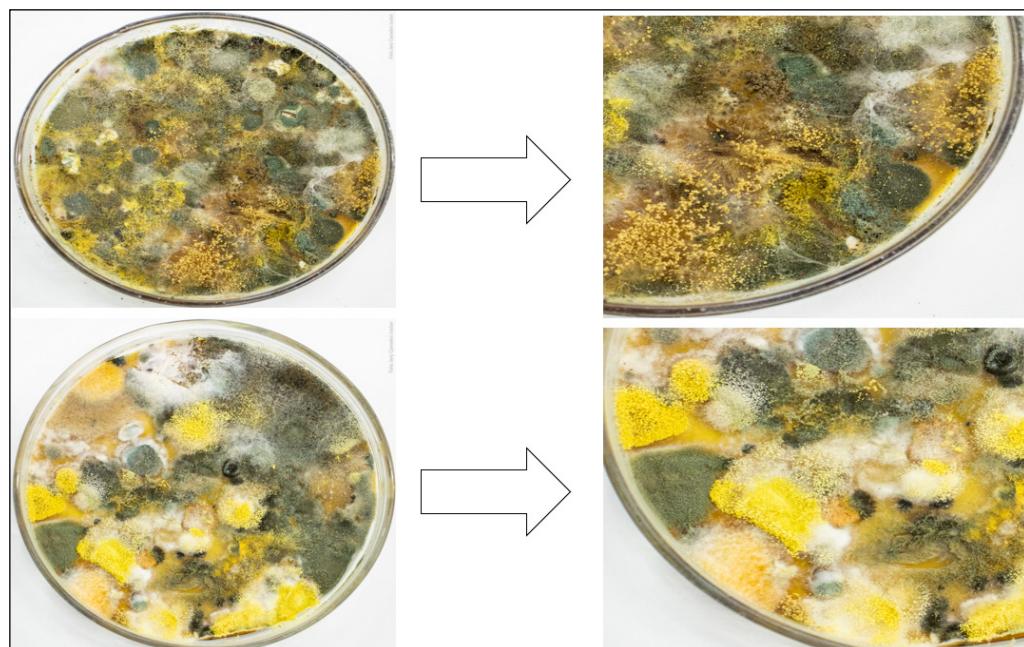
das estruturas dos fungos como hifas, conídios entre outras, importantes na identificação dos gêneros.

O estudo teve o consentimento da Secretaria Municipal de Educação da cidade de Lages, Santa Catarina.

3 RESULTADOS

As 50 placas contendo o meio de cultura, apresentaram diversas colônias de fungos anemófilos, sendo 100% do tipo filamentosos. Ao total 101 fungos obtiveram crescimento nos ambientes já citados, onde este crescimento ocorreu tanto no período de inverno, quanto na primavera. A temperatura média no tempo de exposição das placas foi de 12 °C no inverno e de 22 °C na primavera, com URA (umidade relativa do ar) variando de 79,3% a 51%, respectivamente. No crescimento macroscópico de fungos anemófilos, observou-se uma grande variedade de micélio de colorações diferentes como mostra a Figura 2.

Figura 2. Diversidade macroscópicas dos isolados de fungos anemófilos (com detalhes do micélio) de diferentes ambientes em cinco unidades escolares da rede municipal da cidade de Lages, Santa Catarina, Brasil.



Foram identificados cinco gêneros diferentes de fungos, bem como fungos da Ordem Mucorales e algumas colônias não foram identificadas através da microscopia, visto que as estruturas fúngicas não permitiram a identificação. Os fungos anemófilos identificados estão representados na Tabela 1. Em relação

a estação do ano (inverno e primavera), os principais gêneros identificados estão listados na Tabela 2. Os principais gêneros de fungos anemófilos, para melhor visualização de suas estruturas de identificação, estão indicados na Figura 3.

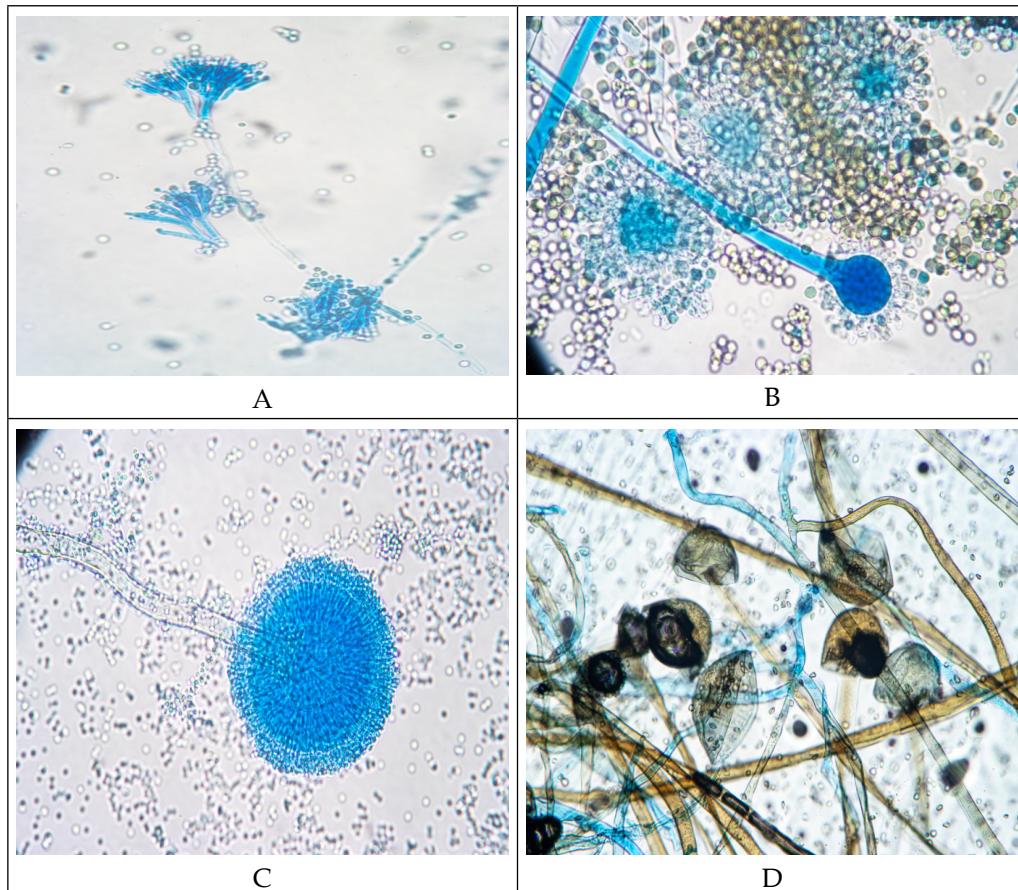
Tabela 1. Principais gêneros de fungos anemófilos ocorrentes em cinco unidades escolares da rede municipal da cidade de Lages, Santa Catarina, Brasil.

Gêneros	Unidades Escolares		
	Salas de Aulas	Sala dos Professores	Bibliotecas
<i>Penicillium</i> sp.	21	05	-
<i>Curvularia</i> sp.	20	-	03
<i>Aspergillus</i> sp	17	02	03
<i>Syncephalastrum</i> sp.	04	01	02
Fungos Mucorales	04	03	02
<i>Cladosporium</i> sp.	03	-	01
<i>Cunninghamella</i> sp.	03	-	-
Não identificados	05	-	02
Total	77	11	13

Tabela 2. Relação da ocorrência entre os gêneros de fungos anemófilos registrados em relação a estação do ano nas unidades escolares da cidade de Lages, Santa Catarina, Brasil.

Gêneros	Inverno	Primavera
<i>Curvularia</i> sp.	18	05
<i>Aspergillus</i> sp	02	20
<i>Penicillium</i> sp.	20	06
Mucorales	06	03
<i>Cladosporium</i> sp.	01	03
<i>Mucorales</i> (<i>Syncephalastrum</i> sp.)	-	10
Não identificados	05	02
Total	52	49

Figura 3. Aspectos microscópicos dos fungos que apresentaram maior ocorrência das unidades escolares da cidade de Lages, Santa Catarina, Brasil. Cultivo das placas de Petri contendo ágar sabourand dextrose, coradas com azul de lactofenol. A- *Penicillium* sp., B- *Aspergillus* sp., C- *Syncephalastrum* sp., D- Fungos Mucorales.



4 DISCUSSÃO

Para a Organização Mundial da Saúde (OMS), as doenças fúngicas são negligenciadas e os fungos atualmente apresentam importância crítica, necessitando de ações de vigilância, pesquisas e intervenções na saúde pública (Fisher; Denning, 2023).

A concentração de fungos anemófilos no ambiente depende de vários fatores abióticos, como precipitação pluviométrica, temperatura, umidade relativa do ar, incidência de raios solares (Silva *et al.*, 2021).

Em ambientes fechados, torna-se propício à propagação de fungos anemófilos (Suehara; Silva, 2023). Em ambientes como escolas esta condição

gera preocupação devido a quantidade de horas em que professores e escolares se mantém dentro destes locais.

A propagação fúngica depende das condições ambientais, em virtude da exposição às estruturas fúngicas levar a sérios problemas de saúde é de suma importância avaliar as situações de ambientes fechados (Atya *et al.*, 2019).

A presença no ar de propágulos fúngicos podem afetar a saúde dos indivíduos em um determinado ambiente. Por isso, é importante estabelecer a manutenção da qualidade do ar interno, criando um ambiente com condições térmicas ideais para prevenir a proliferação de fungos (Cordeiro *et al.*, 2021).

A exposição intensa e persistente a agentes biológicos pode desencadear problemas de saúde, sendo que os ambientes fechados em países tropicais podem ser reservatórios importantes para a propagação de propágulos fúngicos. Desta forma pessoas submetidas a estes ambientes podem sofrer de enfermidades ocupacionais (Molina-Veloso; Borrego-Alonso, 2017).

Os fungos exibem morfotipos distintos e podem causar infecções invasivas superficiais e potencialmente fatais. As respostas alérgicas a fungos se relacionam com a forma de propagação de suas estruturas, como por exemplo a inalação dos esporos ou através de propágulos fúngicos como os fragmentos de micélios (Li; Liu; Yao, 2022).

Os esporos produzem reações alérgicas devidas as proteínas ou glicoproteínas presentes na parede celular, sendo que as respostas do hospedeiro diferem para cada tipo de esporo e suscetibilidade individual, assim variando também na gravidade do caso (Lionakis *et al.*, 2023).

Para Suehara e Silva (2023), os fungos anemófilos de maior importância na saúde pública, estão os gêneros *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. e *Cladosporium* sp. Estes dados corroboram os achados nas unidades escolares de Lages, Santa Catarina.

Em comparação com ambientes fechados, o ambiente hospitalar a microbiota formada por fungos filamentosos principalmente formados por *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Alternaria*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Syncephalastrum*, sendo que a maioria potencialmente patogênicos e causadores de diferentes enfermidades no homem, bem como também foram encontrados em ambientes hospitalares na Venezuela (Muñoz; Rodriguez, 2020).

As crianças constituem um grupo de risco vulnerável aos fungos alergênicos, em decorrência das doenças respiratórias, como exemplo a asma. A asma, causa um grande impacto na sociedade decorrentes das perdas de dias de escola, faltas ao trabalho por parte dos pais, como também para o sistema de saúde (Chatkin; Menezes, 2005).

No estudo realizado por Tiago *et al.* (2018) em uma escola primária de Manaus (AM), os gêneros mais frequentes foram *Cladosporium* sp., *Aspergillus*

sp., *Penicillium* sp., *Curvularia* sp. e *Drechslera* sp. Durante o período seco, o gênero mais frequente foi *Aspergillus* sp. e no período chuvoso, *Cladosporium* sp. Estes dados conferem com o presente estudo onde *Aspergillus* sp. foi mais ocorrente na primavera quando a intensidade de chuva foi menor.

Em relação as estações do ano no desenvolvimento do estudo, no inverno a presença de *Penicillium* foi mais ocorrente comparada a primavera. Segundo Park *et al.* (2019), em estudo realizado na Coreia para entender a dinâmica entre a presença de *Penicillium* entre ambientes terrestres e marinhos, foi observado que a diversidade deste fungo foi significativamente maior no inverno do que no verão.

A mucormicose é causada por fungos da Ordem Mucorales, potencialmente fatal, principalmente pela inalação ou contato de esporos, sobretudo pelo gênero *Rhizopus*. Embora este seja o mais ocorrente, qualquer outra espécie dentro da ordem podendo levar a necrose tecidual, levando a infecções cutânea, pulmonar e rinocerebral, principalmente em indivíduos imunocomprometidos (Nicolás *et al.*, 2020). A micose é a terceira infecção fúngica angioinvasiva mais comum, depois da candidíase e da aspergilose (Tahiri *et al.*, 2023).

A mucormicose emergiu como uma complicação devastadora da COVID-19, particularmente na Índia (Lionakis; Drummond; Hohl, 2023). A presença de fungos dentro da Ordem Mucorales, bem como de *Syncephalastrum* chama a atenção, uma vez que ambientes escolares, frequentados sobretudo de crianças podem representar um risco à saúde, ainda mais em uma cidade fria e úmida como Lages, onde grande parte das salas se mantêm fechadas durante o inverno, proporcionando maior contato com estes fungos.

Para Kabdani *et al.* (2024), *Syncephalastrum* são geralmente implicados como contaminantes clínicos com baixa patogenicidade e raros em causar doenças no homem, porém nos últimos anos, relatos de casos de infecções humanas decorrentes do comprometimento do sistema imune tem ocorrido. Ainda para Irshad *et al.* (2020), também a infecção por *Syncephalastrum* pode ocorrer em pacientes em uso prolongado de esteróides, diabetes mal controlada ou pacientes com doenças graves.

A cidade de Lages, em virtude de estar localizada na região serrana, pode proporcionar um microbioma especial para a propagação de fungos anemófilos, visto que o inverno, as temperaturas são extremamente frias e o clima chuvoso. Estes fatores, fazem com que as pessoas permaneçam mais tempo em ambientes fechados e aumentam a chances de infecções fúngicas. A presença de *Aspergillus* sp. é de extrema relevância, uma vez que está citado na lista de doenças negligenciada e de caráter crítico pela Organização Mundial de Saúde.

5 CONCLUSÃO

Em decorrência da falta de estudos sobre a microbiota fúngica em ambientes escolares, este estudo buscou levantar uma tratativa de alerta sobre o tema. Em virtude da falta de dados para determinar a sensibilidade alérgica, onde existe dificuldade em padronizar fungos para aplicação, em função da variabilidade em sua composição bioquímica e imunológica, pode haver alunos e professores com reações alérgicas provenientes da inalação de estruturas fúngicas nestes ambientes. Diante do exposto, ocorre a necessidade de maiores informações sobre os fungos anemófilos, o aumento de estudos sobre as espécies com potencial alergênicos e a busca de indicadores ambientais.

REFERÊNCIAS

- ATYA, A. K. *et al.* Assessment of airborne fungi in indorr environment for biological lab rooms. **JPAM**, v. 13, n. 4, p.2281-2286, 2019.
- BELIZARIO, J. A.; LOPES, L. G.; PIRES, R. H. Fungi in the indoor air of critical hospital areas: a review. **Aerobiologia**, v. 37, p. 379–394, 2021.
- BONGOMIN, F. *et al.* Global and Multi-National Prevalence of Fungal Diseases-Estimate Precision. **J. Fungi**, v. 3, n. 4, p. 1- 29, 2017.
- CORDEIRO *et al.* Fungos anemófilos associados ao ambiente das enfermarias em unidade hospitalar do Cabo de Santo Agostinho-PE, Brasil. **SaBios: Rev. Saúde e Biol.**, v.16, p. 1-8, 2021.
- CHATKIN, M.N.; MENEZES, A.M. Prevalência e fatores de risco para asma em escolares de uma coorte no Sul do Brasil. **J. Pediatr.**, v. 81, p. 411-6, 2005.
- FIRACATIVE, C. Invasive fungal disease in humans: are we aware of the real impact? **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, v. 115, p. 1-9, 2020.
- FISHER, M. C.; DENNING, D. W. The WHO fungal priority pathogens list as a game-changer. **Nat. reviews Microbiol.**, v. 21, p. 211-212, 2023.
- IRSHAD, M. *et al.* Invasive pulmonary infection by *Syncephalastrum* species: Two case reports and review of literature. **IDcases**. <https://doi.org/10.1016/j.idcr.2020.e00913>.
- KABTANI, J. *et al.* *Syncephalastrum massiliense* sp. nov. and *Syncephalastrum timoneanum* sp. nov. Isolated from Clinical Samples. **J. Fungi**, v.10, n. 64, p. 1-20, 2024.

LACAZ, C. S. et al. **Guia Para Identificação de Fungos Actinomicetos e Algas de interesse médico.** 8 ed., ed. Sarvier, São Paulo, 1998.

LI, X.; LIU, D.; YAO, J. Aerosolization of fungal spores in indoor environments. **Sci. Total Environ.**, v. 820, p. 1-8, 2022.

LIONAKIS, M. S.; DRUMMOND, R. A.; HOHL, T. M. Immune responses to human fungal pathogens and therapeutic prospects. **Nat. Rev. Immunol.**, v.23, p. 433-452, 2023.

MEZZARI et al. Os fungos anemófilos e sensibilização em indivíduos atópicos em Porto Alegre, RS. **Rev. Assoc. Med. Bras.**, v. 49, n. 3, p. 270-3, 2003.

MINAMI, P. S. **Micologia: Métodos Laboratoriais de Diagnóstico das Micoses**. Ed. Manole Ltda, São Paulo, 2003.

MOLINA-VELOSO, A., BORREGO-ALONSO, S. F. Hongos alergénicos viables en un depósito documental del Archivo Nacional de Cuba. **Rev Alerg Mex.**, v. 64, n. 1, p. 40-51, 2017.

MUÑOZ, D. J.; RODRÍGUEZ, R. Identificación de hongos filamentosos en áreas internas del hospital universitario “Antonio Patricio de Alcalá”, Venezuela. **Rev. Venezolana de Salud Pública**, v. 8, n. 2, p. 48-65, 2020.

NAGEEN et al. Analysis of culturable airborne fungi in outdoor environments in Tianjin, China. **BMC Microbiol.**, v. 21, n. 1, p. 1-10, 2021.

NICOLÁS, F. E. et al. Mucorales Species and Macrophages. **J. Fungi**, v. 6, n. 94, p. 3-11, 2020.

ODEBODE, A. et al. Airborne fungi spores distribution in various locations in Lagos, Nigeria. **Environ. Monit. Assess.**, v. 192, n. 2, p. 1-14, 2020.

PARK, M. s. et al. The diversity and ecological roles of *Penicillium* in intertidal zones. **Nature**, v. 9, n. 13540 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49966-5>.

PRIYAMVADA H. et al. Seasonal variation of the dominant allergenic fungal aerosols – one year study from southern Indian region. **Sci. Rep.**, v. 7, n. 1, p. 1-12, 2017.

RAYENS, E.; NORRIS, K. A. Prevalence and Healthcare Burden of Fungal Infections in the United States, 2018. **Open Forum Infectious Diseases**. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofab593>.

SILVA, D. F. *et al.* Fungos anemófilos isolados de bibliotecas de instituições de ensino da Região Nordeste do Brasil. **Rev. Pan. Amaz. Saude**, v. 12, p. 1-8, 2021.

SILVA, F. B. *et al.* Climate drivers of hospitalizations for mycoses in Brazil. **Nature**, v. 9, p.1-12, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43353-w>

SMITH, D. J. *et al.* Public Health Research Priorities for Fungal Diseases: A Multidisciplinary Approach to Save Lives. **J. Fungi**, v. 2, p. 1-17, 2023.

SUEHARA, M. B.; SILVA, M. C. P. Prevalência de fungos anemófilos no Brasil e a correlação com doenças respiratórias e infecções fúngicas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 28, n. 11, p.289-3300, 2023.

TAHIRI, G. *et al.* Mucorales and Mucormycosis: Recent Insights and Future Prospects. **J. Fungi**, v. 9, n. 335, p. 1-16, 2023.

THAMBUGALA, K. M. *et al.* Humans vs. Fungi: An Overview of Fungal Pathogens against Humans. **Pathogens**, v. 13, n. 426, p. 1-24, 2024.

TIAGO, M. R. M. *Et al.* Airborne fungi isolated from different environments of a primary school in the city of Manaus, Amazonas, Brazil. **Arq Asma Alerg Imunol.**, v. 2, n. 2, p.264-269, 2018.